



TÜBİTAK

59  
yaşında

# Bilim *ve* Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi Aralık 2025 Yıl 59 Sayı 697 - 39 TL

## TÜRKİYE'NİN BİLİM ve TEKNOLOJİ EKOSİSTEMİ

Modifiye Newton Dinamiği  
Anadolu'nun Hatay Sarısı İpeği  
Yoğurdun Sıra Dışı Mayası Karıncalar  
Dört Yeni Ötegezegen Keşfi

ÖZEL  
KİTAP EKİ:  
Liseli Gençlerden  
Popüler Bilim Yazısı  
Denemeleri



Nesiller Büyüten Dergi ile  
**Keşfetmenin Sonu Yok!**



Yıllık Abonelik  
468 TL  
yerine

**390 TL**

#BilimOkuyanBilir



Abonelik avantajları için:  
[yayinlar.tubitak.gov.tr](http://yayinlar.tubitak.gov.tr)

Ön Kapak Görseli: imaginima / iStock



**TÜBİTAK**

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

# Bilim ve Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi  
Yıl 59 Sayı 697  
Aralık 2025

**İmtiyaz Sahibi**  
TÜBİTAK Adına Başkan  
Prof. Dr. Orhan Aydın

**Genel Yayın Yönetmeni ve Sorumlu Yazı İşleri Müdürü**  
Ömer Kökçam

**Dergiler Müdürü**  
Kübra Bal Çetinkaya

**Yayın Yönetmeni**  
Dr. Özlem Kılıç Ekici

**Editör**  
Dr. Tuba Sarıgül

**Yayın Danışma Kurulu**  
Ömer Kökçam  
Fatma Başar  
Kübra Bal Çetinkaya  
Dr. E. Sümeyra Turalı Emre  
Prof. Dr. Erşin Göğüş  
Dr. Berat Z. Haznedaroğlu  
Dr. Yeşim İmamoğlu  
Prof. Dr. Raif Kandemir

**Araştırma ve Yazı Grubu**  
Dr. Özlem Ak  
Dr. Mahir E. Ocak  
Dr. Tuba Sarıgül  
İlay Çelik Sezer  
Hayriye Yetiş Avcı

**Redaksiyon**  
Berranur Beşir  
Mehmet Sığırıcı

**Grafik Tasarım**  
Hüseyin Diker

**Web-Mobil Uygulama-Sosyal Medya**  
Dr. Tuba Sarıgül  
Rıza Berkay Ayçelebi  
İlkin Eda Şahin  
Ebru Kars

**Mali Yönetmen**  
Adem Polat

**Mali ve İdari Hizmetler**  
Pınar Kaya

**İletişim Bilgileri**  
TÜBİTAK Bilim ve Toplum Başkanlığı  
Dergiler Müdürlüğü  
Bilim ve Teknik Dergisi  
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.lhr. A.Ş.  
basakmatbaa.com

**Baskı Tarihi** 21.11.2025

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

Bilim ve Teknik Dergisi, Millî Eğitim Bakanlığı  
[Tebliğler Dergisi, 50.11.1970, sayfa 407B, karar no: 10247]  
tarafından lise ve dengi okullara; Genelkurmay Başkanlığı  
[7 Şubat 1979, HRR: 4013-22-79 Eğt. Krs. Ş. sayı Nşr:85] tarafından  
Silahlı Kuvvetler personeline tavsiye edilmiştir.

ISSN 977-1300-3380  
Fiyatı 39 TL (KDV Dahil)

**Her ayın 1'inde çıkar.**



Bilim, teknoloji ve yenilik alanlarında atılan tüm adımlar bir ülke için büyük önem taşır. Kendi teknolojisini üreten, buluşlarıyla bilimsel çalışmalara yön veren, doğal kaynaklarını verimli bir şekilde kullanarak her sektörde dışa bağımlılığı azaltacak şekilde çevreye duyarlı üretim ve uygulama süreçlerini yöneten ülkeler geleceğe daha emin adımlarla ilerler.

Ülkemizde bilgi ve teknoloji üreten ülke olma yolunda çok önemli bilimsel projeler ve teknoloji geliştirme faaliyetleri gerçekleştiriliyor.

Türk bilim insanlarımız, mühendislerimiz ve araştırmacılarımız hem ülkemizde hem de yurt dışında ses getiren başarılı çalışmalar gerçekleştirmeye, insanlığa faydalı yenilikçi ürünler geliştirmeye, yeni araştırmalara ışık tutacak yayınlar yapmaya ve gençlere ilham kaynağı olmaya devam ediyor.

Bu sayıda, ülkemizde gerçekleşen önemli bilimsel ve teknolojik gelişmeler ile yenilikçi girişimlerden derlenmiş bir seçki sunarak Türk bilim insanları ve araştırmacılarının yürüttüğü değerli çalışmalarını okurlarımıza aktarmayı amaçladık.

Bu ayki özel kitap ekinde ise lise eğitimine devam eden bilim okuyuları gençlerimizin hazırladığı “popüler bilim yazısı denemelerine” yer veriyoruz. *Bilim ve Teknik* dergisinin “genç bilim muhabirleri” süreci yepyeni sürprizlerle yeni yılda da devam edecek. İlerleyen aylarda konu ile ilgili detaylı bilgiyi sizlerle ayrıca paylaşıyor olacağız.

“Modifiye Newton Dinamiği”, “Biri Yaşanabilir Bölgede Olan Dört Yeni Ötegezegen Keşfedildi”, “Anadolu’nun Kayıp Hatay Sarısu İpeği Yeniden Dokunuyor”, “Yoğurdun Sıra Dışı Mayası Karıncalar” yazılarımız ile farklı ilgi alanlarına hitap eden *Bilim ve Teknik* ile Büyüdüm, Büyüyorum, Bilim Haberleri, Bilim Çizgi, Tekno-Yaşam, Merak Ettikleriniz, Bilim Tarihinden Notlar, Doğa, Gökyüzü, Düşünme Kulesi, Satranç, Ayın Sorusu, Zekâ Oyunları ve Yayın Dünyası başlıklı köşelerimizi de beğenerek okuyacağınızı umuyoruz.

*Bilim ve Teknik* elektronik dergi arşivi (son dört sayı hariç) ücretsiz olarak herkesin erişimine açıktır (services.tubitak.gov.tr/edergi). 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 edebilirsiniz. Dergimizin internet sayfasını (bilimteknik.tubitak.gov.tr), podcast kanallarını ve sosyal medya hesaplarını da takip edebilir, hayatınızdaki yerini ve size neler kattığını bizlerle paylaşabilirsiniz (bteknik@tubitak.gov.tr).

Nesiller büyüyen dergimizin bu sayısını da ilgiyle okumanızı diliyor, sonraki sayılarımızı sabırsızlıkla bekleyeceğinizi umuyoruz.

Sağlıcakla ve bilimle kalın... Unutmayın #bilimokuyanabilir!

Saygılarımızla,

Özlem Kılıç Ekici



# İçindekiler

4

## **Bilim ve Teknik ile Büyüdüm, Büyüyorum...**

Özlem Ak

6

## **Haberler**

32

## **Bilim Çizgi**

### **Ayşe Muhibbe Darga**

Sinançan Kara

34

## **Biri Yaşanabilir Bölgede Olan Dört Yeni Ötegezegen Keşfedildi**

Selçuk Yalçınkaya,  
Özgür Baştürk

42

## **Anadolu'nun Kayıp Hatay Sarısı İpeği Yeniden Dokunuyor**

Hayriye Yetiş Avcı

44

## **Kutuplardan Yükselen Bilgi Geleceğe Yön Veriyor 9. Ulusal Kutup Bilimleri Sempozyumu ve 5. Kutup Şenliği Tamamlandı**

Özlem Ak

48

## **Tekno-Yaşam**

Gürkan Caner Birer

52

## **Kuantumun İlk Yüzyılımı Kutlarken İkinci Yüzyılına Hazırlanmak**

Bediha Beşer

56

## **Merak Ettikleriniz**

İlay Çelik Sezer

# 16

## **Türkiye'nin Bilim ve Teknoloji Ekosistemi Güçlenmeye Devam Ediyor**

Özlem Kılıç Ekici

Türkiye'de bilgi ve teknoloji üreten ülke olma yolunda çok önemli bilimsel projeler ve teknoloji geliştirme faaliyetleri gerçekleştiriliyor.

76

## **Gökkuşluğu Karidesinin Olağanüstü Görme Sistemi**

Özlem Ak

78

## **Bilim Tarihinden Notlar Roger Bacon'ın Bilimsel Çalışmaları I**

Hüseyin Gazi Topdemir

82

## **Doğa - Jeoloji**

### **Buzul Gölleri**

Raif Kandemir

84

## **Gökyüzü**

Tuba Sarıgül

88

## **Düşünme Kulesi**

Ferhat Çalapkulu

90

## **Satranç**

Kıvanç Çefle

93

## **Ayın Sorusu**

Azer Kerimov

94

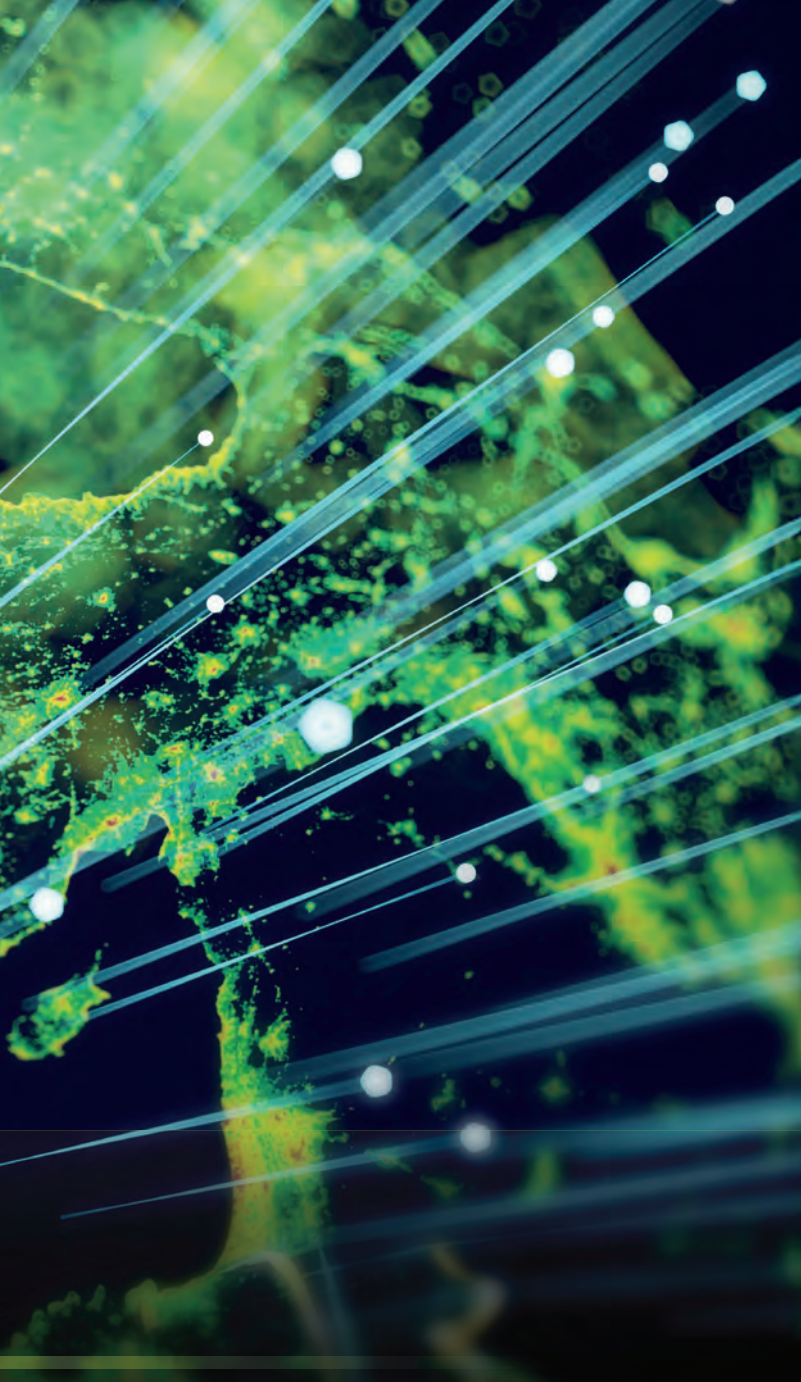
## **Zekâ Oyunları**

Emrehan Halıcı

96

## **Yayın Dünyası**

Özlem Kılıç Ekici



58

Özlem Ak  
Yoğurdun Sıra Dışı Mayası  
Karıncalar








64

Mahir E. Ocak  
Modifiye Newton Dinamiği  
Karanlık Madde Hipotezine Alternatif Teori

## ÖZEL KİTAP EKI

### LİSELİ GENÇLERDEN POPÜLER BİLİM YAZISI DENEMELERİ



-  Bilim ve Teknik
-  tubitakbiltek
-  tubitakbilimteknik
-  TÜBİTAK Bilim ve Teknik
-  bilimteknik.tubitak.gov.tr/

Dergimizin içeriğinden seçerek hazırladığımız bilimsel ve teknolojik bilgileri *Bilim ve Teknik* dergisinin internet sitesi ve sosyal medya hesapları aracılığıyla takip edebilirsiniz.

*Dergimize "Bilim ve Teknik ile Büyüdüm, Büyüyorum..." "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.*



Elektronik dergi arşivimiz (son dört sayı hariç) herkesin erişimine açıktır. Son dört aya ait sayılara sadece abonelerimiz erişim sağlayabilir.



TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları sitesinden dergilerimize abone olabilir, hem yeni hem de eski sayılarımızı satın alabilirsiniz.



*Bilim ve Teknik* podcast kanalları ile kulağınız her daim bilimde olsun! Podcast içeriklerimizi Spotify, YouTube, Apple Podcast ve SoundCloud'dan dinleyebilirsiniz.

# Bilim ve Teknik ile Büyüdüm, Büyüyorum...

Dr. Özlem Ak [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi



Okurlarımızın *Bilim ve Teknik* dergisinin hayatlarındaki yerini, onlara neler kattığını, geleceklerine yön verirken nasıl bir rol oynadığını bizimle paylaştıkları mektuplarını yayımlamaya devam ediyoruz. *Bilim ve Teknik* ile ilgili anılarını, duygu ve düşüncelerini bizimle paylaşan okurlarımıza çok teşekkür ediyor, “*Bilim ve Teknik* bilimi sevmemde ve kariyerimi seçmemde rol oynadı” diyen okurlarımız için mektuplarını gönderebilecekleri adresimizi hatırlatıyoruz: [bteknik@tubitak.gov.tr](mailto:bteknik@tubitak.gov.tr)



## “Daktilo sesiyle başlayan bir merak”

Merhaba,  
*Bilim ve Teknik* dergisiyle ilk tanışmam, rahmetli dedemin çalışma odasında oldu. Dedem, şifalı bitkiler üzerine bir kitap yazıyordu. Evin teras katındaki odasına çıkan demir döner merdiven, benim için adeta bir merak basamağıydı. Yukarıdan gelen daktilo sesi, onun çalıştığının haberini verirdi. Çoğu zaman sessizce merdivenlerden çıkıp aralıktan onu izlerdim. Fark ettiğinde beni yanına çağırır, masasındaki açık kitabın arasına sıkıştırdığı notlardan bir bitkinin hikâyesini bana anlatırdı.

Bir gün masanın üzerindeki ufak, dikdörtgen, sarı renkli bir dergiyi elime verdi. O derginin kokusu, sayfalarındaki çizimler ve fotoğraflar hâlâ hafızamda. O dergi *Bilim ve Teknik*'ti. Sayfalarını karıştırdıkça bambaşka dünyalara açıldığımı hissettim. Küçük bir çocuk için bu, bilimin büyüleyici evrenine atılan ilk adımdı.

Yıllar geçti... Bugün TÜBİTAK projelerinde yer almak, bilim merkezlerinde gençlerle buluşmak, bilimi topluma ulaştıran dergilerde ve etkinliklerde görev almak benim için büyük bir gurur kaynağı. Bazen düşünüyorum da dedemin masasındaki o dergi aslında bir bilim insanının ilk tohumlarını atıyormuş. Şimdi ben de o tohumları yeni kuşaklara aktarmanın sorumluluğunu hissediyorum. TÜBİTAK *Bilim ve Teknik*, *Bilim Çocuk*, *Meraklı Minik* dergileri ile Bilim Genç dijital yayını, bu yolculukta bizlere ilham vermeye devam ediyor.

Doç. Dr. Engin Kapkın

## “Bilim bir yaşam biçimi”

Merhaba,

Çocukluğumdan beri bilime büyük bir merak duydum. Yakınlarım çocukken hep çok soru sorduğumu söyler. Gün geçtikçe artan sorularıma cevap ararken ortaokulda *Bilim ve Teknik*'le tanışmış ve artık sorularımın yanıtlarına kavuşmuştum. *Bilim ve Teknik* sayesinde ufku açan yeni bilgiler öğrenip bilim dünyasında neler olup bittiğini takip edebiliyorum. Bilim Teknik'e ek olarak bana bilimi sevdiğim öğretmenimden bahsetmezsem olmaz. Yavuz Sultan Selim Anadolu Lisesindeki biyoloji öğretmenim sayesinde bilimin sadece bir ilgi alanı değil bir yaşam biçimi olduğunu anladım. Gelecekte hayatımın her alanında bilimle ilerlemek istiyorum ve bana bu kıvılcımı veren *Bilim ve Teknik*'e teşekkür ederim.

Gökçenaz Alkan

## “İlham kaynağı”

Merhaba,

İlkokul zamanlarımda *Bilim Çocuk* ile *Bilim ve Teknik* dergilerinin sıkı bir okuyucusuydum. Yanlış hatırlamıyorsam *Bilim ve Teknik*'in özel bir sayısını yayımlanmıştı. O sayıda dergi ekibi tanıtılmıştı. Kendilerinin ve çalışma masalarının tasvir edildiği çizimlerle, yazarlar/editörler tanıtılıyordu: Ne okumuşlar, neler yapmışlar, neleri severler? O sayfaları baştan sona birkaç kez okumuştum ve bana ilham kaynağı olmuştu. Bilim insanı olmak istediğime, bilimsel yazılar yazma tutkuma o sayfaları okudukça eriştim diyebilirim. Yıllar geçti ve ben metalürji ve malzeme mühendisi oldum. Lisans eğitimimin son sınıfında TÜBİTAK 2209 B projesinde yürütücülük yaptım. Daha sonra 2 yıl bir dökümhanede çalıştım, bu süre boyunca döküm üzerine blog yazıları yazmayı denedim. Şimdi ise yüksek lisans yapıyorum. Bilim üretmek, bilimsel yazılar yazmak, hayatlara dokunmak isteğim, sizlerin isimlerini dergide gördüğüm o ilk anla aynı. Size çok teşekkür ediyorum. İyi ki varsınız...

Özlem Ayar

## “Elli yılı aşkın süredir devam eden sevgi”

Merhaba,

*Bilim ve Teknik* dergisi ile 21 yaşında taşradan Ankara'ya eğitimim için geldiğimde tanışmıştım. Yıl 1974 idi. Bu tanışmada okulumun adındaki “teknik” kelimesi de etkili olmuştu. Dergiyi 50 yılı aşkın süredir takip ediyorum. O yıllarda yeni ve ufuk açıcı bilgiler edinebileceğimiz kaynaklar sınırlıydı. Televizyonların tablo gibi duvara asılabileceğini ilk olarak *Bilim ve Teknik*'ten öğrenmiştim. Oysa o yıllarda tüplü televizyonlarla bile Türkiye'nin her tarafından yayın izlenemiyordu. Çalışma hayatım boyunca da *Bilim ve Teknik*'i öğrencilerime tavsiye ettim. Şimdi 70'li yaşlarımı yaşıyorum, *Bilim ve Teknik* benim gibi dedelere hâlâ geleceğe açılan bir kapı gibi. Çalışmalarınızda kolaylıklar ve başarılar dilerim. Teşekkürler...

Tacettin Memiş

## “Gençlere ışık oluyor”

Merhaba,

*Bilim ve Teknik* dergisi sayesinde çocukluğumdan beri teknoloji ile yakından ilgileniyorum. Şimdi bilgisayar mühendisliği bölümünde okuyorum ve her ay dergiyi hevesle okumaya devam ediyorum. Umarım bu dergi benim gibi diğer gençlerimize de ışık olmaya devam eder.

Betül Kantarcı

# Haberler

## Antarktika'daki Su Altı Kanyonları

Tuba Sarıgöl

**S**onuçları *Marine Geology* dergisinde yayımlanan araştırmada bilim insanları, Antarktika'da bazılarının derinliği 4.000 metreye ulaşan 332 su altı kanyonunu keşfetti.

Dik yamaçları ve derin vadileri ile son derece dikkat çekici jeolojik yapılar olan kanyonlar denizin tabanında da oluşabilir. Su altı kanyonları özellikle kıtasal kabuğun (Dünya'nın en dış katı katmanı olan litosferi oluşturan bileşenlerden biridir) deniz tabanına doğru uzandığı bölümler olan kıta kenarlarında yaygın olarak görülür.

Buzulların hareketiyle taşınan tortullar, denize ulaştıklarında su altındaki dik yamaçların üzerinde birikebilir. Bu malzemeler zamanla kayarak çöker ve su altında "türbidit" adı veriler yoğun akıntılar meydana getirir. Su altı kanyonları türbidit akımlarının deniz tabanını aşındırması sonucu oluşur. Bu jeolojik yapılar küresel iklim üzerinde önemli etkilere sahiptir.

Su altı kanyonları, Antarktika'da kıyıya yakın sığ bölgeler ile okyanusun derinliklerini birbirine bağlayan kanallar gibidir. Deniz buzulları oluşurken çevresinde açığa çıkan soğuk ve tuz oranı yüksek sular su altı kanyonları boyunca okyanusun derinlerindeki daha ılık olan deniz suyu ile karışır. Bu, atmosferdeki karbondioksitin okyanuslarda

uzun süre depolanmasında kritik öneme sahip bir süreçtir. Aynı zamanda Güney Okyanusu'nun görece derinlerindeki ılık ve tuzlu sular, su altı kanyonları boyunca yüzeye taşınarak buz sahanlığının tabanında erimeye neden olur. Dolayısıyla su altı kanyonlarının küresel iklim sistemi ve küresel ısınma üzerindeki etkilerinin anlaşılması son derece önemlidir.

Su altı kanyonlarının küresel ölçekteki envanterinin oluşturulmasına yönelik geçmiş yıllarda çalışmalar yapılmış ve kutup bölgelerindeki su altı kanyonlarının ortalama büyüklüğünün diğer bölgelerdeki kanyonlarınkinin yaklaşık iki katı kadar olduğu belirlenmişti.

İrlanda'daki College Cork Üniversitesi ve İspanya'daki Barcelona Üniversitesinden bilim insanları ise Antarktika'daki su altı kanyonlarının haritalandırılması ve özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bir çalışma gerçekleştirdi. Yeni araştırmada bilim insanları Antarktika çevresinde birbirine bağlı kollardan oluşan 332 su altı kanyon sistemi ve 3.291 kanyon kolu olduğunu belirledi. Tespit edilen kanyon sistemlerinin bazılarının derinliği 4.000 metreye ulaşıyor.

Araştırmacılar aynı zamanda Doğu Antarktika'daki kanyon sistemlerinin daha uzun ve dallanmış kollardan oluştuğunu, Batı Antarktika'dakilerin ise daha kısa ve daha az dallanmış olduğunu belirledi. Bu durum, iki bölge arasında buzulların oluşma zamanı ve biçimi açısından belirgin farklılıklar olduğunu ortaya koyuyor. Örneğin Batı Antarktika Buz Örtüsü'nden yaklaşık 7 milyon yıl önce oluşan Doğu Antarktika Buz Örtüsü'nde görülen su altı kanyon sistemleri daha karmaşık. ■

Arosio, R. ve Amblas, D., "The geomorphometry of Antarctic submarine canyons", *Marine Geology*, Cilt 488, Makale no: 107608, 2025.

## Yıldızın İçine Düşen Kara Delik

Mahir E. Ocak

**B**ir grup gök bilimci Fermi Gama Işını Uzay Teleskobu tarafından tespit edilen bir gama ışını parlamasına bir yıldızın içine düşen bir kara deliğin yol açtığını ileri sürdü.

Kara deliklerin oluşması ya da nötron yıldızlarının kaynaşması gibi olaylar gama ışını parlamalarına yol açar. Her ne kadar yüksek miktarda enerji açığa çıkarsa da tipik bir gama ışını parlaması birkaç dakikadan uzun sürmez.

Fermi Gama Işını Uzay Teleskobu ile gözlemler yapan araştırmacılar temmuz ayında sıra dışı bir gama ışını parlaması tespit etti. GRB 250702B adı verilen parlama

yaklaşık 7 saat sürdü. Parlama daha önceleri gözlemlenmiş herhangi bir gama ışını parlamasına benzemiyordu.

NASA'nın Goddard Uzay Uçuşları Merkezinde çalışan Eliza Neights ve arkadaşları GRB 250702B parlamasına bir yıldızın içine düşen bir kara deliğin yol açtığını öne sürdü. Sonuçları *arXiv* ön baskı portalında yayımlanan çalışmaya göre bir kara delik, ömrünün sonunda gelmiş ve dış katmanları şişmiş bir yıldızın etrafında spiral çizerek yıldızın içine düştü. Daha sonra kara delik yıldızın içinden yıldızı oluşturan maddeleri yutmaya devam etti. Böylece GRB 250702B parlaması meydana geldi.

Detaylı bilgiye *arXiv*'de yayımlanan makaleden ulaşabilirsiniz. ■

<https://arxiv.org/abs/2509.22792>



Fotoğrafta turuncu rengi bir nokta olarak görülen gama ışını parlamasına bir yıldızın içine düşen bir kara deliğin yol açtığı öne sürülüyor.

## En Hızlı Yılan Hangisi?

Özlem Ak

**B**ir yılanın saldırısı doğanın en hızlı ve en etkileyici hareketlerinden biridir.

Zehirli bir yılan, yarım saniyeden kısa bir sürede bulunduğu yerden fırlayıp avına hamle yapar, avının derisini delip zehrini aktarır ve hemen geri çekilir. Fotoğraf teknolojisindeki gelişmeler ve yüksek hızlı kameralar sayesinde yılanların saldırı anının ve ölümcül hamlelerinin ayrıntılarını gözlemlemek artık mümkün.

1950'lerde elektronik flaş tekniğinin kullanıldığı yüksek hızlı çekimlerle başlayan bu tür gözlem çalışmaları daha sonra yüksek hızlı çekim yapabilen film kameralarının devreye girmesiyle hareketli olarak görüntülenebildi. Uzun yıllar boyunca araştırmalar bazı engerek türlerine -örneğin çingiraklı yılan (*Crotalus*), pamuk ağızlı yılan (*Agkistrodon*), engerek yılanı (*Vipera*), pofuduk engerek (*Bitis*) ve mızrak başlı yılan (*Bothrops*)- odaklandığı için bu grubun doğadaki en hızlı yılanlar olduğu düşünülüyordu. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalar, kobra ve bazı zehirsiz yılan türlerinin de avlanırken benzer hızlara ulaşabildiğini gösteriyor.

*Journal of Experimental Biology* dergisinde ekim ayında yayımlanan yeni bir araştırma, 36 zehirli yılanın



Ok uçlu engerek yılanı (*Bitis nasicornis*)

saldırı hızlarını karşılaştırarak bu alandaki en kapsamlı çalışmalardan biri oldu. Araştırmada 31 engerek (*Viperidae*), 4 kobra (*Elapidae*) ve 1 zehirsiz yılan (*Colubridae*) incelendi. Paris'teki Venomworld adlı merkezde yapılan deneylerde yılanlar, balistik jelden yapılmış sahte avlara saldırmaya teşvik edildi. Jelatin ve sudan oluşan bu saydam madde, laboratuvar ortamında canlı kas dokusunun yoğunluğunu ve esneklik davranışını güvenli biçimde taklit etmek için kullanılıyor. Saniyede 1.000 kare kaydedebilen iki yüksek hızlı kamera sayesinde hem saldırıların hızı hem de yılanların hareket biçimleri üç boyutlu olarak analiz edildi.

Sonuçlar, engereklerin hâlâ doğanın en hızlı saldırganları olduğunu gösterdi. Meksika'dan

Güney Amerika'ya kadar uzanan bölgede yaşayan *Bothrops asper* türündeki yılan, saniyede 3,5 metre hızla saldırarak en hızlı yılan seçildi. Boynuzlu çukur engereği (*Protobothrops cornutus*) ve küt burunlu engerek (*Macrovipera lebetina*) ise saniyede 3,3 metre hıza ulaştı. Elapidae familyasından pürüzlü pullu ölüm engereği (*Acanthophis rugosus*) saniyede 2,2 metrelik hızıyla bazı engerek türleriyle yarıştı. Zehirsiz mangrov yılanı (*Boiga dendrophila*) ise 1,8 metrelik hızıyla daha yavaştı.

Kameralar yalnızca hızdaki değil, saldırı tarzlarındaki farklılıkları da ortaya koydu. Engerekler tek ama hızlı ve akıcı bir hamleyle zehrini aktarırken koblalar avlarını birkaç kez ısırıp sıkarak etkisiz hâle

getiriyor. Colubridae familyasındaki yılanlar ise saldırı sırasında dişleriyle deride uzun kesikler açıyor.

Araştırma ekibinden Alistair Evans, memelilerin bir saldırıya genellikle 60 ila 400 milisaniyede tepki verdiğini bu nedenle engereklerin olağanüstü hızının avını yakalamada hayati rol oynadığını vurguluyor. Evans'a göre büyük yılanlar, tıpkı kısa mesafe koşularında hızla ivme kazanan sprinter atletler gibi daha kısa sürede yüksek güç üretebilen kaslara sahip oldukları için daha hızlı hareket edebiliyor.

Bugün engerekler hâlâ doğanın "ölümcül sprinterleri" olarak anılıyor. Ancak bilim insanları, henüz incelenmemiş kobra ve zehirsiz yılan türleri arasında da bu hıza yaklaşabilecek yeni türlerin gizli olabileceğini düşünüyor. ■

<https://doi.org/10.1242/jeb.250347>

## Morötesi Işığa Aşırı Maruz Kalındığında Uyarı Giyilebilir Sensör

**Mahir E. Ocak**

**G**üney Kore'den bir grup araştırmacı A bant morötesi ışığa (UVA) aşırı maruz kalındığında uyarı veren giyilebilir sensör geliştirdi. Dr. Yu Bin Kim ve arkadaşları tarafından yapılan araştırmanın sonuçları *Science Advances*'ta yayımlandı.

Güneş'ten yayılan ve yeryüzüne ulaşan morötesi ışığın %95'ini, A bant olarak adlandırılan ve dalga boyu 315-400 nanometre aralığında olan ışık oluşturur. Derinin derinlerine nüfuz edebilen A bant morötesi ışık (UVA) biyolojik moleküllere ve dokulara zarar verebilir hatta kansere yol açabilir. Kıyafetler ve güneş kremleri UVA maruziyetini

azaltma konusunda etkilidir. Yine de araştırmacılar UVA maruziyetini gerçek zamanlı olarak takip eden giyilebilir sensörler geliştirmek üzerine çalışmaya devam ediyor. Bu araştırmalarda öne çıkan malzemelerin başında ise yarı iletkenlerin oksitleri geliyor.

Güney Kore'den bir grup araştırmacı *Science Advances*'ta yayımladıkları bir makalede UVA maruziyetini gerçek zamanlı olarak takip edebilen esnek, şeffaf ve giyilebilir bir sensör geliştirdiklerini açıkladı. Sensör her biri çinko, kalay, kobalt ve hafniyumun oksitlerini içeren dört katmanlı bir yapıya sahip. Bu heterojen yapı hem sensörün Güneş ışığına daha çabuk tepki vermesini hem de daha doğru sonuçlar vermesini sağlıyor.

Araştırmacılar geliştirdikleri tasarımı giyilebilir bir dedektöre dâhil ederek test etti. UVision Lab firmasıyla birlikte bütünleşik bir Bluetooth devresi ve akıllı telefon uygulaması geliştirildi. Bluetooth devresine bağlanan sensör, UVA maruziyeti kısaca MED olarak adlandırılan ve cilt tipine bağlı olarak değişen maruziyet sınırlarını aştığında uyarı veriyor. Sensör şeffaflığını %80 oranında korumayı başarıyor. Ayrıca açık havada uzun süre başarılı bir biçimde çalışmaya devam ediyor. Geliştirilen cihazın kıyafetlerle ya da gözlük camlarıyla kolayca uyumlu hâle getirilebileceği belirtiliyor. ■

<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aea7218>



# Misk Kedisi Kahvesinin Kimyası

Özlem Ak

**M**isk kedisi kahvesi ya da daha bilinen adıyla *kopi luwak*, dünyanın en pahalı ve en sıra dışı kahve çeşitlerinden biri olarak kabul ediliyor. Benzersiz aroması, lezzeti ve besin değerleriyle öne çıkan bu kahve oldukça yüksek fiyatıyla dikkat çekiyor.

Bu özel kahve, Güneydoğu Asya'da yaşayan misk kedilerinin sindirim sisteminden geçmiş çekirdeklerden üretiliyor. Aslında bu hayvanlar, etçil olmalarına rağmen olgunlaşmış meyvelerle beslenen (frugivor) canlılardır. Kahve meyvelerini yedikten sonra içlerindeki çekirdekler sindirim sistemlerinden geçerken doğal bir fermantasyon sürecine uğrar. Meyvenin özünü sindirilirken çekirdekler dışıyla atılır. Yaklaşık 12 saat süren bu yolculuğun ardından dışkıdan toplanan

çekirdekler temizlenir, kavrulur ve misk kedisi kahvesi hâline gelir.

Bilim insanları, bu ilginç sürecin kahve çekirdeklerinde ne tür kimyasal değişimlere yol açtığını anlamaya çalışıyor. Amaç, misk kedilerine ihtiyaç duymadan aynı aroma ve tadı yapay yollarla elde etmek.

Hindistan'daki Kerala Merkez Üniversitesinden Palatty Allesh Sinu ve ekibi, ülkenin Batı Gat Dağları'ndaki kahve bahçelerinde yaşayan misk kedilerinin dışkılarından yaklaşık 70 kahve çekirdeği örneği topladı. Aynı zamanda karşılaştırma yapmak için aynı bahçedeki *robusta* kahve ağaçlarından da elle çekirdek hasadı yaptı. Bu çiftliklerde kediler doğal ortamlarında serbestçe dolaşarak, kafesli üretim yapılmıyor. Dışkılarından toplanan çekirdekler temizlenip ağaçtan toplanan kahve çekirdekleriyle birlikte işleniyor.

Analizlerde çekirdeklerdeki yağ, kafein, protein ve asit oranları

ölçüldü. Sonuçlar oldukça dikkat çekiciydi: Misk kedisi çekirdeklerinde toplam yağ miktarı belirgin biçimde daha yüksek; kafein, protein ve asit oranları ise biraz daha düşüktü. Bilim insanlarına göre bu fark, sindirim sırasında gerçekleşen doğal fermantasyondan kaynaklanıyor. Ayrıca uçucu organik bileşenlerde de önemli farklılıklar saptandı. Normal kahve çekirdeklerinde sıkça bulunan bazı bileşenler misk kedisi kahvesinde hiç görülmezken bazıları çok düşük düzeylerdeydi. Bu durum, kahvenin kendine özgü aroması ve yumuşak tadıyla ilişkilendiriliyor.

Araştırmacılar, yüksek yağ içeriğinin misk kedisi kahvesine daha yoğun bir aroma kazandırdığını, düşük protein oranının ise acılığı azalttığını düşünüyor. Sinu, hayvanların kafeslerde tutulduğu endüstriyel üretim yöntemlerinin hem etik açıdan sorunlu olduğunu hem de doğal koşullarda üretilen kahvenin kalitesine ulaşamadığını vurguluyor.

Bilim insanlarının nihai hedefi, bu süreci laboratuvar ortamında yeniden oluşturmak. Sinu'ya göre misk kedisinin sindirim sisteminde bulunan mikrobiyom, fermantasyon sürecinde kilit bir rol oynuyor. Araştırma ekibi, eğer sindirim ve fermantasyon sırasında görev yapan enzimleri belirleyebilirse misk kedilerine ihtiyaç duymadan aynı kimyasal bileşime sahip kahveyi üretmenin mümkün olabileceğini düşünüyor. ■

<https://doi.org/10.1038/s41598-025-21545-x>



## Alzheimer'ı Tedavi Eden Nanoteknolojik İlaç

Mahir E. Ocak



uluslararası bir araştırma grubu beyin damar sistemini iyileştirerek

Alzheimer hastalığını tedavi eden bir yöntem geliştirdi. Fareler üzerinde yapılan ilk testler başarılı oldu.

İnsan bedeninde tüketilen enerjinin yaklaşık %20'sini beyin harcar. Hatta çocuklarda bu oran %60'a kadar çıkar. Bu kadar yüksek miktarda enerjinin beyne aktarılması aşırı derecede yoğun bir damar sistemi sayesinde mümkün olur. Beyindeki her bir sinir hücresi ayrı bir kılcal damarla beslenir. Beyin sağlıklı olması için yaklaşık bir milyar kılcal damarın görevlerini iyi bir biçimde yerine getirmesi gerekir.

Beyindeki damar ağı sadece beyni beslemekle kalmaz aynı zamanda beyinde ortaya çıkan zararlı "atık proteinleri" beyinden uzaklaştırır. Bu zararlı atık proteinlerin en önemlilerinden biri de Alzheimer hastalığına sebep olan amiloid-beta (A $\beta$ ) proteinleridir. Sinir hücrelerinde A $\beta$  proteinlerinin birikmesi durumunda Alzheimer belirtileri ortaya çıkmaya başlar. Sıradan



Naeblys / iStock

koşullar altında LRP1 proteinleri A $\beta$  moleküllerine bağlanır ve kan-beyin bariyerini (sinir hücreleri ile kan dolaşımını ayıran bariyer) aşarak kan dolaşımına karışmalarını sağlar. Ancak bu sistem çok hassas bir denge üzerine kuruludur. LRP1 proteinleri çok sayıda A $\beta$  molekülüne çok güçlü bir biçimde bağlandığında taşıma sistemi tıkanır. LRP1 proteinleri A $\beta$  proteinlerine çok zayıf bir biçimde bağlandığında ise A $\beta$  proteinlerinin kan dolaşımına aktarımı yeterli düzeyde olmaz. Her iki durumda da sinir hücrelerinde A $\beta$  proteinleri birikmeye başlar.

İspanya, Çin ve İngiltere'den araştırmacıların oluşturduğu uluslararası bir araştırma grubu Alzheimer tedavisi için nanoteknolojik bir ilaç geliştirdi. Araştırmacıların tasarlayıp ürettiği nanoparçacıklar LRP1 proteinlerini taklit ederek sinir

hücrelerindeki A $\beta$  proteinlerini temizliyor. Sinir hücrelerinde birikmiş A $\beta$  proteinlerinin kan dolaşımına aktarılmasıyla Alzheimer belirtileri azalıyor, beyin yeniden sağlıklı hâle geliyor.

Araştırmacılar geliştirdikleri tedavi yöntemini, genleri aşırı miktarda A $\beta$  proteini üretmek için değiştirilmiş, Alzheimer belirtileri gösteren fareler üzerinde test etti. Nanoparçacıkların enjekte edilmesinden sadece 1 saat sonra deney hayvanlarının beyinlerindeki A $\beta$  miktarının %50-60 oranında azaldığı tespit edildi.

Araştırmacılar tedavinin ne ölçüde başarılı olduğunu aylar süren davranış ve hafıza testleriyle de değerlendirdi. Tedavinin başarılı sonuçlar verdiği görüldü. Örneğin testlerin birinde Alzheimer belirtileri gösteren 12 aylık (insan

yaşıyla altmış yaşında) bir fareye nanoparçacıklar enjekte edildi ve altı ay sonra (insan yaşıyla doksan yaşında) 18 aylık farenin davranışlarının sağlıklı bir fareninki gibi olduğu görüldü.

Araştırmacılar tedavinin uzun vadeli etkilerini beynin damar yapısını iyileştirmesine bağlıyor. Aβ molekülleri temizlendiğinde beyindeki damar sistemi yeniden işlevsel hâle geliyor. Böylece hem Aβ proteinleri hem de diğer zararlı maddeler yeniden doğal yollarla temizlenmeye başlıyor ve tüm sistem tekrar sağlıklı bir şekilde çalışmaya başlıyor.

Detaylı bilgiye Dr. Junyang Chen ve arkadaşlarının *Signal Transduction and Targeted Therapy*'de yayımladıkları makaleden ulaşabilirsiniz. ■

<https://www.nature.com/articles/s41392-025-02426-1>

## Dünya Karanlıklaştıkça Küresel Isınma Hızı Artıyor

Özlem Kılıç Ekici

**D**ünya'nın uzaydan çekilmiş fotoğraflarına baktığımızda tanıdık bir manzara karşımıza çıkar: Mavi okyanuslar, beyaz bulut girdapları ve kahverengi-yeşil karalar. Gezegenimizin görüntüsündeki parlaklık, güneş ışınlarının bir kısmının Dünya'nın yüzeyindeki ve atmosferdeki maddeler tarafından yansıtılmasının, bir kısmının ise soğurulmasının sonucudur. Ancak Dünya'nın Güneş ışığını yansıtma kapasitesini inceleyen yeni bir çalışma, gezegenin parlaklığının her geçen gün azaldığını, buna bağlı olarak atmosferik dolaşımın, küresel yağış miktarının ve sıcaklık değerlerinin değiştiğini ortaya koyuyor.

NASA'da radyasyon bilimleri alanında teknoloji uzmanı olarak çalışan Norman Loeb ve meslektaşları, 24 yıl boyunca üç farklı uydudan elde edilen verileri kullanarak Güneş'ten gezegenimize gelen ve uzaya yansıyan radyasyon miktarını ölçtü ve Dünya'nın parlaklığındaki değişimi araştırdı. Bu verileri,

yüksek çözünürlüklü spektral görüntüleyicilerden, kar ve bulut haritalarından ayrıca bilgisayar iklim modellerinden elde edilen verilerle birleştirdiler. Buldukları sonuç şaşırtıcıydı. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*'da yayımlanan araştırma sonuçlarına göre kuzey yarım küre, güney yarım küreden daha karanlık hâle geliyor. Bu parlaklık kaybının, kuzey yarım küredeki ısınma eğilimini daha da güçlendirerek Dünya'nın iklim sistemlerinin dengesini bozabileceği belirtiliyor.

Bilim insanları genel olarak kuzey ve güney yarım kürelerin parlaklığının simetrik olduğunu varsayıyordu. Aslında iki yarım kürenin albedoları yani ışığı yansıtma kapasiteleri farklıdır. Kuzey yarım kürede daha fazla kara, kar ve buz örtüsü vardır bu nedenle daha yansıtıcıdır. Güney yarım kürede ise okyanusların oranı daha yüksektir. Birinde, kapladığı alan mevsime göre belirgin düzeyde değişen deniz buzullarıyla kaplı olan Arktik Okyanusu, diğerinde ise kalıcı karasal buz tabakasıyla kaplı olan Antarktika kıtası bulunur. Bilim insanları yarım küreler arasındaki parlaklık dengesinin bulut örtüsünden kaynaklandığını düşünüyordu. Su buharının aerosol adı verilen küçük parçacıkların üzerinde yoğunlaşmasıyla oluşan bulutlar, atmosferin farklı yüksekliklerinde güneş ışınlarını yansıtabilir



veya soğurabilir. Ancak Loeb ve ekibi, yarım küreler arasındaki parlaklık simetrisinde bir kırılma buldu. Bu da bulutların bu dengeyi korumadaki rolünün bir sınırı olduğunu gösteriyordu. Araştırmacılar bu durumu açıklamak için şu hipotezi öne sürüyor: Dünya ısındığında hava daha fazla su buharı tutar ve bir sera gazı olan su buharı Güneş ışınlarını soğurur. Kuzey yarım kürenin daha fazla ısınması gözlemlenen kararmadaki artışı açıklayabilir. İki yarım küre arasındaki farkın bir kısmı, Güneş ışığını yansıtan aerosollerin (atmosferdeki bazı kirleticiler, toz ve deniz tuzu parçacıkları) miktarındaki değişikliklerden de kaynaklanıyor olabilir.

2000'li yılların başından beri kuzey yarım küredeki bazı ülkelerde havaya salınan aerosoller üzerinde uygulanan sıkı kontroller ve eriyen buz ve karlar nedeniyle Dünya'nın bu bölgesi daha az güneş ışığı yansıtıyor. Öte yandan güney yarım kürede meydana gelen büyük volkanik patlamalar ve Avustralya'daki orman yangınları, son birkaç yıldır atmosfere salınan aerosol miktarını ve dolayısıyla bulutların yansıtıcılığını artırmış görünüyor. Yarım küreler arasındaki yansıtma dengesi değiştiğinde okyanus akıntılarının ve yağış kuşaklarının konumu dolayısıyla küresel iklim dengesinin de değişeceği belirtiliyor. Kuzey yarım küre bu şekilde ısınmaya devam ederse bu

durum daha fazla buzun ve karın erimesiyle küresel ısınma hızının ve gezegendeki karanlıklaşmanın daha da artacağı anlamına gelebilir. ■

<https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2511595122>

## Görme Yeteneğini Yeniden Kazandıran Göz İmplantı

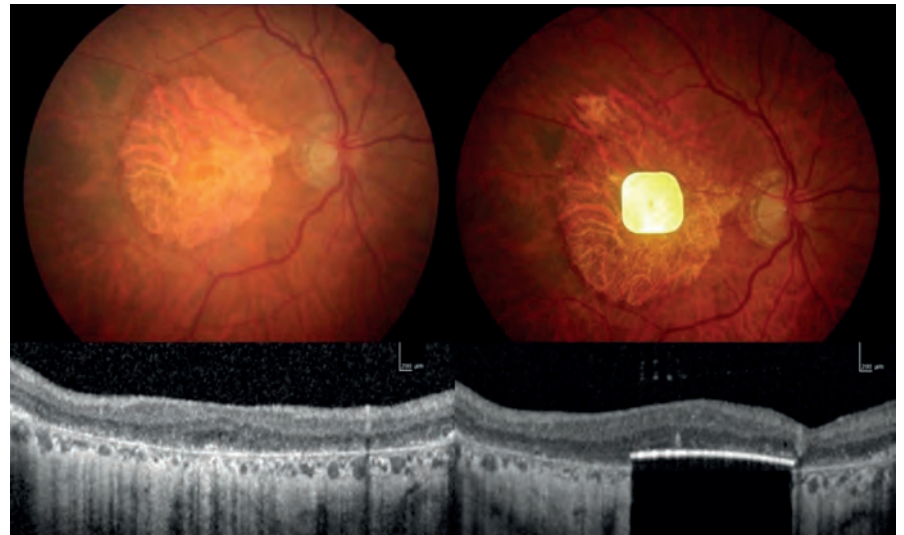
**Mahir E. Ocak**

**B**ir grup araştırmacı yaşa bağlı maküler dejenerasyon (AMD) nedeniyle görme yeteneklerini kaybetmiş hastalara yeniden görme yeteneği kazandıran bir göz implantı geliştirdi. Bonn Üniversitesinden Dr. Frank Holz önderliğinde yapılan araştırmanın

sonuçları *New England Journal of Medicine*'de yayımlandı.

Yaşa bağlı maküler dejenerasyon yaşlılarda görülen, tedavisi olmayan görememe sorunlarının en yaygın sebebidir. AMD hastalığının ileri aşamalarında retinadaki ışığa duyarlı fotoreseptör hücreler ölmeye başlar. Bu durum beyne görme ile ilgili elektrik sinyalleri iletilmemesine ve dolayısıyla körlüğe yol açar.

Kısaca PRIMA olarak adlandırılan göz implantı retinadaki ölü fotoreseptörlerin yerini alıyor. Sistemin yapısında iki ana bileşen var: 378 fotovoltaiik piksel içeren 2x2 mm'lik implant ve bir video kamera içeren PRIMA gözlükleri. Gözlükler kameraya düşen ışığı işleyip kızılötesi sinyallerle implantın üzerine gönderiyor. İmplanttaki pikseller ise bu kızılötesi ışığı elektrik



Göze implant yerleştirilmeden önce (solda) ve sonra (sağda)

sinyallerine dönüştürerek beyne iletiyor. Hastalar gözlüğü kullanarak baktıkları görüntünün bir bölgesine odaklanabiliyor ya da görüntüyü büyütebiliyor.

İlk olarak Standord Üniversitesinden Daniel Parker tarafından tasarlanan ve Science Corporation firması tarafından geliştirilerek üretilen sistem, beş ayrı Avrupa ülkesindeki 17 hastanede 38 gönüllünün katılımıyla test edildi. Tüm gönüllülerin her iki gözünde de AMD'ye bağlı görme kaybı vardı. Ayrıca implantın yerleştirildiği gözdeki AMD tarafından etkilenen merkezî bölgenin çapı 2,4 mm'nin üzerindeydi. Bu durum hastaların sadece sınırlı bir çevresel görüşe sahip olmasına yol açıyordu.

Gönüllüler, gözlerinden birine implant yerleştirildikten bir ay sonra PRIMA gözlüklerini kullanmaya başladı. Hepsi implantın sağladığı görsel verileri anlamlandırmak için eğitimden geçti. Gönüllülerin görme

yeteneği aylar süren eğitimler sonucunda iyileşmeye başladı. Bir yıl sonra testleri tamamlayan 32 gönüllünün 27'si harfleri ve kelimeleri okuyabiliyordu.

İmplant yerleştirilen hastaların 19'unda ameliyata bağlı yan etkiler görüldüğü ancak %95'inde bu yan etkilerin aylar içerisinde kaybolduğu belirtiliyor. Ayrıca implantın kullandığı kızılötesi sinyallerin, retinanın AMD tarafından etkilenmemiş sağlıklı bölgelerindeki fotoreseptörlerin görevlerini yerine getirmesine engel olmadığı da söyleniyor. Dolayısıyla gönüllüler implantın sağladığı merkezî görüşü (okuma, yüz tanıma gibi net ve keskin görüş) hâlâ sağlıklı olan fotoreseptörlerin sağladığı çevresel görüşle (kafayı veya gözleri hareket ettirmeden çevrede yer alan objeleri ve hareketleri algılayabilme) birleştirebiliyor. ■

<https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa2501396>

## Dinozor Mumyasındaki Fosilleşmiş Deri Aslında Deri Değilmiş!

### Özlem Kılıç Ekici

**G**ünümüzden yaklaşık 100 yıl önce, fosil koleksiyoncusu Charles Sternberg, ABD'nin Wyoming eyaletindeki Lance Formasyonu'nun kum taşı kayaçlarında ördek gagalı bir *Edmontosaurus annectens* dinozorunun iskeletini keşfetti. Lance Formasyonu, Geç Kretase Devri'nde yani yaklaşık 100,5-66 milyon yıl öncesine tarihlenen jeolojik döneme ait organik maddece zengin kum taşı, çamur taşı ve kireç taşından oluşan tortul kayaçların bulunduğu bölgedir. Stenberg'in keşfettiği bu iskelet kalıntıları fosilleşmiş deriyle kaplıydı. Bu keşif fosil bilimi açısından oldukça önemliydi çünkü bu, bulunan ilk dinozor mumyasıydı. Keşfedilen dinozor mumyası üzerinde gözlemlenen desenli yapıların fosilleşmiş deri kalıntıları olduğu düşünüldü. Chicago Üniversitesinden paleontolog (fosil bilimci) Paul Sereno ve arkadaşlarınının 23 Ekim 2025'te *Science* dergisinde yayımladığı yeni bir araştırmanın sonuçları ise tamamen farklı bir bulguya işaret ediyordu.





Tyler Keillor, Paul Sereno/University of Chicago Fossil Lab

Günümüzden yaklaşık 66 milyon yıl önce yaşadığı ve öldüğünde yaklaşık iki yaşında olduğu tahmin edilen genç ördek gagalı dinazor *Edmontosaurus annectens*'in mumyası (sağda) ve sırtındaki pullu bir sorguç (solda).

Paul Sereno ve diğer fosil bilimciler, Sternberg'in Wyoming'deki dinazor keşif bölgesi yakınlarda başka dinazor mumyaları da buldu. Bunlar arasında bir *Triceratops horridus* ve bir *Tyrannosaurus rex* mumyasının yanı sıra yeni çalışmada ilk kez tanımlanan *Edmontosaurus annectens* türüne ait iki mumya fosili de yer alıyordu. Tüm bu fosiller, Sereno'nun "dinazor mumya bölgesi" olarak adlandırdığı 10 kilometrelik çapa sahip bir alanda keşfedildi.

Yeni keşfedilen bu ördek gagalı dinazor mumyaları üzerinde yapılan çalışmaların sonuçları, deriye benzer desenlerin aslında ölen dinazorların gövdeleri çürürken mikroorganizmaların üzerinde oluşturduğu kil kalıpları olduğunu gösterdi. Uzmanlar, vücutlarının üç boyutlu ana hatları tamamen korunmuş durumda olan hayvan fosillerinin üzerinde gerçekleşen bu tür kil kalıplama sürecinin lagün

ve derin deniz hendeklerindeki oksijence fakir çamurlarda olağan bir durum olduğunu belirtiyor. Lance Formasyonu bölgesindeki oksijence zengin nehir yataklarında kuma gömülü hâlde bulunan dinazor fosillerinde de deri yüzeyinin kille kalıplanma sürecinin gerçekleşebileceğini uzun yıllardır kimsenin tahmin edemediğini özellikle vurguluyorlar. Araştırmacılar, mumyalar üzerindeki deri benzeri desenlerin gerçekten de mikroorganizmalar tarafından oluşturulan kil kalıplama bulgusu olduğundan emin olmak için röntgen, bilgisayarlı tomografi taraması ile mikroskopik ve kimyasal analizler içeren bir dizi yöntem kullandı.

Kil kalıplama süreci ile "mumyalandığında", hayvanın tüm dış yumuşak dokularının 1 milimetreden daha ince kil tabakasıyla kaplandığını belirten Sereno, kurak koşullarda ölen bu

canlıların gövdelerinin muhtemelen önce kuruduğunu ardından ani bir selin neden olduğu tortu tarafından örtüldüğünü öne sürüyor. Peki bu kil kalıpları fosiller üzerinde nasıl oluşuyor? Islak ve gözenekli yüzeye tutunan bakteri kolonisi, çevredeki kil minerallerini kendine çekerek ince ama sağlam bir biyofilm tabakası oluşturuyor. Ölü dinazor gövdelerindeki yumuşak dokular gömüldükten haftalar sonra çürüyor, yer altı suları tarafından yıkanan kalıntılar üzerindeki kil maskesi ise canlının vücut formunu milyonlarca yıl boyunca koruyor.

Fosil bilimciler, ilerleyen günlerde bu kil maskesi ile kalıplama sürecinin dünyanın dört bir yanındaki birçok alanda keşfedilen diğer dinazor mumyaları ve deri örneklerinde de gerçekleşip gerçekleşmediğini araştıracaklarını belirtiyor. ■

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.adw3536>



ozgurdonmaz / iStock

**B**ilgi ve teknoloji üretmek hedefiyle bilim, teknoloji ve yenilik alanlarında atılan tüm adımlar bir ülke için büyük önem taşır. Ancak içinde bulunduğumuz çağda bilginin üretilmesi kadar elde edilen bilgi birikiminin toplumsal faydaya ve katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi için gerekli altyapıların da sağlanması gerekir. Kendi teknolojisini üreten, buluşlarıyla bilimsel çalışmalara yön veren, kendi yazılımlarını geliştiren, doğal kaynaklarını verimli bir şekilde kullanarak her sektörde dışa bağımlılığı azaltacak şekilde çevreye duyarlı üretim ve uygulama süreçlerini yöneten ülkeler geleceğe daha emin adımlarla ilerler.

Ülkemizde “Millî Teknoloji Hamlesi” hedefleri doğrultusunda ve teknoloji üreten ülke olma yolunda çok önemli bilimsel projeler ve teknoloji geliştirme faaliyetleri gerçekleştiriliyor. Türk bilim insanlarımız ve araştırmacılarımız hem ülkemizde hem de yurt dışında bilim ve teknoloji alanında ses getiren başarılı çalışmalar yapmaya, insanlığa faydalı yenilikçi ürünler geliştirmeye ve yeni araştırmalara ışık tutacak yayınlar yapmaya devam ediyor.

# TÜRKİYE’NİN BİLİM VE TEKNOLOJİ EKOSİSTEMİ GÜÇLENMEYE DEVAM EDİYOR

Dr. Özlem Kılıç Ekici [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Türkiye’nin bilim ve teknoloji üssü olan TÜBİTAK da araştırma enstitüleri ve diğer birimleriyle ülkemizin her yönden kalkınmasına katkı sunan yenilikçi teknoloji geliştirme ve bilimsel bilgi üretme çalışmalarına, bilimsel projelere, üniversitelere, araştırma ve tasarım merkezlerine, sanayiye, kamu kurumlarına, özel sektöre, bilim insanlarına, araştırmacılara, girişimcilere, mucitlere, öğrencilere ve bilim toplum faaliyetlerine her türlü desteği sağlamaya ve hayal eden, araştıran, sorgulayan ve pes etmeden üretmeye devam eden herkesin özellikle de geleceğimizin teminatı olan gençlerin yanında olmaya devam ediyor.

Bu yazıda, ülkemizde 2025 yılı içerisinde gerçekleşen önemli bilimsel ve teknolojik gelişmeler ile yenilikçi girişimlerden derlenmiş bir seçkiyi okurlarımıza sunarak Türk bilim insanları, mühendisler, araştırmacılar ve girişimciler tarafından çok değerli çalışmalar yürütüldüğü ile ilgili toplumsal farkındalığı artırmak ayrıca ülkemiz gençlerine geleceğin bilgi ve teknoloji üreten dünya devleri arasında yer alabileceklerini, ülkemizi tüm sektörlerde başarıyla temsil edebileceklerini bir kez daha hatırlatmak istedik.



## Bazı Önemli Bilgiler ve Sayısal Veriler

Türkiye’de 127’si devlet, 74’ü vakıf ve 4’ü vakıf meslek yüksek okulu olmak üzere toplam 205 üniversite ön lisans, lisans, yüksek lisans ve doktora eğitimleri veriyor. Bu üniversiteler kapsamında toplamda 2.066 fakülte, 328 yüksek okul, 1.019 meslek yüksek okulu, 563 enstitü, 4.054 araştırma uygulama merkezi ve 20.101 bölüm bulunuyor.

Uluslararası kabul görmüş WoS- Incites veri tabanlarında yer alarak makale ve derleme türündeki yayınları kapsayan Türkiye kaynaklı bilimsel yayın sayısı son bir yıl içinde yaklaşık 52 bine ulaştı. Bu kapsamda dünyada en fazla bilimsel yayın üreten 14. ülke konumundayız.

Ülkemizin bilim ve teknoloji üssü olan TÜBİTAK’ın araştırma ve bilim insanı destek programları ile son bir yılda 190 üniversitenin ve 3.100 firmanın 10.153 projesine toplamda 14,4 milyar Türk Lirası destek sağlandı. Araştırma projeleri kapsamında 17 bin bursiyer desteklendi.

6650 sayılı kanun kapsamına alınarak yeterli verilen 12 ulusal araştırma altyapısı merkezinde ülkemizin AR-GE ekosisteminin güçlenmesine ve uluslararası rekabet gücünün artmasına katkı sağlayacak yüksek nitelikli araştırmalar (biyotıp ve



genom, genetik, mikro-elektro-mekanik sistemler, nanoteknoloji, malzeme bilimi, biyoteknoloji, parçacık fiziği, astronomi, astrofizik, uzay teknolojileri, optik teknolojiler, kozmoloji, güneş enerjisi, raylı sistemler, nanofotonik, yenilikçi tıp ve sağlık, deniz hukuku, finans teknolojileri) gerçekleştiriliyor.

Ülkemizde 64 farklı ilde toplam 113 adet teknoloji geliştirme bölgesi (teknokent, teknopark) vardır. Bu teknoparklardan 94 tanesi aktif olarak faaliyet gösterirken 19 tanesinin altyapı çalışmaları devam ediyor. Teknoparklarda faaliyet gösteren 12 bine yakın girişimde yürütülen proje sayısı yaklaşık 98 bindir.

Ülkemizde 58 farklı ilde faaliyette olan 1.360 özel sektör AR-GE merkezi ve 343 tasarım merkezinde bugüne kadar yaklaşık 75 bin proje tamamlandı. Bu projelerden elde edilen toplam patent sayısı 45 bindir. Bu patentlerden 17 bini ise tescil almış durumdadır. Son bir yıl içindeki yıllık yerli patent başvuru sayısı 10.186'ya, yerli patent tescil sayısı ise 3.390'a ulaştı. Bu AR-GE merkezleri makine teçhizat imalatından otomotiv sanayisine; yazılımdan bilgisayar ve iletişim teknolojilerine; gıda, ilaç, enerji, sağlık, tarımdan mobilya, medikal, madencilik ve hayvancılığa kadar 46 farklı sektörde hizmet veriyor.

Yerli ve millî elektrikli otomobil markası Togg, %25'lik pazar payı ile



elektrikli otomobil segmentinde lider durumda. Bugüne kadar 75 binden fazla Togg üretilerek yollarla buluştu. Togg'un sedan modeli T10F'nin satışına başlandı. Yerli tasarım LED çipler de Togg araçlarında kullanılacak.

TÜBİTAK RUTE tarafından tasarlanan ve geliştirilen 600 kilovat gücündeki hidrojen motorunun üretimine başlandı.

TÜBİTAK ULAKBİM TRUBA ekibinin geliştirdiği süper bilgisayar ARF ACC'nin hesaplama kapasitesi üç katına çıkartıldı.

TÜBİTAK BİLGEM tarafından Türkiye'nin Büyük Dil Modeli projesi kapsamında geliştirilen yapay zekâ Türkçe büyük dil temel modelinin kullanımı yaygınlaştırıldı.

TÜBİTAK SAGE'nin yerli ısıtıcı pil üretim kapasitesi iki katına çıkartıldı.

TÜBİTAK BİGG desteğiyle kurulan 2.578 teknoloji girişimine sağlanan fonlar sayesinde Türkiye'nin girişimcilik ve yenilikçilik ekosistemi güçlenmeye devam ediyor.

TÜBİTAK Ortaokul, Lise ve Üniversite Öğrencileri Araştırma Proje Yarışmaları'na bu yıl 64.193 öğrenci, 39.328 projeye katıldı.

Uluslararası ve Bölgesel Bilim Olimpiyatları'nda Türk öğrencileri 10'u altın, 64 madalya ile bizleri gururlandırdı.

Türkiye, küresel uydu sistemleri sektöründe üretici ülkelerden birisi oldu. Millî gözlem uydumuz İMECE için geliştirilen yüksek çözünürlüklü elektro-optik kamera yurt dışına ihraç edilmeye başlandı.

Türkiye'nin gelecekteki uzay çalışmalarına ve girişimlerine katkı sağlayacak Uzay Teknoparkı ODTÜ'de kurulacak.

En büyük küresel uzay etkinliği olan Uluslararası Uzay Kongresi'nin (IAC) 77.si 5-9 Ekim 2026 tarihlerinde Türkiye Uzay Ajansı ev sahipliğinde Antalya'da düzenlenecek. Bu kapsamda ülke genelinde üniversite kampüslerinde akademi buluşmaları kapsamında kongre tanıtım faaliyetleri başladı.

# Millî Savunma Sanayi Ekosistemi

Türkiye'nin hava savunma sistemi Çelik Kubbe'nin en üst katmanı olan uzun menzilli hava savunma sistemi SİPER Ürün 2'nin atışlı test faaliyetleri başarıyla tamamlandı.

Yerli tankımız ALTAY Türk Silahlı Kuvvetleri'nin envanterine girdi.

Millî gemi projesi (MİLGEM) kapsamında sekizinci gemi TCG İÇEL ve denizaltı TCG MURATREİS suya indirildi.

TEI tarafından geliştirilen yerli üretim motorla çalışan silahlı insansız hava aracı Bayraktar TB3 Kara Kuvvetleri'nin envanterine girdi.

Silahlı insansız deniz aracı SANCAR'ın atış testleri başarıyla tamamlandı.

Yerli turbojet motoru ve millî alt sistemlerle donatılan SOM seyir füzesi ile su üstü platformlara taarruz yeteneğine sahip SOM-J füzesinin testleri başarıyla tamamlandı.

Beş kilometreye kadar körleştirme, 1,5 kilometreye kadar hareketli hedefleri imha yeteneğine sahip yüksek güçlü lazer sistemi IŞIK'ın kabul testleri başarıyla tamamlandı.

AELSAN imzalı MURAD AESA radar takılı F-16 uçağundan



Türk mühendislerce geliştirilen GÖKDOĞAN görüş ötesi hava-hava füzesi atışı başarıyla gerçekleştirildi.

Silahlı insansız deniz aracı MARLİN 100 EW, elektronik harp yetenekleriyle donatılmış olarak SMASH 200/12.7L uzaktan komutalı stabilize deniz silah sistemiyle atış testini başarıyla tamamladı.

## Millî Askeri Motor Teknolojisi

Vuran ve Kirpi kara araçlarıyla TUNA motoru Türk askerinin kullanımına sunulurken tank taşıyıcı ve lojistik araçları için geliştirilen AZRA Gen-2 test faaliyetleri başarıyla devam ediyor.

Yeni nesil paletli araçlarda görev yapacak UTKU motoru ve ALIAY tankı için geliştirilen BATU motorunun geliştirme ve test faaliyetleri tamamlandı.

İnsansız hava araçları kapsamında TB3'e güç veren TEI-PD200 motoru envantere girerken ANKA ve AKSUNGUR'a entegre edilen TEI-PD170 motorunun test faaliyetleri ise devam ediyor. KARGI İHA'da kullanılan TEI-PG50 motoru ile bağımsız kabiliyetler elde edildi.

GÖKBİEY helikopterine güç veren TEI-TS1400 turboşaft motorunun sertifikasyon testleri devam

ederken seri üretim çalışmaları da başarıyla yürütülüyor.

Füze ve mühimmatlarımızda ATMACA ve SOM için KTJ3200, ÇAKIR için KTJ1750, KARA ATMACA için KTJ3700 jet motorları geliştirildi ve başarıyla kullanılıyor.

Deniz platformlarımızda Marlin SİDA için LEVEND motoru, ULAQ SİDA için Marin X7 entegrasyonları yapılırken MİLGEM gemilerimiz için MAVİ

BATU bağımsız çözümünün hayata geçirilmesi için test faaliyetleri tamamlandı.

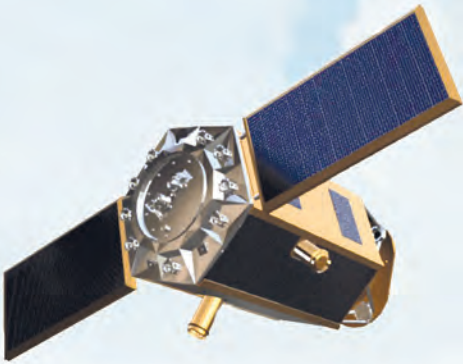
Jet motorları ve ileri aşama çalışmalarımızda ANKA-III için geliştirilen TEI-TF6000 turbofan motoru başarıyla çalıştırılmış, insansız savaş uçağımız KIZILELMA'da kullanılabilecek TEI-TF10000'in geliştirme çalışmaları sürüyor. KAAAN savaş uçağının ana motoru TEI-TF35000 ve yardımcı güç ünitesi APU60 için geliştirme faaliyetleri devam ediyor.





# İlk Metrealtı Çözünürlüklü Yer Gözlem Uydumuz İMECE

Yörüngede başarıyla görevine devam eden Türkiye'nin ilk metrealtı çözünürlüklü yer gözlem uydusu İMECE, Türk Hava Kuvvetleri envanterine alındı. İMECE'nin ardından TÜBİTAK UZAY, İMECE-2 ve İMECE-3 uydularını geliştirmeye devam ederek yer gözlem yeteneğini daha güçlü bir seviyeye taşımayı hedefliyor. Üç uydular eş zamanlı çalışacak ve yeni uyduların çözünürlükleri artırılabilecek.

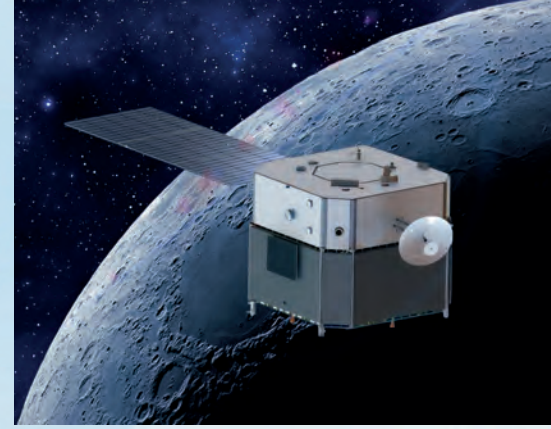


## Türkiye'nin Ay Araştırma Programı Çalışmaları

2021 yılında açıklanan Millî Uzay Programı kapsamında belirlenen 10 hedeften biri, yerli teknolojilerle tasarlanan ve üretilen bir uzay aracının Ay'a gönderilmesiydi. Bu hedef doğrultusunda 2021'in sonunda başlatılan Ay Araştırma Programı Projesi'nin 3. Bilimsel Çalışma Grubu Toplantısı, TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (TÜBİTAK UZAY) organizasyonu ile 11-12 Şubat 2025 tarihlerinde yapıldı.

Türkiye'nin Ay misyonu kapsamında yörüngeler arası transferde kullanılacak hibrit itki sistemi ile uzay aracının uçuş bilgisayarını, güneş paneli, haberleşme ünitesi gibi kritik alt sistemler yerli imkânlarla geliştiriliyor.

Ay Araştırma Programı'nın iki aşamada gerçekleşmesi planlanıyor. İlk aşamada yerli olarak geliştirilecek uzay aracı, Dünya yörüngesinin ardından Ay'a ulaşacak ve 100 km irtifalı kutupsal ve dairesel Ay yörüngesine yerleşerek görüntü ve bilimsel veriler toplayacak. Yörüngede gerçekleştirilecek operasyonların ardından yerli imkânlarla geliştirilen hibrit roket motorunu



uzayda ateşleyerek Ay yüzeyine sert iniş gerçekleştirecek. İkinci aşamada ise yumuşak iniş özelliği olan bir uzay aracı görevde olacak. Millî teknolojilerle geliştirilen fırlatma aracıyla uzaya çıkması planlanan iniş aracı, Ay yüzeyine yumuşak iniş gerçekleştirecek. Böylece Ay Araştırma Programı ile 1. Ay görevi kapsamında Ay'ın yörüngeden keşfi ve Ay yüzeyi ile ilk temasın gerçekleştirilmesi, 2. Ay görevi kapsamında ise yumuşak iniş yöntemiyle yüzeye keşif aracı indirilmesi hedefleniyor.

Türkiye Uzay Ajansı (TUA) tarafından desteklenen Ay Araştırma Programı'nın ilk aşaması kapsamında uzay aracının tasarımı, geliştirilmesi, entegrasyonu, testleri, fırlatılması ve operasyonlarından TÜBİTAK UZAY sorumlu. Bu kapsamda Ay'a sert inişin gerçekleşmesini sağlayacak hibrit itki sistemi ise uzay teknolojileri alanında kimyasal roket itki sistemleri çalışmaları yürüten DeltaV Uzay Teknolojileri A.Ş. tarafından geliştiriliyor.



## Sekizinci Yılında TEKNOFEST

Dünyanın en büyük havacılık, uzay ve teknoloji festivali TEKNOFEST bu yıl 1-4 Mayıs 2025 tarihlerinde KKTC’de, 17-21 Eylül 2025 tarihlerinde İstanbul Atatürk Havalimanında gerçekleştirdi. 58 ana kategori ve 137 alt kategoride düzenlenen teknoloji yarışmalarında 96 ülkeden 565 binden fazla takım ve 1 milyon 150 bine yakın genç mücadele etti. Bilim ve teknolojinin rehberliğinde geleceğin teknolojilerini tasarlamayı amaçlayan yarışmacılar, bilgi ve deneyimlerini paylaşma imkânı yakaladı. Hayallerini gerçekleştirmek isteyen teknoloji meraklısı öğrencilerin ve girişimcilerin kıyasıya mücadele ettiği yarışmalarda dereceye



giren takımlara 65 milyon TL’nin üzerinde ödül verildi. Festivalin en geniş katılımcılarından biri olan TÜBİTAK, yaklaşık 9 bin m<sup>2</sup>’lik alanda 12 tematik çadır ile ziyaretçilerini ağırladı. Uzaydan biyoteknolojiye, çip tasarımından yapay zekâya uzanan geniş yelpazedeki etkinliklerle TÜBİTAK, festivalin en dikkat çekici adreslerinden biri oldu. 7’den 70’e herkesi kucaklayan TEKNOFEST coşkusu bilim ve teknoloji meraklılarına ilham kaynağı olmaya devam edecek.

## Yirmi Yedinci Yılında TÜBİTAK Gökyüzü Gözlem Etkinliği

Türkiye’nin en büyük gökyüzü gözlem etkinliği olan TÜBİTAK Gökyüzü Gözlem Etkinliği, 28-31 Ağustos 2025 tarihleri arasında Erzurum’da gerçekleştirildi. Erzurum Konaklı Kayak Merkezinde düzenlenen etkinlikte gündüz saatlerinde özel filtrelili teleskoplar aracılığıyla Güneş gözlemleri yapılırken gece ise bölgenin ışık kirliliğinden uzak olmasının ve yüksek rakımının sağladığı avantajla Ay, gezegen, yıldız ve bulutsu gözlemleri yapıldı. Satürn’ün halkaları, Jüpiter’in atmosferi ve Samanyolu gök adasının en yakın komşusu olan Andromeda gök adası



gibi astronomik oluşumları teleskoplarla gözlemeleme imkânı bulan katılımcılar, bilimle, doğayla ve yıldızlarla iç içe unutulmaz bir deneyim yaşadı. Türkiye'nin ilk astronotu Alper Gezeravcı ve ikinci astronotumuz Tuva Cihangir Atasever de etkinliğe katılarak gerçekleştirdikleri uzay yolculuğunun bilimsel ve teknik detaylarını anlattı.

## DENEYAP Teknoloji Atölyeleri

Millî Teknoloji Hamlesi vizyonu kapsamında teknoloji üretme yetkinliği yüksek bireyler yetiştirmek amacıyla kurulan DENEYAP Teknoloji Atölyeleri, 81 ilde 131 atölyeye ulaştı. Bu atölyelerde eğitim almak için ortaokul ve lise düzeyindeki öğrenciler, e-sınav, çevrim içi eğitim ve görev tamamlama ile



uygulama sınavlarından oluşan zorlu bir süreci tamamlıyor. 2018'den bu yana 1., 2., 3., 4. ve ek faz kapsamında yer alan 11 farklı eğitim başlığını tamamlayan 9.490 öğrenci mezuniyet hakkı kazandı. 2017-2018 mezunları ile birlikte toplam mezun sayısı 10.812'ye yükseldi. DENEYAP Teknoloji Atölyeleri'nde bugüne kadar toplam 42.133 öğrenciye teknoloji eğitimi imkânı sağlandı.

DENEYAP Teknoloji Atölyeleri'nde gençlere 3 yıl boyunca ücretsiz teknoloji eğitimleri veriliyor. Eğitim süreci, ilk 24 ay proje temelli dersler ve son 12 ay takımlar dönemi olmak üzere iki farklı aşamadan oluşuyor. Proje temelli dersler; "Yapay Zekâ", "Siber Güvenlik", "Havacılık ve Uzay Teknolojileri", "Robotik ve Kodlama", "Elektronik Programlama ve Nesnelerin İnterneti" ve "Mobil Uygulama" gibi 11 farklı gelecek teknolojisi alanında yoğunlaşıyor.

## Millî Teknoloji Atölyeleri

Ülkemizin Millî Teknoloji Hamlesi hedefleri doğrultusunda öğrencilerin hayallerini, fikirlerini ve projelerini hayata geçirmelerine olanak sağlamak

## Millî TEKNOLOJİ ATÖLYELERİ

amacıyla 81 ilde Millî Teknoloji Atölyeleri'nin kurulması hedefleniyor. İlk Millî Teknoloji Atölyesi Bursa'da Arif Ağaoglu İleri Teknoloji ve Mühendislik Laboratuvarında, ikincisi de Kocaeli Üniversitesinde açıldı.

Tasarımdan üretime, yapay zekâdan robotik sistemlere kadar fikirlerin uygulamaya dönüşeceği bu atölyelerde gençler, danışmanlık ve eğitim programlarıyla desteklenecek.

2026 sonuna kadar 81 ilde 100 milli teknoloji atölyesinin kurulması hedefleniyor.

Üniversitelerde ve TÜBİTAK destekli bilim merkezlerinde kurulacak Millî Teknoloji Atölyeleri ile bilim ve teknoloji yarışmalarına katılım sağlayacak takımlara ihtiyaç duydukları makine, teçhizat ve sarf malzeme desteği sağlanacak. Bu atölyelerde milli teknolojiler geliştirecek ve üretecek girişimci gençlere destek verilerek yerli ve millî sanayimiz için ihtiyaç duyulan nitelikli insan kaynağının yetiştirilmesi amaçlanıyor.



PIXCOOZ / ISTOCK



## Dokuzuncu Ulusal Antarktika Bilim Seferi

6 Şubat-12 Mart 2025 tarihleri arasında gerçekleştirilen Dokuzuncu Ulusal Antarktika Bilim Seferi (TAE-IX) başarıyla tamamlandı. Türkiye'nin bilimsel araştırma kampının bulunduğu Horseshoe Adası'nda 20 kişilik araştırma ekibi, 19 farklı proje kapsamında yeni batimetri haritalarının üretilmesi; yakın uzay gözlem ve jeodezik istasyonları; atmosfer ve uzay gözlemleri; çevre, kirlilik ve canlı yaşamı araştırmaları; meteorolojik ölçümler ve sucul ekosistemler konularında çalışmalar gerçekleştirdi. Ayrıca Türkiye'nin sınırları dışında kurulan ilk istasyonlarından birisi olan sabit küresel konumlama uydu sistemi istasyonunun bakım ve tutum çalışmaları da tamamlandı. Bu yıl yürütülen projeler arasında Kabataş Erkek Lisesinden üç öğrencinin geliştirdiği "İnsansız Kutup Hava Aracı" projesi de yer aldı.

## Ulusal Kutup Bilim Seferleri

T.C. Cumhurbaşkanlığı himayelerinde, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı uhdesinde, TÜBİTAK Kutup Araştırmaları Enstitüsü (KARE) koordinasyonunda 2017 yılından bugüne kadar Antarktika'ya 9, Arktik'e 5 olmak üzere toplamda 14 ulusal kutup bilim seferi gerçekleştirildi ve bu seferlere katılan 200'den fazla bilim insanının yürüttüğü 160 proje kapsamında 273 bilimsel yayın literatüre kazandırıldı. Ülkemizin kutup bölgelerine yönelik bilimsel kapasitesini güçlendirmeyi hedefleyen bu seferlerde iklim değişikliğinden biyoçeşitliliğe, okyanus bilimlerinden yer bilimlerine, deniz haritalamadan sismik gözlemlere, mikroplastik kirliliğinden meteorolojik

gözlemlere kadar geniş bir yelpazede bilimsel çalışmalar yapılarak birçok alana katkı sağlayacak veriler elde ediliyor. Araştırmacılar, dünyanın en zorlu iklim koşullarına sahip bu bölgelerde yerli ve millî teknoloji ürünlerini test etme ve deneyimleme imkânı da buluyor. Uydu ve konumlama çalışmalarıyla birlikte çevre koruma projelerinin de yer aldığı bu seferler kapsamında uluslararası iş birlikleri de güçlendirilmeye devam ediyor.

TÜBİTAK tarafından yürütülen çalışmalar kapsamında Antarktika'da bir Türk Bilimsel Araştırma Üssü kuruldu. Türkiye'nin kutup bölgelerindeki bilimsel varlığını kalıcı hâle getirmek amacıyla kurulan bu üs, Türk bilim insanlarının kutup araştırmalarına daha fazla katkı sağlamasının önünü açacak.

# Beşinci Ulusal Arktik Bilimsel Araştırma Seferi

8-31 Temmuz 2025 tarihleri arasında Arktik Okyanusu ve çevresinde gerçekleştirilen Beşinci Ulusal Arktik Bilimsel Araştırma Seferi (TASE-V) başarıyla tamamlandı. Sefer süresince küresel iklim değişikliği; deniz ve okyanus bilimleri; biyoloji, kimya, atmosfer; mikroplastik kirliliği; meteoroloji ve uydu sistemleri başta olmak üzere farklı alanlarda toplam 19 projeye ait bilimsel çalışma ve gözlem, 12 araştırmacı ve 3 lise öğrencisi tarafından gerçekleştirildi. Sefer, Arktik Okyanusu üzerinde belirlenen 70 bilimsel örnekleme istasyonunu kapsayacak şekilde üç bin deniz milini aşkın rota boyunca başarıyla tamamlandı.

# Türkiye'nin Yerli ve Millî Sosyal Medya Platformu N Sosyal

N Sosyal veya diğer adıyla NEXT TEKNOFEST Sosyal; haber, teknoloji, yaşam ve gündem odaklı içeriklerin paylaşıldığı bir sosyal medya platformu. Veri güvenliği ve dijital özgürlük vurgusuyla öne çıkan N Sosyal "reklamsız, sansürsüz ve algoritmasız bir deneyim" sloganıyla dikkat çekiyor. Türkiye Teknoloji Takımı Vakfı'nın (T3) desteğiyle geliştirilen ve 23 Temmuz 2025'te genel kullanıma açılan platforma ilgi büyük.

N Sosyal'in dikkat çeken bir diğer özelliği ise açık kaynak kodlu bir platform olması. Bu, uygulamanın arka plandaki tüm



yazılım kodlarını kamuya açık bir şekilde paylaşması anlamına geliyor. Bu sayede geliştiriciler kodları inceleyebilir, uygulamanın nasıl çalıştığını doğrudan görebilir hatta bu açık kaynak kodları alıp değiştirerek kendi bağımsız projelerini geliştirebilir. N Sosyal'in açık kaynaklı olması, dijital egemenlik, şeffaflık ve inovasyon açısından önemli bir adım olarak değerlendiriliyor.





## Türkiye'nin İlk Uzay Islahı Araştırmaları

Uzay ıslahı, tohum ve bitki hücrelerinin kozmik radyasyon ve ağırlıksız ortam gibi uzaydaki zorlayıcı koşullara maruz bırakılarak mutasyonlar geliştirmesini sağlama süreci olarak tanımlanıyor ve uzayda oluşan bu mutasyonların, dünyada yapılan klasik ıslah çalışmalarında elde edilemeyen genetik çeşitliliği sağlayabildiği belirtiliyor. Özellikle çevresel streslere ve hastalıklara dayanıklı, verimi veya besin değeri yüksek yeni bitki çeşitleri geliştirmek için kullanılan bu yöntem, tarım ve gıda güvenliği açısından oldukça önemli bir araç olarak değerlendiriliyor.

Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Öğretim Üyeleri Doç. Dr. Rengin Özgür Uzilday

ve Doç. Dr. Barış Uzilday'ın “Uzay Ortamından Yararlanarak *Arabidopsis thaliana*'da Endoplasmik Retikulum (ER) Stresi Toleransı İçin Gen Keşfi” ve “Nohutta Kuraklık Stresine Toleransı Artırmak İçin Uzay Islahı” başlıklı projeleri, Türk Uzay Ajansı'nın üyesi olduğu Asya-Pasifik Uzay İş Birliği Örgütü'nün (APSCO) proje çağrısı kapsamında kabul edilerek çalışmalarına başlandı.

Ülkemizin uzay ıslahı alanında gerçekleştirilen ilk araştırmaları olma özelliğini taşıyan bu projeler kapsamında nohut bitkisinde iklim değişimi ile şiddeti gittikçe artan kuraklık stresine karşı toleransın artırılması için mutasyon ıslahı çalışmaları yapılması ayrıca bitkilerde çevresel stresler sırasında ortaya çıkan endoplasmik retikulum stresi ile ilişkili yeni genlerin ortaya çıkarılması hedefleniyor.

## Gıda Atıkları Ürünlere Dönüşüyor

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünden Prof. Dr. Mecit Halil Öztop'un liderliğinde yürütülen “Gıda Atıklarını Sürdürülebilir Liflere Dönüştürmeye Yönelik Avrupa Ağı (ENFiber)” projesi, gıda işleme sürecinde ortaya çıkan organik atıkları sürdürülebilir ve çevre dostu yöntemlerle işlevsel liflere dönüştürmeyi amaçlıyor. Üretilen liflerin gıda, ambalaj ve ilaç sanayisinde kullanılarak ticari açıdan değerli ürünlere dönüştürülmesi, projenin temel hedefleri arasında. Sunduğu çevre dostu dönüşüm modeliyle sera gazı emisyonlarının azalmasında etkili olacağı düşünülen proje, gıdada sürdürülebilir yaklaşımların geliştirilmesine de katkı sağlayacak.



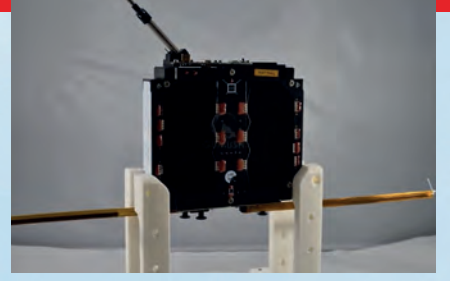
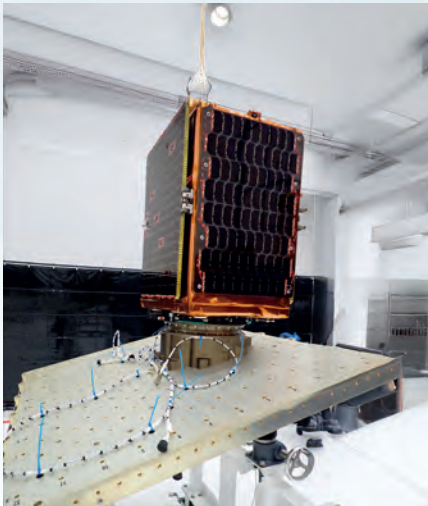
## Türkiye'nin Nadir Toprak Element Rezervleri

Türkiye, yaklaşık 694 milyon tonluk nadir toprak elementi rezerviyle Çin'in ardından dünyanın en büyük ikinci rezervine sahip ülkesi konumunda. Rezervler, Eskişehir'in Beylikova ve Sivrihisar ilçeleri arasındaki sahada bulunuyor. Dünyada en büyük rezerv, Çin'deki 800 milyon tonluk "Bayan Obo" sahasında yer alıyor. Stratejik öneme sahip bu cevherler özellikle yenilenebilir enerji, çip, lazer, elektrikli araç, insansız hava araçları ve savunma sanayi teknolojilerinde kullanılıyor.



## Fergani Uzay'ın FGN-100-d2 Mikro Uydusu Uzaya Fırlatıldı

Fergani Uzay'ın yürüttüğü Konumlandırma Takım Uydu Projesi kapsamında geliştirilen FGN-100-d2, 2 Kasım 2025 tarihinde ABD'nin Cape Canaveral Uzay Kuvvetleri Üssünden SpaceX'in Falcon 9 roketiyle fırlatıldı. Toplam kütlesi 104 kilogram olan bu uydunun yaklaşık 510 kilometre irtifadaki Alçak Dünya Yörüngesi'nde (LEO) 5 ila 7 yıl arasında görev yapması bekleniyor. Ortalama yörünge hızı 7,6 kilometre/saniye olan uydu Dünya'nın çevresinde günde yaklaşık 15 kez dolanacak. Uydunun yörüngedeki operasyon, telemetri-telekomut haberleşmesi, konumlandırma ve faydalı yük iletişimi kabiliyetleri test edilecek.



## Türkiye'nin Piko Uydu Takımı TAURUS

TÜBİTAK desteğiyle GUMUSH AeroSpace tarafından geliştirilen TAURUS - Tarım Uygulamalarına Yönelik Röle Uydu Sistemi özellikle altyapı kurulumunun mümkün olmadığı bölgelerde tarım, hayvancılık, sağlık, yaban hayatı ve kırsal kalkınma gibi alanlarda IoT sensörlerinden toplanan verilerin uydu üzerinden aktarılmasını sağlayacak.

Boyutları 10 cm x 10 cm x 2,7 cm ve kütlesi ise 452 gram olan uydular, SpaceX'in Bandwagon-4 görevi kapsamında dördü grup hâlinde 2 Kasım 2025'te uzaya fırlatılarak 510 kilometre irtifadaki 45 derece eğimli yörüngeye yerleşti. TAURUS ile Türkiye, 0,1U ile 0,25U boyutlarındaki (1U, 10 cm x 10 cm x 10 cm boyutlarındaki standart küp uydu modülünü ifade eder) ultra minyatür uydu sınıfında çok fonksiyonlu piko uydu geliştiren dünyadaki dördüncü ülke konumuna geldi. Aynı zamanda dünyanın en küçük ama en fonksiyonel 0.25U platformlarından birini üretmeyi başardı.

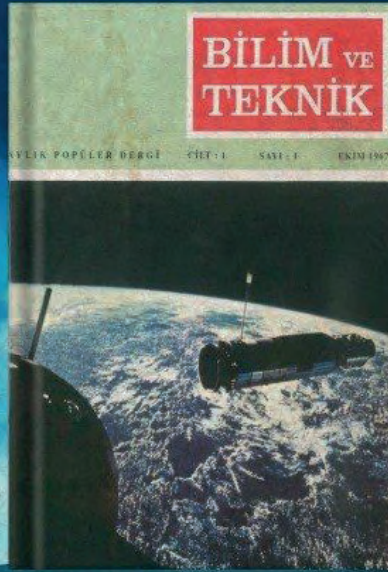


**1967'den beri**

**TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi**

*Seninle!*

**TÜRKİYE'NİN EN ÇOK SATAN POPÜLER BİLİM DERGİSİ**



T.C. SANAYİ VE  
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI

#  
MİLLİ  
TEKNOLOJİ  
HAMLESİ

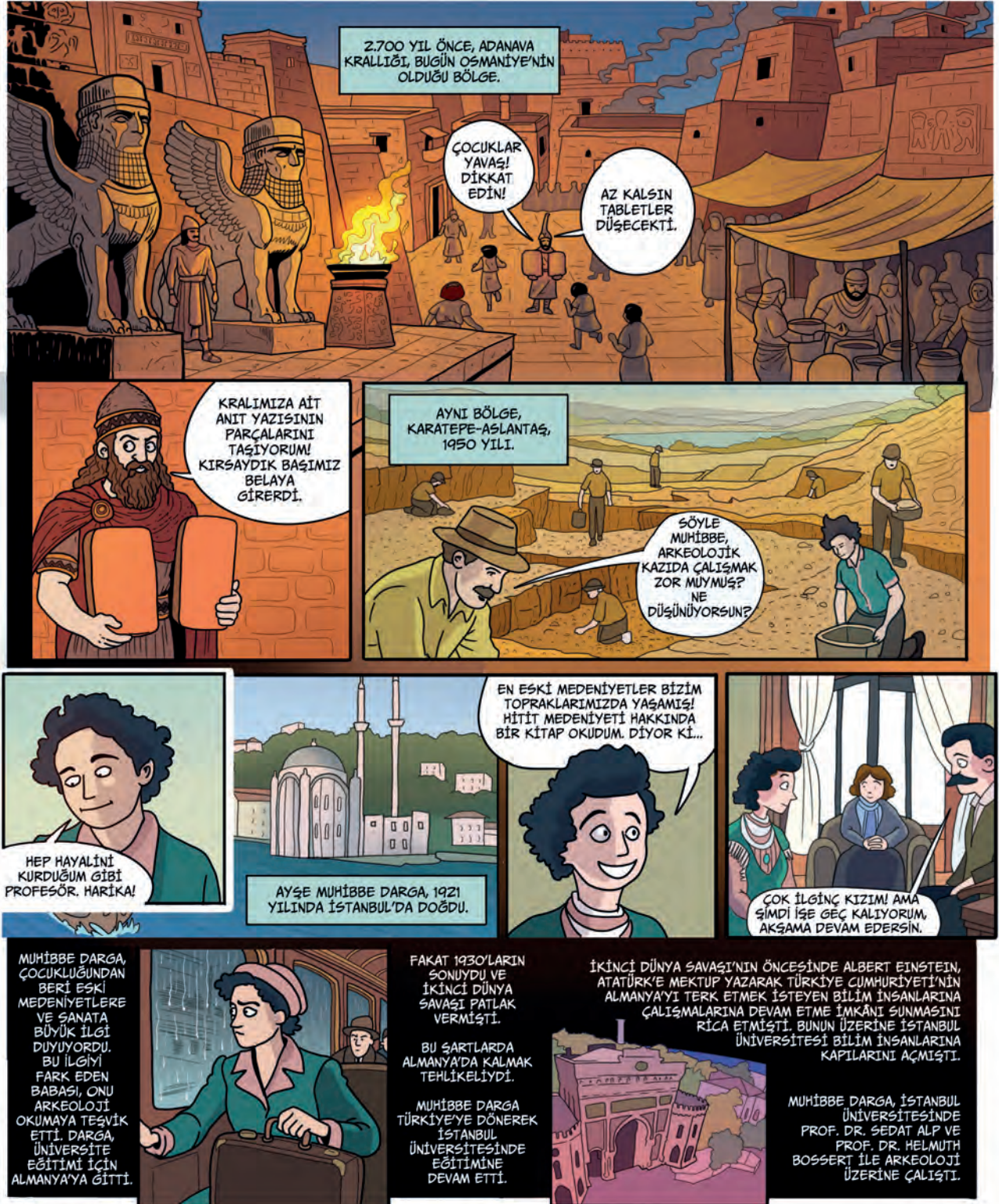


**TÜBİTAK**

# Ayşe Muhibbe Darga

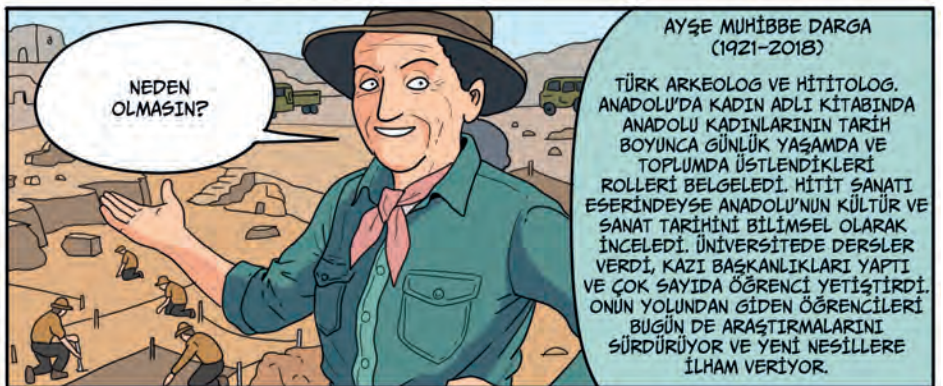
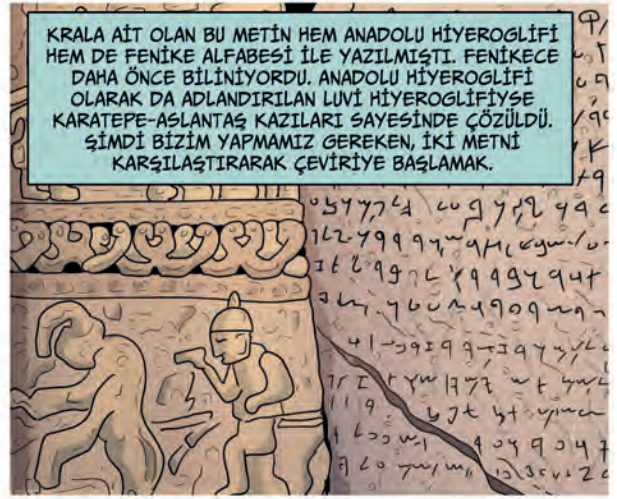
## Bilim Çizgi

Sinancan Kara [ bteknik@tubitak.gov.tr



MUHİBBE DARGA, GEÇ HİTİT DÖNEMİ ÜZERİNE UZMANLAŞTI.

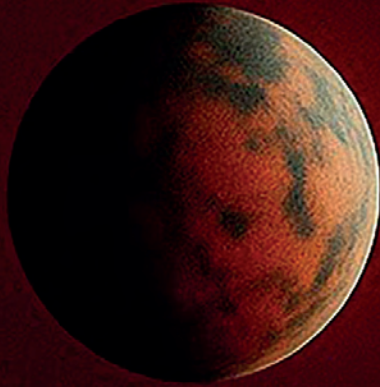
ÜNİVERSİTE EĞİTİMİNİ TAMAMLADIKTAN SONRA BİR SÜRE ÖĞRETMENLİK YAPTI.



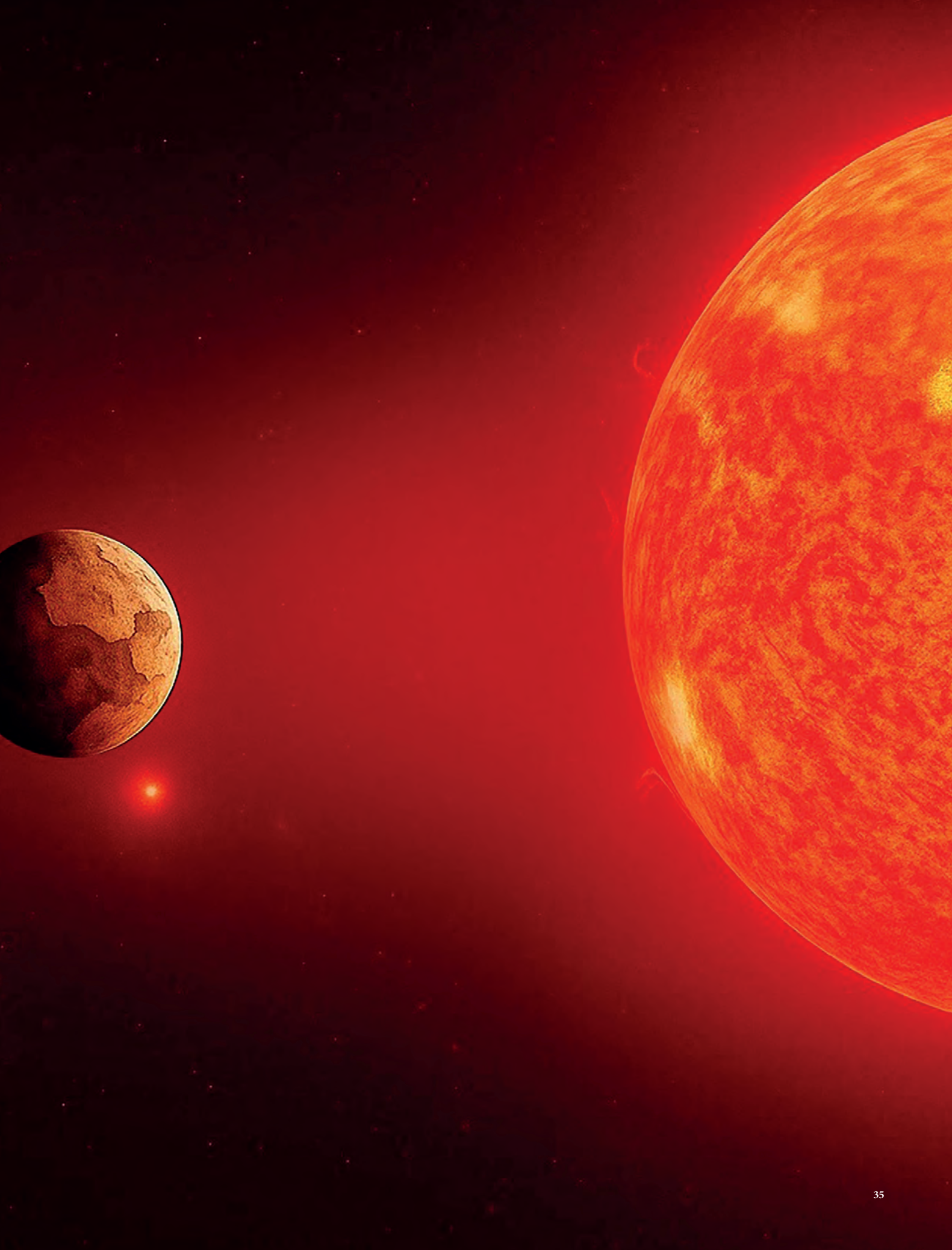
# Biri Yaşanabilir Bölgede Olan Dört Yeni Ötegezegen Keşfedildi

Arş. Gör. Selçuk Yalçınkaya, Prof. Dr. Özgür Baştürk

Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

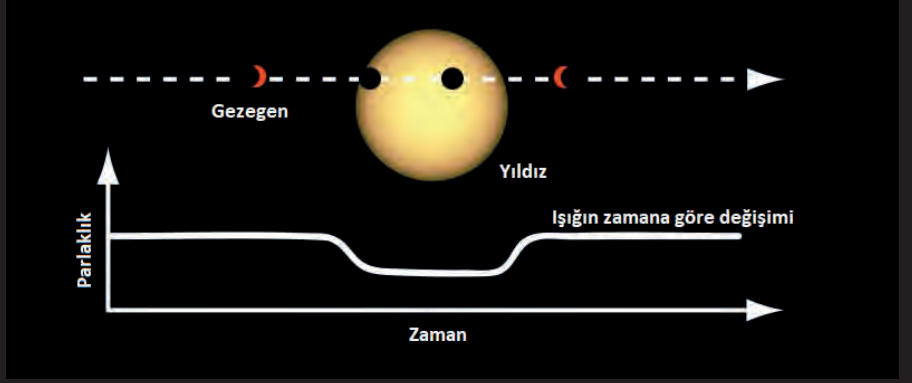


Türk bilim insanları TOI-1743, TOI-5799 ve TOI-6223 yıldızlarının etrafında dört yeni ötegezegen keşfetti. Süper Dünya olarak sınıflandırılan TOI-1743 b ötegezegeninin yarıçapı Dünya'ninkinin yaklaşık %83'ü kadar ve kayaç yapıda. Sıcak Neptün olarak sınıflandırılan TOI-6223 b ötegezegeni ise yıldızına yakın bir yörüngede dolandığı için çok sıcak. TOI-5799 yıldızının etrafında keşfedilen her iki gezegen de süper Dünya olarak sınıflandırılıyor. Bu gezegenlerden TOI-5799 b yıldızına yakın ve sıcakken, TOI-5799 c yüzeyinde suyun sıvı hâlde kalabilmesine olanak sağlayan koşulların olduğu yaşama elverişli bölgede yer alıyor.



## Gezegenlerin Geçişini Yakalayabilmek

Yıldızlar her yöne homojen bir şekilde ışına yapan ışık küreleri olarak düşünülebilir. Bir yıldız sisteminde yörünge hareketi yapan gezegenler, Dünya'ya göre yıldızın önünden geçerken yıldızdan gelen ışığın bir kısmını engeller. Bu sırada yıldızdan Dünya'ya ulaşan ışık miktarında bir azalma olur. Gezegen yıldızın önünden geçtikten sonra ise yıldızdan gelen ışık miktarı eski seviyesine ulaşır. Bu olay geçiş ya da transit olarak isimlendirilir. Işıktaki azalma miktarı gezegenin çapıyla ilişkili olduğundan bu yöntem, ötegezegenin yarıçapını yıldızın yarıçapına oranla ölçmeye olanak sağlar. Ancak gezegenin çapı yıldızinkine kıyasla çok küçük olduğundan ışık miktarındaki değişim çok düşüktür. Bu nedenle geçişin tespit edilebilmesi için ışık ölçüm (fotometri) hassasiyeti yeterli seviyede olmalıdır. Fotometrik hassasiyeti artırabilmek için daha fazla ışık toplanması gerekir. Bu, temelde gözlenen yıldızın parlaklığına ve gözlem yapılan



teleskobun büyüklüğüne bağlıdır. Dünya benzeri küçük gezegenlerin geçişini yakalayabilmek için Güneş sistemine görece yakın ve küçük yıldızlar takip edilir. Çünkü gezegenlerin görece küçük yıldızların önünden geçerken ışık miktarında neden oldukları değişim miktarı daha büyüktür.

## Ötegezegen Araştırma Uydusu TESS

2018'de NASA tarafından uzaya gönderilen Geçiş Hâlindeki Ötegezegen Araştırma Uydusu (TESS), ışığı toplayan açıklığı

10 cm çapında olan dört kameraya sahip. Her biri 24x24 derecelik bir görüş alanına sahip olan kameralar birlikte çalışarak gökyüzünde 24x96 derecelik şerit şeklinde geniş bir alanı tarayabiliyor. Bu sayede binlerce yıldızın ışığını aynı anda tespit edebiliyor. Ancak kameraların bir pikselinin gökyüzünde kapladığı alan büyük olduğundan yıldızların birbirinden ayrılması için yer tabanlı teleskopların yardımına ihtiyaç duyuluyor. TESS, geçiş yöntemiyle binlerce ötegezegen adayı belirledi. Bu adaylar yerden gözlem yapan teleskoplarla gözlemlenerek 700'den fazla ötegezegen keşfedildi.

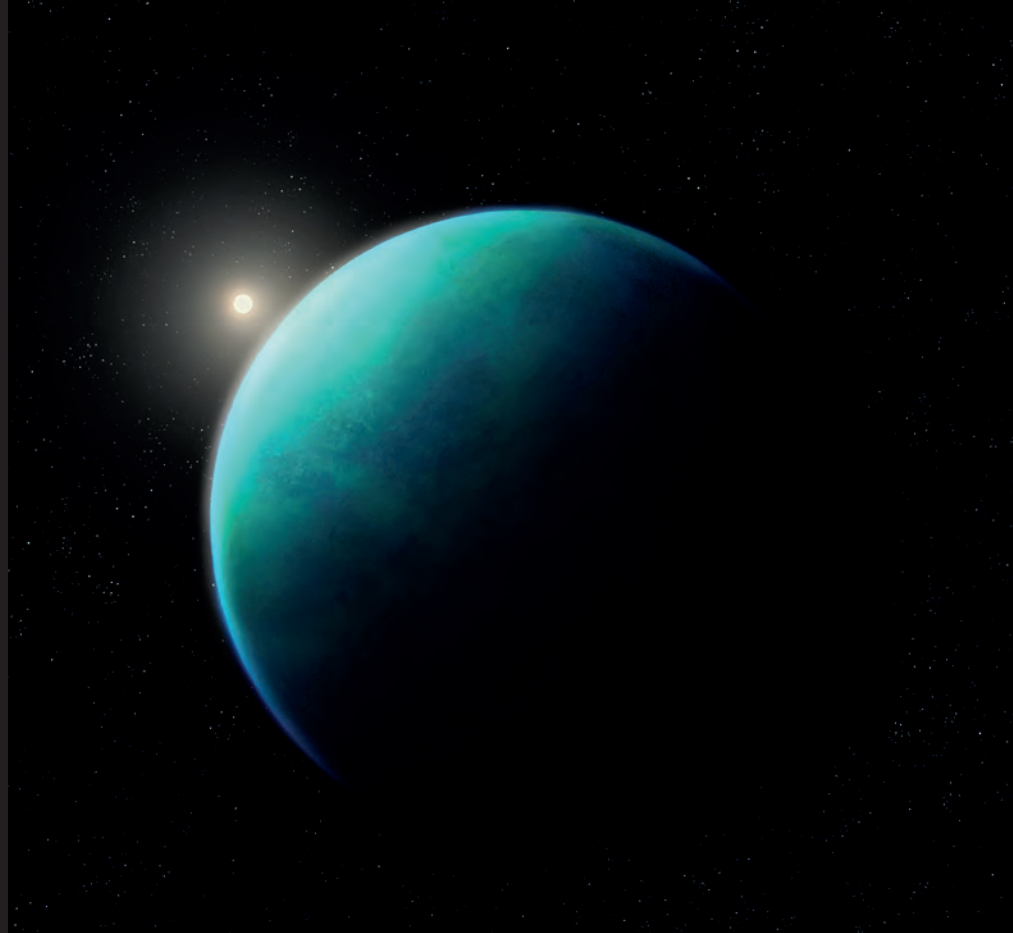


## Yaşama Elverişli Bölgedeki Ötegezegenler

Güneş sistemindeki gezegenlerin fiziksel özellikleri arasında bariz bir ayırım görülür. Güneş'e yakın gezegenler Merkür, Venüs, Dünya ve Mars küçük ve kayalık gezegenlerken görece uzak gezegenler Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün ise büyük gaz devleridir. Güneş sistemindeki gaz dev gezegenlerin en küçüğü olan Neptün'ün çapı, en büyük kayalık gezegen olan Dünya'ninkinden dört kat daha büyüktür. Bu nedenle gezegenlerin oluşumuyla ilgili ilk teoriler, Güneş sistemindeki gezegenlerin fiziksel özelliklerindeki bu farkı açıklayacak şekilde kurgulanmıştı. Oysaki şimdiye kadar keşfedilen 6.000'den fazla ötegezegenin büyük bir çoğunluğunun boyutunun Dünya ile Neptün'ün arasında kaldığı anlaşıldı. Neptün'den daha küçük çapa sahip oldukları için Neptün altı olarak sınıflandırılan bu gruptaki ötegezegenlerin farklı büyüklükteki yıldızların etrafında ve yıldızlarına farklı uzaklıklarda dolandığı görüldü. Ayrıca şimdiye kadar keşfedilen tüm Neptün altı gezegenlerin yarıçaplarının 1,3 Dünya yarıçapı ve 2,5 Dünya yarıçapı olmak üzere iki farklı dağılım

gösterdiği gözlemlendi. Bu nedenle yarıçapı 1,3 Dünya yarıçapı civarında olan gezegenler boyut olarak Dünya'dan daha büyük ve kayalık olmaları sebebiyle süper Dünya, yarıçapı 2,5 Dünya yarıçapı civarında olanlar ise boyut olarak Neptün'den küçük ve kalın bir atmosfere sahip olmaları nedeniyle mini Neptün olarak isimlendirilir. Süper Dünya ve mini Neptün gezegenler yoğunluklarına göre değerlendirildiğinde ise üçüncü bir ara gezegen grubun daha olduğu anlaşılır. Yoğunlukları kayalık gezegenlerden daha

düşük ancak gaz gezegenlerden daha yüksek olan bu gruptaki gezegenler, su ile benzer yoğunluğa sahiptir. Yüzeyi derin okyanuslarla kaplı ancak ince bir atmosfere sahip olduğu düşünülen bu tür gezegenler su Dünyaları olarak adlandırılır. Dünya dışı yaşam arayışlarında sıvı hâldeki suyun varlığı önemli bir gösterge olduğundan bu tür gezegenlerde yaşam olabileceği düşünülür. Ancak bunun için gezegenlerin öncelikle yıldızlarının etrafında yaşama elverişli bölgede bulunmaları gerekir.



Yaşanabilir bölge, bir yıldızın etrafında suyun sıvı hâlde kalabileceği bir uzaklık aralığı olarak tanımlanır. Yıldızın her yöne eş miktarda ışınım yaptığı ve gezegene ulaşan toplam enerjinin gezegeni verimli bir şekilde ısıttığı varsayıldığında, gezegenin hesaplanan yüzey sıcaklığı suyun sıvı hâlde bulunabileceği sıcaklık aralığında ise gezegen yaşama elverişli bölge sınırları içerisinde dir.

Bir gezegende yaşam olabilmesi için kayaç bir yüzeyinin olması ve yaşamı destekleyebilecek bir atmosferinin bulunması gerekir. Eğer gezegen Venüs gibi bol miktarda sera gazları barındırıyor ise yüzey sıcaklığı hesaplanan denge sıcaklığından daha yüksek olabileceği gibi atmosferinin üst katmanlarında yansıtıcılığı yüksek bulutlar varsa hesaplanan değerden daha düşük de olabilir. Bu nedenle bir gezegenin yaşama elverişli bölgede olması, o gezegende yaşam olması için tek başına yeterli değildir. Eğer bir ötegezegende yaşam varsa o gezegenin atmosferinde yaşama dair izlerin bulunması beklenir. Örneğin Dünya'nın atmosferinde bulunan oksijen, yeryüzündeki fotosentez yapan canlılar tarafından üretilip atmosfere salınır. Bu süreç gerçekleşmeseydi oksijen

moleküllü atmosferde serbest hâlde var olamaz, diğer atom ve moleküllerle tepkimeye girerek farklı bileşiklerin içinde yer alırdı. Yaşamın varlığına işaret eden ve gözlemlerle tespit edilebilen bu tür belirtilere biyolojik iz, kısaca biyoiz denir. Gezegen ya da uydu gözlemlerinde biyoizlerin tespit edilmesi durumunda evrende Dünya dışında da yaşam olduğuna ilişkin güçlü bir bulguya ulaşılmış olacak.

Şimdiye kadar keşfedilen ötegezegenlerin dörtte üçü geçiş yöntemiyle keşfedildi. Bu yöntem yıldızına yakın olduğu için yörünge periyodu (yıldız etrafındaki yörüngesini tamamlama süresi) kısa olan ötegezegenleri tespit etmek için daha elverişlidir. Dolayısıyla keşfedilen ötegezegenlerin çok önemli bir bölümü yıldızın yaşama elverişli bölgesinde değildir. Yaşama elverişli bölgede bulunan ötegezegenlerin büyük bir çoğunluğu Dünya'dan çok uzak sistemler olduğu için bugünkü teknolojiler ile atmosferik özelliklerinin yeterli hassasiyette incelenmesi mümkün değildir.

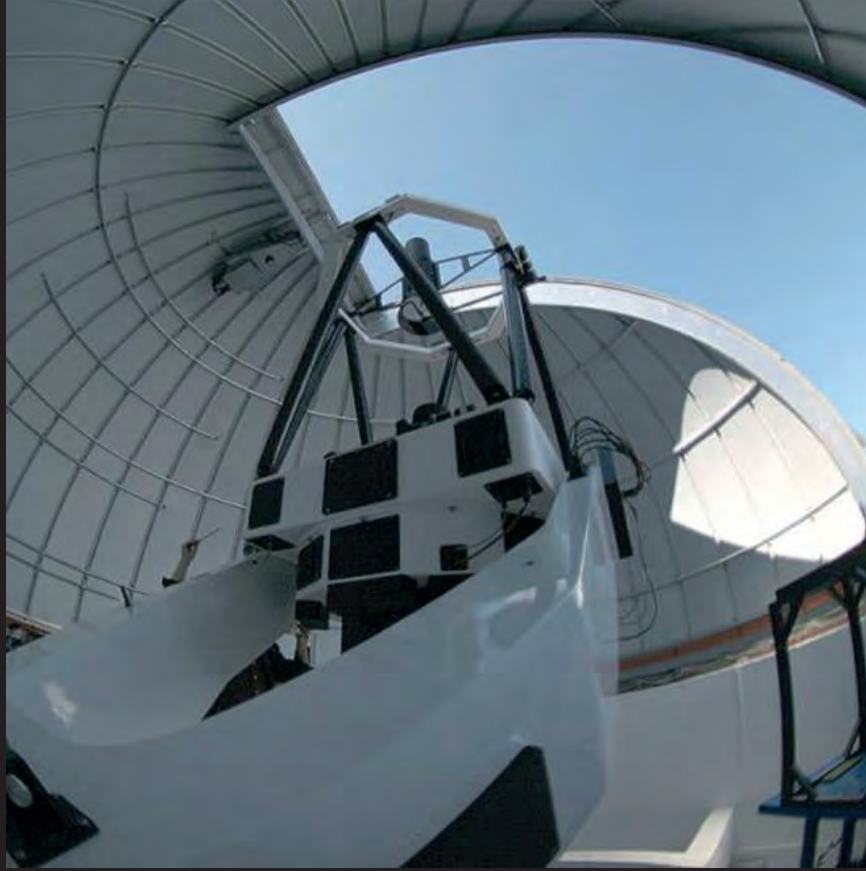
Güneş'ten daha küçük kütleli ve daha soğuk olan M-cüceleri sınıfındaki yıldızlar bu tür araştırmalar için idealdir. Gök adamızda çok fazla sayıda bulunan bu tür yıldızların

sıcaklıkları düşük olduğu için yaşama elverişli bölgeleri, Güneş sistemindekine kıyasla yıldızına çok daha yakındır.

M tayf türünden cüce yıldızların etrafında dolanan gezegenler, yörünge periyotları kısa olduğundan geçiş yöntemiyle tespit edilmek için elverişlidir. Bu tür yıldızların yaşama elverişli bölgesindeki ötegezegenler, atmosferlerinin incelenmesine yönelik çalışmalar açısından da avantajlıdır. Çünkü bir M-cücesinin önünden geçen gezegen, yıldızdan gelen ışığı daha fazla engeller. Bu nedenle gezegenin atmosferiyle etkileşen sinyal daha güçlü olacağı için atmosferin bileşimindeki gazlar hakkında daha ayrıntılı bilgi elde edilebilir.

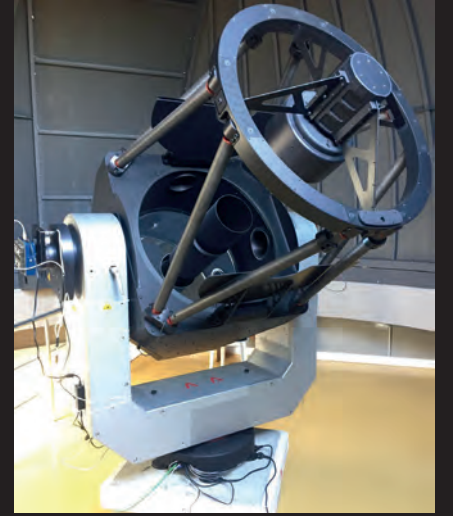
## **Türk Bilim İnsanlarının Keşfettiği Yeni Ötegezegenler**

Türk bilim insanları tarafından keşfedilen yeni ötegezegenlerin etrafında dolandığı TOI-1743, TOI-5799 ve TOI-6223 yıldızlarının çapı Güneş'in yarıçapının yaklaşık üçte biri kadar ve M-cüceleri sınıfında yer alıyorlar. Yüzey sıcaklıkları ise sırasıyla 3277 K, 3452 K ve 3895 K. TESS uzay teleskobu, bu yıldızların olduğu bölgelerde geçiş sinyali



Türkiye Ulusal Gözlemleri'nin  
Antalya yerleşkesinde bulunan  
TUG100 teleskobu

Ankara Üniversitesi  
Kreiken Rasathanesinde  
bulunan Prof. Dr. Berahitdin  
Albayrak T80 teleskobu



tespit etti. Ancak teleskobun ayırma gücü yani çözünürlüğü bu sinyalin tam olarak hangi yıldızdan geldiğini tespit etmek için yeterli değildi. Bu nedenle araştırmacılar, Türkiye Ulusal Gözlemleri'nin Antalya yerleşkesinde bulunan 1 metre çaplı TUG100 teleskobu ve Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesinde (AUKR) bulunan 0,8 metre çaplı T80 teleskobu ile bu bölgeleri ötegezegen adaylarının geçişleri sırasında yüksek çözünürlükle gözlemledi. Bu sayede sinyalin hangi yıldızlardan geldiği tespit edildi. Ancak bir ötegezegen geçişi kaynaklıymış gibi görünen bu sinyaller, başka bir astrofiziksel olayla da bağlantılı olabilirdi.

Örneğin hedef yıldızlardan çok daha uzakta, aynı görüş doğrultusunda birbirini örten bir çift yıldız sistemi de böyle bir sinyale neden olabilir.

Araştırmacılar geçiş dışındaki olasılıkları teker teker eleayabilmek için farklı gözlemler ve analizler gerçekleştirdi. Arka planda bir yıldız sistemi olup olmadığını belirleyebilmek için bu alanların 1951 yılından itibaren çekilmiş görüntüleri incelendi. Bu görüntülerde hedef yıldızların öz hareketleri (gök küresi üzerinde konumunun zamanla değişmesi) nedeniyle şimdikinden farklı konumda olduğu belirlendi. Bu sayede geçiş sinyalinin

tespit edildiği bölgede, görüş doğrultusunda başka bir yıldız olmadığı tespit edilmiş oldu.

Ayrıca Dünya'nun atmosferinin yıldızlardan gelen ışık üzerindeki bozucu etkisini giderebilen adaptif optik sistemli teleskoplar sayesinde yıldızların çok yüksek çözünürlüklü görüntüleri elde edilebildi. Bu görüntülerde bir yıldız veya yıldız altı cisme (kahverengi cüce olarak da isimlendirilir) rastlanmadı. Hedef yıldızlara kütle çekimsel olarak bağlı olacak kadar yakın olduğu için yüksek çözünürlüklü görüntülerde ayrı ayrı görülemeyecek ışık kaynaklarının varlığını araştırmak için yurt

dışında bulunan teleskoplarla tayfsal gözlemler gerçekleştirildi. Bu gözlemler sayesinde hedef yıldızlara, ortak kütle merkezi etrafında dolanan ikili sistemlerde görülene benzer şekilde yörünge hareketi yaptırabilecek yıldız veya yıldız altı cisimlerin olmadığı ispatlandı.

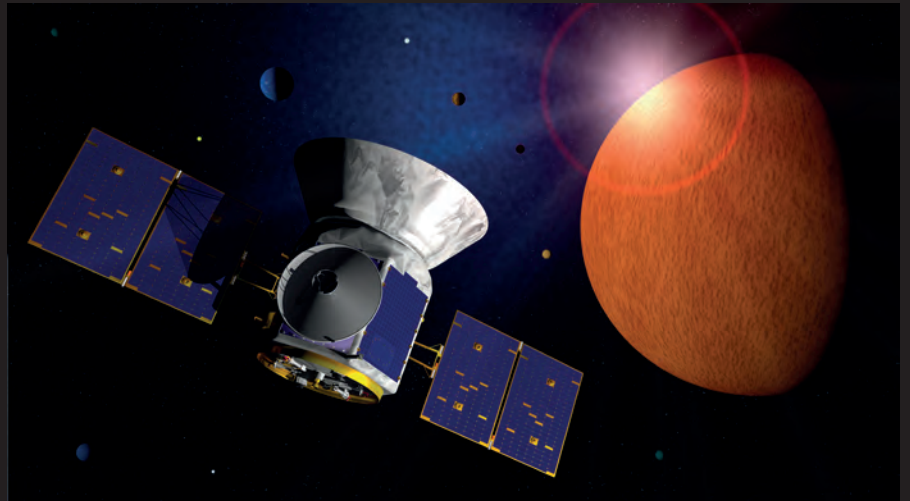
Geçiş sırasında gezegenlerin yıldızı tarafından doğrudan aydınlatılmayan tarafı bize dönüktür ve gezegenlerin bu kısmından gelen ışık miktarı ihmal edilecek kadar azdır. Bu nedenle TESS verilerinde geçiş derinliği (geçiş sırasında yıldızdan gelen ışık miktarındaki toplam azalma), gözlemin hangi dalga boyunda yapıldığına bağlı değildir, sadece gezegen çapının yıldızınkine oranıyla ilişkilidir. Gezegenler yörüngelerinde düzenli olarak dolandıkları için geçiş olayı sırasında tespit edilen sinyaller periyodiktir. Bu sayede Dünya'nın dört bir yanında bulunan teleskoplarla ötegezegen adaylarının geçişlerini farklı dalga boylarında tekrar tekrar gözlemlenerek geçiş derinliğinin gözlem yapılan dalga boyuna bağlı olarak değişmediği ispatlandı.

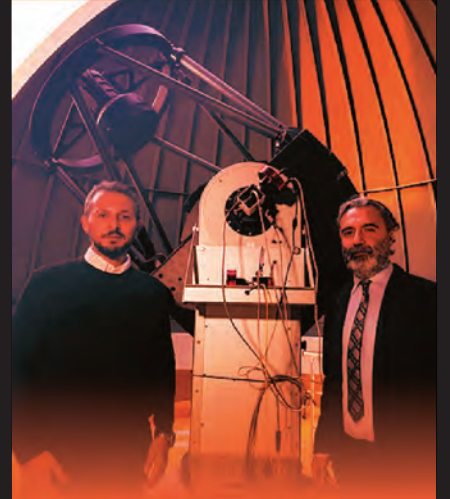
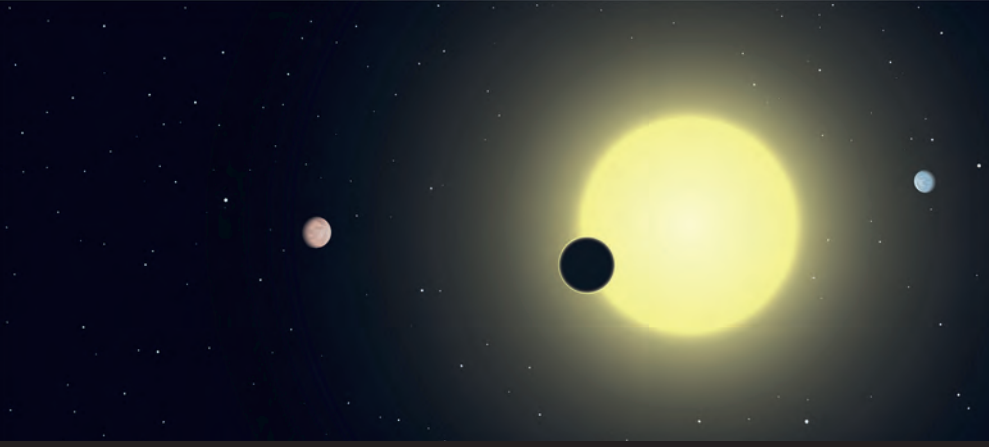
Sonuçta 20 farklı teleskop ve farklı gözlem yöntemleri ile elde edilen veriler kullanılarak sinyalin gerçekten bir ötegezegen geçişinden kaynaklandığı doğrulandı.

Elde edilen gözlemsel veriler, astrofiziksel modellerle birlikte değerlendirilerek hem keşfedilen ötegezegenlerin hem de etrafında dolandıkları yıldızların sıcaklık, kütle ve yarıçap gibi özellikleri ve yörünge parametreleri belirlendi. Buna göre TOI-6223 b gezegeninin bir yılının 3,86 Dünya günü, yarıçapının ise Dünya'nunkinin 5 katı olduğu anlaşıldı. Yüze sıcaklığının ise 441 °C olduğu hesaplandı. Görece büyük boyutu nedeniyle bu ötegezegenin kalın bir atmosferi olduğu düşünülüyor. Ancak bu tür gaz ötegezegenler yıldızlarına çok yakın olduğundan şiddetli morötesi ışıma ve yüksek enerjili parçacıklara maruz kalır. Bu nedenle genellikle atmosferlerini kaybederler ve geriye sadece yaklaşık Dünya boyutlarındaki katı kısım kalır. Bu nedenle TOI-6223 b gibi gezegenler oldukça nadirdir.

Yıldızı etrafındaki bir turunu 4,27 Dünya günde tamamlayan TOI-1743 b'nin yarıçapı Dünya'nunkinin %83'ü kadar ve yüze sıcaklığı 212 °C. Süper Dünya sınıfında bir ötegezegen olan TOI-1743 b'nin nerede ve nasıl oluştuğu net değil. Yıldızına daha uzakta Neptün benzeri bir gezegen olarak oluştuğundan sonra yıldız sisteminin iç kısımlarına doğru göç ederek bir sıcak Neptün'e dönüşmüş ve daha sonra atmosferini kaybetmiş ya da doğrudan atmosfersiz bir şekilde, şu an bulunduğu konumda oluşmuş olabilir. Eğer bu gezegenin atmosferi gözlenebilirse nerede ve nasıl oluştuğu da çözülebilecek.

TOI-5799 sisteminde ise iki gezegen keşfedildi. Bunlardan yıldızına yakın olan TOI-5799 b, TOI-1743 b ile benzer özelliklere sahip. Yıldızının etrafındaki





bir turunu 4,2 Dünya gününde tamamlayan ve yüzey sıcaklığı 232 °C olan bu gezegenin yaşam barındırma ihtimali yok. TOI-5799 b tespit edildikten sonra TESS verilerinde bu sistemde geçiş yapan başka bir gezegen daha olabileceğine dair bulgular elde edildi. TUG100 ve T80 teleskoplarıyla yapılan gözlemler sonucu bu sinyalin bir gezegen geçişinden kaynaklandığı doğrulandı. Ancak TOI-5799 c adı verilen bu gezegenin yörünge periyodu, yeni keşfedilen diğer gezegenlere göre daha uzun. TOI-5799 c, yıldızının etrafındaki bir turunu 14 Dünya gününde tamamlıyor ve yüzey sıcaklığı 64 °C. Yani yıldızının yaşama elverişli bölgesinin iç sınırında yer alıyor. Sistemde bulunan her iki gezegenin yarıçapları yaklaşık olarak aynı ve Dünya'nunkinin yaklaşık %74'ü kadar. Güneş sistemindeki gezegenler gibi bu iki gezegenin yörüngeleri de yaklaşık olarak aynı düzlemde. Bu durum TOI-5799 b ve TOI-5799 c'nin yıldızlarının oluşumundan arta kalan disk şeklindeki materyalde ve yıldızlarıyla hemen hemen aynı zamanda oluştuklarını gösteriyor.

Neptün altı ötegezegenlerin yarıçapları, 1,3 Dünya yarıçapı ve 2,5 Dünya yarıçapı olmak üzere çift tepeli bir dağılım gösteriyor. Bu iki tepenin arası "yarıçap vadisi" olarak adlandırılıyor. Yarıçapı yaklaşık 1,7 Dünya yarıçapı civarında olan gezegenlerin son derece seyrek olmasının nedenini açıklamak için önerilen birçok farklı teori bulunuyor. Yarıçap vadisinde bulunan gezegenlerin yoğunlukları ölçülerek ve atmosferleri incelenerek bu teoriler test edilebiliyor.

Yeni keşfedilen TOI-1743 b, TOI-5799 b ve TOI-5799 c ötegezegenleri yarıçap vadisinde bulunan nadir gezegenler arasında yer alıyor.

Kütle, yarıçap, yoğunluk gibi fiziksel özellikleri bilinen bu sistemlerin gelecekte yapılacak çalışmalar ile hassas yoğunluk ölçümleri ve atmosfer analizleri yapılabilir. Bu sayede yarıçap vadisini şekillendiren mekanizmaların anlatılmasına ışık tutabilir. ■

Bu önemli ötegezegenin keşif çalışmasına liderlik eden Türk gök bilimciler olarak, TUG100 ve T80 teleskoplarını bu amaçla kullanmamıza izin veren akademik kurul üyelerine, gözlemlerin gerçekleştirilmesinde bize destek veren Türkiye Ulusal Gözlemevleri ve Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi çalışanlarına teşekkürü bir borç biliriz.

Ayrıca bu çalışmayı TÜBİTAK 2214-A Yurt Dışı Doktora Sonrası Araştırma Burs Programı kapsamında destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi'ne kazandırdığı olanaklarla bu keşiflere yaptığı katkılarından dolayı adı T80 teleskobuna verilen Prof. Dr. Berahitdin Albayrak Hocamızı rahmet ve saygıyla anıyoruz.

# Anadolu'nun Kayıp Hatay Sarısı İpeği Yeniden Dokunuyor

Hayriye Yetiş Avcı [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Hatay'ın Defne ilçesinde nesli tükenme tehlikesiyle karşı karşıya olan *Hatay sarısı* ipek böceğinin yetiştiriciliğini yapan Emel Duman, 6 Şubat 2023 depremlerinde yumurtalarının büyük bir kısmını kaybetmişti. Buzdolabında sakladığı bir avuç yumurtayla *Hatay sarısı* ipeğini yeniden üretime kazandıran Duman, bu ipeğin coğrafi işaret tescil belgesi almasına öncülük etti.



**H**atay sarısı ipek böceği (*Bombyx mori* L.), yaklaşık 50 yıl öncesine kadar ipek üreticileri tarafından yaygın olarak yetiştirilen bir türdü. Ülkemizde uzun yıllar boyunca ipek böceği yetiştiricilerinin sadece beyaz koza ören türe odaklanmış olması, bu türün neslini tükenme tehlikesiyle karşı karşıya getirdi. Kendine özgü rengiyle ön plana çıkan *Hatay sarısı* ipek böceği yetiştiriciliğinin, Emel Duman'ın azmi ve bilim insanlarımızın desteği sayesinde yeniden yaygın hâle getirilmesi amaçlanıyor.

Ninesinden öğrendiği ipekçilik geleneğini yıllardır sürdüren Duman, çocukluk zamanlarından hatırladığı *Hatay sarısı* ipek böceklerini yıllar önce köyleri gezerek yaşlı bir ipekçiden temin etmiş. Evine getirdiği *Hatay sarısı* ipek böceği kozalarının bakımını büyük bir titizlikle sürdürüp

bodrum katını âdeta bir ipek böceği yuvasına dönüştürmüş ve ipek böceği yetiştirmeye başlamış.

Duman'ın bu çabasından haberdar olan akademisyenler *Hatay sarısı* ipek böceği türünün devamını sağlamak için birlikte çalışmaya başladı. Bu kapsamda 2020 yılından itibaren Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi ve İzmir Ekonomi Üniversitesinden alanında uzman bilim insanlarının ortak çalışmasıyla *Hatay sarısı* ipek böceğinin yumurtadan kelebeğe dönüşene kadarki tüm yaşam evreleri hem biyolojik hem de morfolojik açıdan mercek altına alındı. Böylece türün doğal yaşam döngüsünü tamamlamasına ve kelebeklerin kozalarından ayrılmasına izin verilerek Türkiye'de ilk kez bilimsel bir yaklaşımla ve gözlem altında ipek böceği yetiştiriciliği yapılmış oldu.

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Feza Can, *Hatay sarısı* ipek böceğiyle ilgili bilimsel çalışmaların yıllar önce yapıldığını fakat çok az bilgiyle sınırlı kaldığını belirtiyor. Gerçekleştirdikleri çalışmaların sonuçlarını ise heyecan verici olarak değerlendiriyor. Güncel çalışmada elde edilen en ilgi çekici sonuçlardan biri yılda bir kez döl verdiği düşünülen *Hatay sarısı* ipek böceğinin uygun koşullar sağlandığında yılda iki kez döl verebildiğinin belirlenmesi oldu. Bu da ipek böceğinden yılda iki kez

koza elde etmek anlamına geliyor. Ayrıca önceki araştırmalarda *Hatay sarısı* ipek böceğinin kozasının rengi kavuniçi olarak belirtilmiş. Yeni yapılan çalışmada ise bu türün krem renginden turuncuya kadar değişen yaklaşık 20 farklı renk tonunda koza örebildiği tespit edilmiş. Kültürel bir miras olarak değerlendirilen *Hatay sarısı* ipek böceği, *Bursa Beyazı Alaca* ve *Bursa Beyazı* ipek böceğinden sonra üçüncü yerel ipek böceği ırkı olarak tanımlanıyor. 1 kilogram *Hatay sarısı* ipek böceği kozası kurutulduğunda 5 ila 10 metre boyunda kumaş elde edilebiliyor.

Bilim insanlarımızın elde ettiği bilgileri geçmişe dayalı tecrübeleriyle birleştiren Emel Duman, *Hatay sarısı* ipek böceğini yetiştirmeye başladığı ilk yıl evinin bodrum katındaki 30 metrekaarelik alanda 75 kilogram koza elde etmişti. Sonraki yıl ise üretim yaptığı alanı 100 metrekaareye çıkararak yaklaşık 270 kilogram koza elde edebildi. Verimin artmasında akademisyenlerin desteğiyle larvalarda görülen hastalık etmenlerine karşı önlemler alınması ve ipek böceklerinin büyümesi için uygun ışık, sıcaklık ve nem koşullarının sağlanması etkili oldu.

6 Şubat 2023 depremlerine kadar ipek böceği yetiştiriciliğinde önemli ilerlemeler sağladıklarını

belirten Duman ne yazık ki depremlerden sonra böcek yumurtalarının %95'ini kaybetmiş. Emeklerinin boşa gittiğini düşündüğü anda aklına buzdolabında sakladığı yumurtalar gelmiş. Az bir miktar yumurtayla *Hatay sarısı* ipek böceğinin yetiştiriciliğine yeniden başlayan Duman, verimli bir yıl geçirdiklerini belirtiyor.

Ardından *Hatay sarısı* ipeğine coğrafi işaret tescil belgesi verilmesi için Prof. Dr. Feza Can'ın yürütücülüğünde hazırladıkları projeyi Hatay Valiliği ve Mustafa Kemal Üniversitesi ile birlikte Türk Patent ve Marka Kurumuna sundular. Proje başvurusunun kabul edilmesi sonucunda *Hatay sarısı* ipeği Hatay'ın coğrafi işaretle tescillenen ürünleri arasında yer almayı başardı.

Coğrafi işaret tescil belgesi sayesinde *Hatay sarısı* ipeğinin tüm üretim süreçleri kontrol altında tutulabilecek. Böylece *Hatay sarısı* ipek böceği yetiştiriciliğinin yaygınlaşması amaçlanarak bir yandan kırsal kalkınma desteklenirken bir yandan da önemli bir kültürel değer korunmuş olacak. *Hatay sarısı* ipek böceğinden üretilen kumaşların ileride hem yurt içinde hem de yurt dışında büyük rağbet görmesi bekleniyor. ■

## Kaynaklar

<https://doi.org/10.37908/mkutbd.860085>

<https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/depremden-kurtardigi-bocek-yumurtalariyla-hatay-sarisi-ipegine-tescil-kazandirdi/3710948>

# Kutuplardan Yükselen Bilgi Geleceğe Yön Veriyor

Dr. Özlem Ak [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

## 9. Ulusal Kutup Bilimleri Sempozyumu ve 5. Kutup Şenliği Tamamlandı

TÜBİTAK Kutup Araştırmaları Enstitüsü (KARE) koordinasyonunda 2019'dan bu yana düzenlenen Ulusal Kutup Bilimleri Sempozyumu, Türk araştırmacıların Antarktika ve Arktik bölgelerinde yürüttükleri çalışmaları paylaşmalarına, yeni projeler geliştirmelerine ve uluslararası iş birliklerini güçlendirmelerine zemin hazırlıyor. Her yıl eş zamanlı düzenlenen Kutup Şenliği ise bilimi laboratuvarlardan çıkararak toplumla buluşturmayı, eğitimin ve yenilikçi özgün düşünmenin bilimin bir parçası olabileceğini göstermeyi amaçlıyor.



### **Prof. Dr. Burcu Özsoy'un Açılış Vurgusu**

TÜBİTAK MAM Başkanı ve TÜBİTAK KARE Müdürü Prof. Dr. Burcu Özsoy, açılış konuşmasında Türkiye'nin son yıllarda kutup araştırmalarında kaydettiği ilerlemeyi değerlendirdi. Kutupların yalnızca iklim sistemindeki değişimleri anlamak için değil, kutuplardaki zorlu koşullarda bilimsel çalışmaların yürütülmesine yönelik teknolojik çözümler geliştirmek açısından da stratejik öneme sahip olduğunu vurgulayan Özsoy, Antarktika'daki Türk Bilim Üssü'nün ülkemizin bu doğrultudaki uzun vadeli hedefinin somut göstergesi olduğunu belirtti.

### **Türkiye'nin Ulusal Kutup Bilim Stratejisi (2023–2035)**

Türkiye'de kutup araştırmalarının yol haritası, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı koordinasyonunda hazırlanan ve TÜBİTAK KARE tarafından yürütülen Ulusal Kutup Bilim Stratejisi ile belirleniyor.



9. Ulusal Kutup Bilimleri Sempozyumu ve 5. Kutup Şenliği, 5-6 Kasım 2025'te Ege Üniversitesinin ev sahipliğinde hem yüz yüze hem çevrim içi olarak gerçekleştirildi. Etkinlik, Türkiye'nin kutup araştırmalarındaki birikimini geniş kitlelerle buluştururken kampüsü iki gün boyunca kutup araştırmalarının merkezine dönüştürdü. Türkiye'nin 9. Antarktika ve 5. Arktik bilim seferlerinin ardından düzenlenen bu buluşma, kutuplarda elde edilen verilerin disiplinler arası yaklaşımla paylaşılmasını sağladı.

Sempozyum ve şenlik sırasında, Antarktika ve Arktik ulusal bilim seferlerinde hem sahada hem de yönetim ekibinde görev alan, aynı zamanda TÜBİTAK'ın kutup ve iklim projelerinde derece alan

lise öğrencilerine rehberlik eden TÜBİTAK KARE'den Dr. Sinan Yirmibeşoğlu ile yaptığımız görüşme, Türkiye'nin kutuplardaki bilimsel yolculuğunun yalnızca veri toplamakla sınırlı kalmadığını; gençleri bilim, sanat ve teknolojiyle buluşturan dinamik bir bilim ekosistemine dönüştüğünü ortaya koydu.

## Bilim ve Sanatın Buluştuğu Şenlik

Kutup Şenliği kurulan çadırlar, atölyeler ve açık hava etkinlikleriyle bilimi, sanatı ve eğitimi bir araya getirdi. Ege Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi öğrencilerinin müzik performansları ve kutup temalı sergiler, bilimin sanatsal ifade biçimleriyle aktarılmasına bir örnek oluşturdu. Arktik

## Sosyal Bilimlerin Kutuplardaki Rolü

Kutuplar yalnızca doğa bilimleri için değil, sosyal bilimler için de bir araştırma alanı. Prof. Dr. Hayriye Elbi ve ekibi, Antarktika'daki izolasyon koşullarında görev yapan bilim insanlarının ruh hâli, karar süreçleri ve uyku düzenini inceliyor. Bu çalışmalar, gelecekteki uzay görevleri için de değerli veriler sağlıyor.

seferine katılan lise öğrencisinin çizimlerinden oluşan sergi, genç kuşakların bilimi farklı disiplinlerle harmanlama potansiyelini gösterdi. Şenlik ayrıca yıl boyunca kutup temalı projelerde yer alan ilkokuldan üniversiteye kadar pek çok öğrencinin çalışmalarına da ev sahipliği yaptı.



## Disiplinler Arası Bilim

Sempozyumun bilimsel oturumları dört ana başlıkta gerçekleşti: sosyal ve beşerî bilimler, yaşam bilimleri, yer bilimleri ve fiziki bilimler.

Sempozyumda Antarktika'daki mikroorganizmalardan levha hareketlerine, Küresel Seyrüsefer Uydu Sistemi (GNSS) verilerinden yeni haritalama teknolojilerine kadar pek çok araştırmanın sonuçlarına ilişkin bildirimler sunuldu. En dikkat çekici nokta, disiplinler arası yaklaşımın artık bir tercih değil, bilim kültürünün parçası hâline gelmesiydi.

Ulusal bilim seferleri kapsamında Antarktika'dan toplanan veriler, Turkish Polar Data Center adlı veri sistemi aracılığıyla uluslararası boyutta tüm araştırmacıların erişimine sunuluyor. Yapay zekâ destekli modeller kullanılarak bu verilerden iklim değişikliğine dair eğilimler ve deniz seviyesi artışı ile ilgili tahminler üretiliyor. Bu veriler, kutuplarda gözlenen değişimlerin yalnızca bölgesel değil, küresel ekosistemi etkileyen bir dönüşümün göstergesi olduğunu ortaya koyuyor. Bu kapsamda

UNESCO ve Birleşmiş Milletler, küresel iklim değişikliğinin ve eriyen buzulların dünya ekosistemi üzerindeki etkilerine dikkat çekmek amacıyla 2025 yılını "Uluslararası Buzulların Korunması Yılı" ilan etti. (*Bilim ve Teknik*'in Mart 2025 sayısında yayımlanan 2025 Uluslararası Buzulların Korunması Yılı – Buzullar Geleceğimiz İçin Neden Önemli? yazısına kare kodu akıllı cihazlarınıza okutarak ulaşabilirsiniz.)



Bir sonraki sempozyumun nerede yapılacağı henüz açıklanmadı. Ancak amaç aynı: Kutuplarda elde edilen bilgiyi bilimin rehberliğinde geleceğe taşımak. ■

## Türkiye'nin Kutuplardaki Konumu

Türkiye'nin kutup bölgelerinde bilimsel varlık oluşturma hedefiyle 2017'de başlatılan ulusal vizyonu artık uluslararası bir kimlik kazandı. Türkiye, Avrupa Kutup Kurulu (EPB) ve Antarktika Araştırmaları Bilimsel Komitesi (SCAR) üyelikleriyle küresel kutup araştırmalarında aktif rol üstleniyor. Antarktika'daki Horseshoe Adası'nda kurulan Türk Bilim Üssü, bu varlığın kalıcı sembolü hâline geldi. 2023-2035 Ulusal Kutup Bilim Stratejisi'nin temel hedeflerinden biri, Türkiye'nin Antarktika Anlaşması çerçevesinde danışman üye statüsüne sahip ülkeler arasına girmesi.



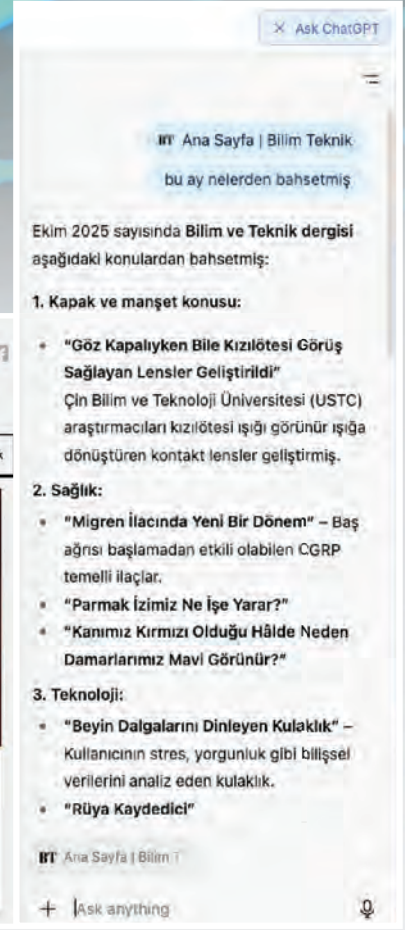
# Tekno Yaşam

Gürkan Caner Birer [ [teknoyasam@tubitak.gov.tr](mailto:teknoyasam@tubitak.gov.tr) ]

## ChatGPT Atlas

OpenAI, ChatGPT Atlas adlı yeni nesil web tarayıcısını tanıttı. Atlas, geleneksel bir tarayıcıyı yapay zekâ destekli bir asistanla bütünleştiriyor. Kullanıcıları, aradıkları bilgilerin bulunduğu sayfalara yönlendiren geleneksel tarayıcılardan farklı olarak Atlas, sayfa içeriğini otomatik olarak analiz edip kullanıcıların sayfada ne yapmak istediğini tahmin ederek görevleri yerine getirebiliyor. Örneğin sayfadaki bilgileri özetleyebiliyor, formları doldurabiliyor ya da alışveriş sepetine ürün ekleyebiliyor ve bu işlemleri sayfadan ayrılmadan doğrudan tarayıcı içinde yürütüyor.

Atlas'ın tarayıcı hafızası özelliği kullanıcının geçmişte ziyaret ettiği sayfalardaki önemli bilgileri hatırlayabiliyor, daha sonra ihtiyaç duyduğunda bu bilgileri geri getirerek kişiselleştirilmiş yanıtlar oluşturabiliyor ve öneriler sunabiliyor. Veriler tamamen kullanıcının hesabına özel saklanıyor ve istenirse silinebiliyor. Etkileşimli (agent) mod ise ChatGPT'nin sayfa üzerinde kullanıcı adına işlem



yapabilmesini sağlıyor. Örneğin sistem, araştırdığınız bir yemek tarifindeki malzeme listesini çıkarıp ürünleri çevrim içi market sepetine ekleyebiliyor. Ancak güvenlik kısıtlamaları nedeniyle sistem yerel dosyalara, parolalara veya tarayıcı geçmişine erişemiyor.

Şu anda yalnızca macOS üzerinde çalışan ChatGPT Atlas, tarayıcı teknolojisinde yapay zekâ ile etkileşimli gezinme döneminin başlangıcı olarak değerlendirilebilir. Ancak güvenlik, mahremiyet ve etkileşimli mod davranışlarının denetlenebilirliği konuları, bu yeni yaklaşımın aşması gereken en kritik zorluklar olarak görülüyor.

<https://bit.ly/chatgpt-atlas>

# Nükleer Enerjili Roketler

Uzay teknolojilerinde çoğunlukla kimyasal ve elektrikli itki teknolojileri kullanılıyor. NASA, Mars gibi derin uzay görevleri için nükleer enerjili itki sistemlerine yoğunlaşmayı da planlıyor.

Nükleer itki sistemlerinde iki yaklaşım kullanılabiliyor. Bunlardan ilki olan nükleer termal itki (NTP) sistemlerinde nükleer reaktör, sıvı hidrojen yakıtı yüksek sıcaklıklara ısıtarak buharlaştırıyor. Hidrojen gazı nozülünden dışarı atılarak itki oluşturuluyor. Bu yaklaşım, kimyasal roketlere kıyasla daha yüksek özgül itki sunabiliyor yani belli bir miktardaki yakıtla daha fazla itki oluşturabiliyor. Nükleer elektrikli itki sistemleri de üzerinde çalışılan yöntemler arasında yer alıyor. Bu sistemlerde nükleer reaktörün ürettiği elektrik, yakıtın iyonlaştırılmasını sağlayarak elektrikli itki motorlarını besliyor.

Nükleer elektrikli itki sistemlerinin kritik bir bileşeni olan ısı dağıtıcılar, çok büyük hacimli olmaları nedeniyle tek bir uzay göreviyle uzaya gönderilemez. NASA'nın Langley Araştırma Merkezi tarafından yürütülen MARVL projesinde, ısı dağıtım sistemlerinin modüler olarak tasarlanıp uzayda otonom olarak bir araya getirilmesi amaçlanıyor.

Geçmişte NASA, Project Rover ve NERVA gibi programlarla nükleer termal roketler üzerine testler yürütmüştü. Ayrıca 2000'li yıllarda Project Prometheus ile nükleer elektrikli sistemleri derin uzay görevlerinde kullanmayı amaçlamış ancak maliyetlerin yüksek olması ve teknik zorluklar nedeniyle proje durdurulmuştu.



# Sesle Yangın Söndürme

<https://go.nasa.gov/42PpITC>



Yangınlar hem ekosistem hem de insanlar için en yıkıcı tehditlerinden biri. Geleneksel yangın söndürme yöntemlerinde yangının türüne göre su ya da farklı kimyasal maddeler kullanılıyor. Cleveland merkezli Sonic Fire Tech adlı girişim, bu soruna ses dalgalarıyla yenilikçi bir çözüm getiriyor. Bu yöntemde infrasound yani frekansı 20 Hz'in altında olan ses dalgaları kullanılıyor. İnsanlar tarafından duyulamayan bu ses dalgaları, yanma tepkimesinin devam etmesi için gerekli olan oksijen akışını ve termal kararlılığı bozarak yangını söndürüyor. Sistem, sensörlerle alevleri algıladığında devreye giriyor. Elektrikle çalışan bir jeneratör, çatı altlarına yerleştirilen kanal sistemleri aracılığıyla infrasound yayıyor. Su veya kimyasal maddelerin kullanılmadığı bu teknoloji henüz prototip aşamasında. 2026'da 50 pilot kurulum yapmayı hedefleyen firma başarılı olursa yangın söndürmede önemli bir dönüşümü gerçekleştirebilir.

<https://tcrn.ch/4nM097Y>

# İnsan Yazması

Tıpkı el yazması eserlerin veya el dokuması halıların daha kıymetli olması gibi yapay zekânın yaygınlaşmasıyla insanlar tarafından üretilen dijital içerikler daha değerli olmaya başladı. Artık bu tür içeriklere insan tarafından üretildiğini vurgulayan etiketler yerleştiriliyor.

Bu akımın öncülerinden biri olan Books by People adlı girişim insanlar tarafından üretilen yazılı eserleri sertifikalandırıyor. Sistem üç aşamalı bir doğrulama mekanizması üzerinden işliyor. Yayınevleri önce detaylı bir anket doldurarak iş akışlarını, bu süreçlerde yapay zekâ kullanılıp kullanılmadığını ve içeriklerin editöryal kontrolden geçip geçmediğini bildiriyor. Ardından yayınevinin son dönem yayınlarından alınan örnekler uzmanlar tarafından analiz ediliyor, editöryal kontrolden geçiyor ve imzalı beyanlarla inceleniyor. Onaylanan kitaplar, kapaklarında resmi Books by People mührünü taşıma hakkı kazanıyor.

Books by People bu alandaki tek girişim değil. Görsel sanatlarda Art Recognition, makine öğrenimi ve bilgisayarlı görme teknikleriyle sanat eserlerinin özgünlüğünü

doğruluyor. Müzik sektöründe Ircam Amplify, ses kayıtlarının akustik parmak izlerini ve spektral özelliklerini analiz ederek gerçek müzisyenler tarafından üretilen eserlerle yapay zekâ tarafından üretilen içerikleri ayırıyor. CREDO23 ise senaryodan kurguya kadar herhangi bir aşamasında yapay zekâ kullanılmayan filmlere onay etiketi veriyor.

Organik gıdaların endüstriyel tarım ürünlerinden ayrı konumlanmasına benzer şekilde insanlar tarafından üretilen dijital içerik de yapay zekâ tarafından üretilen içeriklerden farklı değerlendiriliyor. Önümüzdeki yıllarda sanat eserlerinin ve metinlerin kaynağını doğrulayan sertifikasyon sistemlerinin daha fazla yaygınlaşacağını söyleyebiliriz.

<https://bit.ly/insan-yazmasi>



# LEGO Düzenleyici

Yapı blokları hem çocuklar hem de yetişkinler için eğlenceli bir etkinlik olsa da büyük koleksiyonların düzenlenmesi saatler süren bir çaba gerektirir. Litvanya merkezli Sort A Brick adlı girişimin kurucusu Ilya Malkin, özellikle çocukların yapı bloklarından oluşan oyuncaklarını düzenlemekte zorlanması üzerine parçaları sınıflandıran bir sistem geliştirdi. Sistem, görüntü işleme teknolojisiyle 25.000'den fazla blok tipini, 4.000'den fazla şekli ve 40 farklı rengi tanıyabiliyor. Kullanıcıların firmaya kargo ile gönderdiği karışık blokları veri tabanında bulunan 10.000'den fazla mevcut setle eşleştirerek hangi setlerin inşa edilebileceğini ile ilgili öneride bulunuyor ve eksik parçaları belirliyor. Sistem %99 doğrulukla sıralama ve paketlenme yapabiliyor. Bu girişim özellikle evinde çok fazla yapı bloğu seti olan aileler için ilgi çekici bir hizmet olabilir.



[sortabrick.com](http://sortabrick.com)

## Kargocular İçin Akıllı Gözlük

Amazon, kargo teslimat görevlileri tarafından kullanılması planlanan yapay zekâ destekli akıllı gözlükleri Kuzey Amerika'da test ediyor. Bu gözlükler sayesinde kargocular ellerini kullanmadan paketleri tarayabiliyor, araçtan indikten sonra teslimat noktasına kadar olan yürüyüş mesafesi için yönlendirme alabiliyor ve tehdit unsurlarını (örneğin teslimat noktasında bir köpeğin bulunması) görüntüleyebiliyor. Aynı zamanda paketin düşmesi ya da yanlış adrese teslim edilmesi gibi hatalar algılanarak kargocunun müdahale etmesi sağlanabiliyor. Şirketin amacı, akıllı lojistik çözümlerle verimliliği artırmak ve artan teslimat yükünü hafifletmek.

Geçen sayıda da bahsettiğimiz Meta Ray-Ban Display gibi son kullanıcıya yönelik giyilebilir akıllı cihazlar üzerine çalışmalar yaygınlaşıyor. Apple Vision Pro gözlük setini kullanan Cognixion, konuşma ya da hareket yetisi olmayan kullanıcıların cerrahi müdahaleyle yerleştirilen implantlı sistemler yerine bilgisayar ya da akıllı donanımlar sayesinde çevresiyle etkileşime geçebilmesini sağlayan bir beyin-bilgisayar arayüzü (BCI) geliştiriyor. Sistem, Vision Pro'nun sağladığı artırılmış gerçeklik özelliğini, beyindeki elektriksel etkinlikleri ölçmek için kullanılan EEG cihazı ve kullanıcıya özel eğitilmiş yapay zekâ modeliyle birleştiriyor. Bu sayede göz hareketleri, başın pozisyonu ve beyin dalgaları yoluyla iletişim ve kontrol imkânı sunmayı hedefliyor. Bu yaklaşım felç, ALS ya da travmatik beyin yaralanması durumlarından etkilenmiş bireylerin çevresiyle iletişim kurmasına ya da cihazları yönetmesine imkân sağlayabilir.

<https://tcn.ch/4ozx9ln>  
<https://bit.ly/vision-als>



## Teknoloji Yorgunluğu

İş dünyasında yapay zekâ teknolojilerinin hızla yaygınlaşması, çalışanları sürekli yeni teknolojik araçlara uyum sağlama baskısı altında bırakıyor. E-posta, sunum ve rapor gibi pek çok içerik artık yapay zekâ ile üretilebiliyor. Bu içerikler ilk bakışta başarılı bir şekilde hazırlanmış gibi görünse de ayrıntılı olarak incelendiğinde hatalı, tutarsız ve işlevsiz olabiliyor. Nitelikliymiş gibi görünen ancak değer üretmeyen bu tür faydasız içerikler "iş çöpü" olarak isimlendiriliyor.

Yapay zekânın ürettiği içerikler verimlilik artışı sağlasa da çalışanlarda daha fazla yorgunluğa neden oluyor. MIT'nin raporuna göre yapay zekâ entegrasyonu yapan şirketlerin %95'inde bir gelir artışı gözlenmedi. Açık kaynak geliştiricileri, yapay zekâ araçlarını kullanırken %19 daha yavaş çalışıyor. Bu veriler, hızlı ve plansız bir uyum sürecinin çalışanların iş yükünü azaltmak yerine zihinsel bir yük oluşturabileceğini gösteriyor.

<https://bit.ly/iscopu>

# Kuantumun İlk Yüzyılını Kutlarken İkinci Yüzyılına Hazırlanmak

Dr. Bediha Beşer [ TÜBİTAK BİLGEM UEKAE Kuantum Teknolojileri Araştırma Laboratuvarı

**Y**aklaşık yüz yıl önce, klasik fiziğin açıklamakta yetersiz kaldığı bilimsel olgulara çözüm arayışıyla doğan kuantum fiziği, bugüne kadarki gelişimiyle hem doğayı anlama biçimimizi hem de teknolojiyi kökten değiştiren bir bilim dalına dönüştü.

Kuantum mekaniğinin kuramsal temelleri 1925 yılında atılmıştı. Birleşmiş Milletler, kuantum teorisinin doğuşunun 100. yılı anısına 2025 yılını Uluslararası Kuantum Bilimi ve Teknolojileri Yılı ilan etti. Yıl boyunca dünyanın bir çok yerinde kuantum teorisinin yüzüncü yılı kutlama etkinlikleri, konferanslar, toplantılar, yarışmalar düzenlendi. Kuantum araştırmalarına herkesin erişimini sağlamak, bu alandaki çalışmalarını teşvik etmek ve uluslararası iş birliklerini güçlendirmek, kuantum bilimi ve teknolojilerinin önemi konusunda küresel farkındalık oluşturmak bu etkinliklerin temel amacıydı.

Kuantum teknolojilerindeki son gelişmeler; sürdürülebilir kalkınma, iletişim, sağlık, sanayi gibi alanlarda büyük katkılar sunma potansiyelini gözler önüne seriyor. Yani artık kuantum yalnızca bir fizik bilimi değil; geleceğin teknolojilerini, toplumsal kalkınmayı şekillendirecek bir alan olarak görülüyor. Ayrıca 2025 Fizik Nobel Ödülü'nün kuantum bilgisayarların hayata geçirilmesinin önünü açan deneysel çalışmalara verilmesi, kuantum biliminin artık temel araştırmanın ötesine geçerek bilgi, enerji, iletişim ve güvenlik

altyapısını da dönüştürmeye başladığının göstergesi olabilir. Kuantum fiziği 1900'lerin başlarında klasik fiziğin açıklayamadığı çeşitli olgulara bir açıklama getirme çabasının ürünüdür. 1925'te Werner Heisenberg ve Pascual Jordan'ın geliştirdiği matris mekaniği ve Erwin Schrödinger'in dalga mekaniği formülasyonu kuantum teorisinin doğuşunu simgeler. Onlarca yıl kuramsal bir araştırma alanı olarak ilerleyen kuantum fiziği, 1950'lardan sonra yeni teknolojik uygulamaların geliştirilmesinde kullanılmaya başlandı.

İlk nesil kuantum fizikçiler, klasik fizik ile açıklanamayan olguları anlamaya çalıştı. Mesela Max Planck'ın, ısınan metallere belirli renklerde ışık saçmasını (kara cisim ışıması) açıklamak için enerjinin sürekli değil, yalnızca belirli değerlerde (quantized) yayıldığını öne sürmesi, doğanın sürekliliğine dayalı klasik yaklaşımın işlemediğini gösterdi. Einstein'ın ışığın metallere elektron koparması olayını (fotoelektrik olay) ışık parçacıkları yani foton kavramıyla açıklaması ve Niels Bohr'un hidrojen atomunun yapısının elektronların sadece belirli enerji değerlerine sahip yörüngelerde dolandığı varsayımıyla açıklanabileceğini göstermesi, klasik fiziğin yetersiz kaldığını ve yeni bir matematiksel çerçevenin zorunlu olduğunu ortaya koydu. Kuantum teorisinin ilk temsilcileri olan bilim insanları, atomik düzeydeki olguları kuantum mekaniğin formüllerle açıklarken aynı zamanda kuramın bilinen gerçekliğe aykırı



Max Planck (1858-1947),  
Nobel ödüllü Alman fizikçi

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi = \hat{H} \Psi$$

Schrodinger'in denklemi, maddenin atomik ve atom altı seviyelerde nasıl davrandığının anlaşılmasına yardımcı oldu. Bu denkleme göre, gerçeklik kesin olmayıp, sadece ölçüldüğünde somutlaşan ihtimal dalgalarından oluşur.

gözükten sonuçlarını felsefi olarak anlamlandırmaya çalıştı. Özellikle kuantum teorisinin dolanıklık (entanglement) veya konumsuzluk (non-locality) (belirli bir konumda bulunmama, yerel olmama) gibi klasik fizikte olmayan özellikleri bilim insanlarını yıllarca şaşırttı.

Sonraki kuşaktan bilim insanları, kuantum teorisinin klasik fizikle uyumsuz özelliklerini kabullenerek teoriyi daha sağlamlaştırdı ve kuantum teorisini yeni teknolojilerin geliştirilmesinde kullanılmaya başlandı. Günümüzde bu zaman dilimi "ilk kuantum devrimi" olarak tanımlanır. Bu süreçte geliştirilen lazerler, manyetik rezonans görüntüleme, yarı iletken temelli elektronik cihazlar, entegre devreler gibi kuantum ilkelerine dayanan teknolojik uygulamalar günlük

hayatta çığır açıcı değişimlere yol açtı. Kuantum teorisi fizik biliminin yanısıra kimya, malzeme bilimi, iletişim, tıp gibi diğer bilim alanlarını da şekillendirmeye başladı. Bu dönemde konumsuzluk ve parçacık-dalga ikilemi gibi kuantum mekaniğinin tartışmalı özelliklerinin ispatına yönelik deneyler de tasarlanmaya başlandı. Düşünce deneyi olarak geliştirilen bu deneyler kuantum mekaniğinin formüllerinin doğruluğunu teorik olarak ortaya koydu. Daha sonraki yıllarda teknolojik imkânların gelişmesiyle test edildiler. Böylece kuantum teorisinin öngörülleri deneysel olarak doğrulanmış ve kuantum teorisinin geçerliliği güçlü bir biçimde kanıtlanmıştır.

Bu ara dönemden sonra günümüze kadar olan zamanda bilim insanları çalışmaları daha ileri taşıdı ve

kuantum parçacıkları tek tek kontrol etmeyi başararak kuantum ile bilişim arasında bağ kurdu. Bu gelişme "ikinci kuantum devrimi"ni başlattı. Kuantum kuramının, yaşadığımız "gerçek" dünya ile uyumsuz özelliklerinin, bilgi işleme açısından bakıldığında, büyük bir potansiyel barındırdığı fark edildi. Davranışları kuantum fiziği ile açıklanan parçacıkların bilgiyi taşımak ve işlemek için kullanılabileceği ve buradan hareketle bir kuantum bilgisayar geliştirilebileceği fikri doğdu. Doğanın özünde olan kuantum yasalarını temel alarak geliştirilen bilgisayarlar, iletişim ve sensör teknolojileri, benzersiz verimlilik ve güvenlik avantajlarıyla teknolojinin tüm alanlarında yeni bir dönemi başlattı.

Son yıllarda, kuantum bilişimin temellerini atan birçok önemli bilimsel makale yayınlandı. Bilgi alışverişi sırasında gönderici ile alıcı arasında dış müdahalelerin tespit edilebilmesini mümkün kılan kopyalanamazlık teoremi (bir kuantum durumunun mükemmel bir kopyasının üretilmeyeceğini ifade eder) sayesinde kırılması imkânsız bir şifreleme sistemiyle kuantum iletişimin mümkün olduğu gösterildi. Ayrıca, kuantum mekaniği yasalarına dayalı bir kuantum bilgisayar fikri ortaya kondu. Bununla birlikte tam anlamıyla işlevsel bir kuantum bilgisayarın hayata geçirilmesi durumunda, günümüz dijital dünyasında bilgi aktarımında kullanılan şifreleme sistemlerinin ciddi bir tehdit altında olabileceğine dair makaleler de

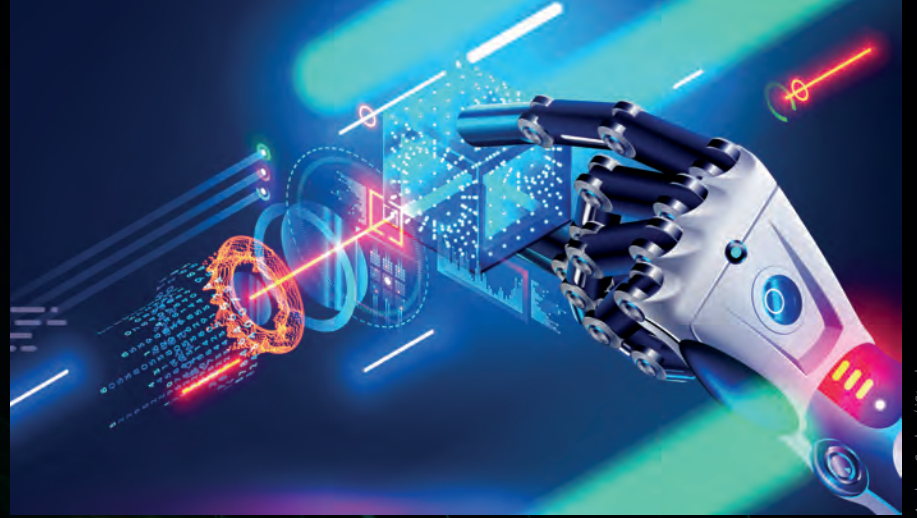


yayınlandı. Günümüzde kuantum bilgisayarların basit işlemleri yapabilen küçük ölçekli gösterimleri yapıldı. Gerçek kapasitesine ulaşması durumunda finans sektöründen malzeme bilimine, pil teknolojilerinden yeni ilaç keşiflerine kadar birçok alanda köklü değişikliklere yol açması beklenen kuantum bilgisayarlar çığır açıcı bir teknoloji olarak tanımlanıyor. İkinci kuantum yüzyılına girerken en çok merak edilen soru ise kuantum bilgi teknolojilerinin bu potansiyelin ötesinde hangi yeni uygulamaları ve dönüşümleri mümkün kılacağıdır. Gelişmelerin gerçekten ne kadar sarsıcı veya çığır açıcı olacağı herkesçe merak edilen bir konu.

## Türkiye’de Kuantum Araştırmaları

Kuantum teknolojileri alanında Türkiye’de son yıllarda önemli bir ivmelenme oldu. Hem TÜBİTAK hem de üniversitelerimiz tarafından yürütülen çalışmalar ile kuantum haberleşme, kuantum kriptografi, kuantum sensör teknolojileri ve entegre kuantum fotonik gibi alanlarda araştırma altyapıları kuruldu.

Kuantum kriptografi çalışmalarının temelleri TÜBİTAK BİLGEM’de yaklaşık on yıl önce atılmıştı. Günümüzde ise araştırmalar daha geniş kuantum teknolojileri çerçevesinde devam ediyor. Örneğin kuantum sensörler alanında manyetik alanı oldukça hassas seviyelerde ölçebilen bir kuantum elmas manyetometrenin laboratuvar



Andrey Suslov / iStock

ölçeğinde bir prototipi geliştirildi. Kuantum kriptografide kullanılan rastgele asal sayı üretici (QRNG) ise hâlen sahada kullanılıyor. Ayrıca kuantum entegre fotonik devrelerinin (QPIC) tasarımı ve üretimi üzerine çalışmalar yürütülüyor. Bu devreler kuantum haberleşme ve kriptografi, kuantum bilgisayar işlemcisi gibi birçok önemli teknolojide kullanılabilir. BİLGEM’de bu çalışmaların yanı sıra kuantum teknolojilerinin önemli bir girdisi olan tek-foton üretimi ve karakterizasyonu konusunda AR-GE faaliyetleri devam ediyor.

Ayrıca QTurkey topluluğu ve çeşitli üniversitelerdeki lisansüstü programlar, kuantum

okuryazarlığının yaygınlaşmasına katkı sağlamayı amaçlıyor. Tüm dünyada kuantum alanında yetişmiş insan gücüne olan ihtiyacın hızla artması, Türkiye’de de bu alanda uzmanlaşmış araştırmacı ve mühendislerin yetişmesine yönelik çalışmaları önemli hâle getiriyor. Dolayısıyla bu temel çalışmalar, ülkemizin gelecekteki kuantum çağına hazırlanması açısından stratejik önem taşıyor. Çünkü kuantum ilkelerinin güvenilir, erişilebilir ve ölçeklendirilebilir teknolojilere dönüştürülebilir kapasitesi, önümüzdeki yüzyılın teknolojik kalkınmasında belirleyici bir rol üstlenecek.

Nice yüzyıllara kuantum! ■

### Kaynaklar

<https://quantum2025.org/>  
<https://bilgem.tubitak.gov.tr/uekae/>  
<https://www.sciencenews.org/article/quantum-theory-history-reality-uncertainty-physics>

Kuantum mekaniği ile ilgili daha detaylı bilgi için TÜBİTAK *Bilim ve Teknik* dergisinin Mart 2025 ve Nisan 2025 sayılarında iki bölüm hâlinde yayımlanan “Schrödinger Denklemi’nin 100. Yılında Kuantum Mekaniği” özel kitap eklerini inceleyebilirsiniz. Kitaplara erişmek için kare kodları akıllı cihazlarınıza okutabilirsiniz.



Kuantum Mekaniği  
1. Bölüm



Kuantum Mekaniği  
2. Bölüm

# Merak Ettikleriniz

İlay Çelik Sezer [ merak.ettikleriniz@tubitak.gov.tr

## Neden Bazen Bir Şarkı Zihnimize Takılır?

Çoğumuzun başına gelmiştir: Bazen bir müziğin bir bölümü zihnimize takılır ve engelleyemediğimiz bir biçimde zihnimizde bir süreliğine dönüp durur. Bilimsel araştırmalar insanların neredeyse tamamının en az bir kez bu deneyimi yaşadığını gösteriyor. Peki nedir acaba bu yaygın olgunun altında yatan sebepler? Çeşitli bilimsel araştırmalar, teknik adıyla “istem dışı müzik imgelenmesi” olarak bilinen bu olgunun ilişkili olabileceği çeşitli zihinsel süreçler ile iç ve dış etmenlere ışık tutuyor.

Müziğin kültürel hafızanın aktarımında insanlığın çok erken dönemlerinden beri önem taşıdığı ve dolayısıyla insan beyninin müzik parçalarını hatırlamaya yönelik bir yatkınlığı olduğu biliniyor. Bu yatkınlığın genel olarak çeşitli müziklerin zaman zaman zihnimize takılmasını kolaylaştırabileceği düşünülüyor. Beynin sesleri işlemekle sorumlu kısmı olan işitsel korteks ile hafıza ve duygularla ilgili başka kısımlarını birbirine bağlayan fonolojik döngü adlı işitsel hafıza sisteminin müziklerin zihne takılmasına uygun bir ortam hazırladığı düşünülüyor.

Araştırmalar daha tempolu, kısa, basit, tekrarlı ve kolay söylenebilir müziklerin zihne daha fazla takılabildiğini gösteriyor. Zihne takılan müzikler arasında çalgısal ezgiler de olabilirken sözlü müziklerin zihne takılma oranı çok daha fazla. Melodik olarak öngörülebilir olup yine de kendine has küçük sıra dışı özellikler, örneğin belirgin bir motif taşıması bir müziğin zihne takılma ihtimalini artırırken müzik parçalarının



nakarat kısımlarının da diğer kısımlara göre zihne daha sık takıldığı görülmüş. Ayrıca yakın zamanda dinlenen, duygusal bağ kurulan ya da belirli bir anıyla ilişkilendirilen şarkıların zihne takılma ihtimalinin daha fazla olduğu yönünde bulgular var.

Bir hipoteze göre ise bir müziğin zihne takılması, beyinde müzik dinleme sırasında etkinleşen sinirsel devrenin dış uyaran olmadan kendi kendini tetiklemesi gibidir. fMRI yöntemiyle yapılan beyin görüntüleme çalışmaları, insanların bir müziği zihinlerinde canlandırdıkları zaman aktifleşen beyin bölgelerinin, müzik dinledikleri zaman aktifleşenlerle hemen hemen örtüştüğünü göstermiş. Dolayısıyla bir müzik zihinde bir kere canlandırılınca sanki dışarıdan dinleniyormuş gibi algılanarak müziğin zihinde tekrarlanması tetikleniyor olabilir. Ayrıca müziğin beyin ödül sistemini etkinleştirdiği biliniyor. Bu da keyifli bir deneyimi yeniden yaşamaya yönelik isteğin, bir müziğin istemsizce tekrarına neden olabileceğini düşündürüyor. Bir müziğin zihne takılmasının çoğu kişi tarafından (araştırmalara göre %65-75) rahatsız edici değil nötr veya keyifli olarak nitelendirilmesi bu fikri destekliyor.

### Kaynaklar

<https://doi.org/10.3758/s13423-020-01750-7>

[https://news.harvard.edu/gazette/story/2021/12/harvard-scientist-on-why-that-song-is-stuck-in-your-head/?utm\\_source=chatgpt.com](https://news.harvard.edu/gazette/story/2021/12/harvard-scientist-on-why-that-song-is-stuck-in-your-head/?utm_source=chatgpt.com)

# Yağmurlu Havalarda Trafik Neden Yoğunlaşır?

Pek çoğumuzun dikkatini çekmiştir: Yağmur yağdığında trafiğe “bir şeyler” olur! Örneğin her zaman aynı saatte gördüğümüz trafiğe göre daha yoğun bir trafikle karşılaşırız. Sanki araç sayısı artmış gibidir. Gittiğimiz güzergahta kaza ya da yol yapım çalışması gibi bir durum olmadığı hâlde başka zamanlarda bu tür durumların yol açtığı cinsten bir trafik sıkışıklığı ortaya çıkar. Acaba ne oluyor da yağmur yağdığında trafik yoğunlaşıyor?

Çoğu zaman görünürde bir sebep bulamasa da yapılan bazı araştırmalar gerçekten de yağmurlu havalarda trafiği olumsuz etkileyen birtakım etmenler olduğunu ortaya çıkarmış. Bunlardan biri yağmurlu havalarda görüş mesafesinin kısılması. Hem yere inmekte olan hem de cama gelen yağmur damlları, bazen yağmura eşlik eden sis ya da pus, özellikle hızlı giden araçların su sıçratmasıyla oluşan ince su perdesi ve far ışığının ıslak yüzeylerden yansması sonucu görüş mesafesi kısılır ve görüş kalitesi düşer. Bu da sürücüleri daha yavaş hareket etmeye sevk eder.

Yağmurlu havalarda araçların yol tutuşu zayıflar yani kayma riski artar, ayrıca araçların hızla girmesi durumunda kontrol kaybına yol açabilen su birikintileri oluşma ihtimali ortaya çıkar ki bu etmenler de sürücüleri daha yavaş araç kullanmaya iter.

Genel olarak yağışlı havalarda sürücüler daha temkinli davranır, hızlarını düşürür ve takip mesafesini artırır. Trafik güvenliği için gerekli olan bu durum özellikle trafik hacminin yüksek olduğu zamanlarda trafik akışının yavaşlamasına neden olabilir. Ayrıca farklı sürücüler farklı hızlarda giderken hız değişkenliği artar. Bu da öndeki aracı yakalama, fren yapma, yeniden hızlanma ve hatta “dur-kalk” döngüleri gibi dalgalanmalar oluşturarak trafikteki tıkanıklığı daha da artırır.

Kısacası araç sayısı değişmediği ve yolda kaza olmadığı hâlde trafiğin genel hızının azalması ve akışındaki homojenliğin bozulması, yağmurlu havalarda trafiği daha yoğun bir hâle getirir. ■

## Kaynaklar

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205409>  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevE.79.066110>



# Yoğurdun Sıra Dışı Mayası Karıncalar

Dr. Özlem Ak [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Süt fermantasyonu, insanlık tarihinin en eski ve en yenilikçi biyoteknolojik uygulamalarından biri olarak biliniyor. Aslında bu uygulama, binlerce yıldır insanların çevreyle ve mikroorganizmalarla kurduğu karşılıklı ilişkilerin bir ürünü. Anadolu coğrafyası bu tarihsel sürecin merkezinde yer alıyor. Arkeolojik kanıtlar, süt üretimine yönelik hayvancılığın Anadolu'da yaklaşık 9.000 yıl önce başladığını; seramik kaplarda tespit edilen yağ ve protein kalıntıları ise sütün ilk defa yaklaşık 7.000 yıl önce fermente edildiğini gösteriyor. Bu gelişmeler, sütün hem besleyici hem de uzun süre saklanabilen bir gıdaya dönüştürülmesini sağlayarak yaşamını tarıma dayalı olarak sürdüren ilk toplumların beslenme biçimlerinde köklü bir değişime neden olmuş. Fermente süt ürünleri zamanla yalnızca gıda kaynağı değil aynı zamanda kültürel kimliğin ve toplumsal etkileşimin bir parçası hâline gelmiş. Yeni bilimsel araştırmalar ise bu uzun tarihsel sürecin bilinmeyen yönlerini aydınlatıyor. Bunlardan biri Anadolu ve Balkanlar kökenli geleneksel bir yöntem olan "karınca yoğurdu" uygulamasını modern mikrobiyoloji yöntemleriyle inceleyerek süt fermantasyonuna karıncaların ve üzerlerindeki mikroorganizmaların katkısını ortaya koyuyor.



**Y**oğurt üretimi tarih boyunca insanların, sütünden yararlanan hayvanların, çevresel koşulların ve mikroorganizmaların arasındaki etkileşimlere dayanmış. Yirminci yüzyılın başına kadar farklı bölgelerde yoğurt yapımı, yöreye özgü bilgilerin ve çevresel faktörlerin şekillendirdiği geleneksel yöntemlerle sürdürülüyordu. 1900'lerin başında mikrobiyologların yoğurt kültürünü ilk kez tanımlamasıyla birlikte bu yöntemlerin bilimsel mekanizması anlaşıldı. Araştırmacılar Bulgaristan kökenli maya örneklerinden *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* bakterisini izole etti. Sonraki yıllarda endüstriyel ölçekteki yoğurt üretiminde temel olarak bu tür ve *Streptococcus thermophilus* bakterileri kullanılmaya başlandı. Bu bakteriler, yoğurdun toplumun genelinin damak tadına uygun karakteristik bir tada sahip olmasını ve uzun süre dayanıklılığını korumasını sağlayarak endüstriyel üretime uygun bir sistemin temelini attı. Ancak bu yaklaşım, geleneksel yoğurtlarda bulunan mikrobiyal çeşitliliği büyük ölçüde ortadan kaldırdı.

Geleneksel yoğurt yapımında fermantasyonu başlatan mikroorganizmalar genellikle doğal yollarla çevreden süte geçer ve metabolik faaliyetleri sonucunda süte asitlik derecesi yüksek, yoğun kıvamlı bir ürüne

dönüştürür. Türkçedeki “maya” kavramı sadece fermantasyon sürecinde rolü olan belirli bir mikrobiyal kültürü değil; aynı zamanda insanlar, hayvanlar, bitkiler ve çevresel faktörler arasındaki etkileşimlerle şekillenen, çok bileşenli bir mikrobiyal ekosistemi ifade eder. Bu ekosistem, süten fermantasyon sürecinde rolü olan mikrobiyal çeşitliliği belirler ve yoğurdun tat, koku ve doku özelliklerine doğrudan katkıda bulunan karmaşık bir biyolojik ağ niteliği taşır.

Süte yoğurda dönüştüren mikroorganizmalar pek çok farklı kaynaktan, örneğin

süt hayvanlarının derisi ve memesinden, yoğurdun hazırlayan kişilerin ellerinden, kullanılan kapların gözenekli yüzeylerinden, havadan veya bitkilerden gelebilir. Anadolu'nun dağ köylerinde yoğurt mayalamak için çam kozalağının kullanılması bu durumun bilinen örneklerinden biridir. Araştırmalar, çam kozalaklarının *Lactobacillus delbrueckii* ve *Streptococcus thermophilus* gibi yoğurt üretiminde kilit rol oynayan bakterileri süte taşıyabildiğini göstermiş. Papatya ve ıhlamur çiçekleri ile ısırgan kökleri Türkiye’de geleneksel yoğurt üretiminde kullanılan

Kateryna Koni / SPL





*Streptococcus thermophilus*'un temsili çizimi. *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus*, yoğurt ve peynir de dahil olmak üzere birçok önemli fermente süt ürününün üretiminde maya kültürü olarak kullanılan bakteri türleridir.



Yağ otu bitkisi

OlgarP / iStock

mayaya kaynakları arasında yer alıyor. Benzer şekilde dünya genelinde farklı bitkilerin de sütün fermantasyonunda kullanıldığı biliniyor. Örneğin incir yaprakları Akdeniz kültürünün etkili olduğu bölgelerde sütün kıvam kazanmasını sağlamak için uzun süredir kullanılıyor. İskandinavya'da taze süte kıvam kazandırmak amacıyla kullanılan geleneksel yöntemde ise yağ otu (*Pinguicula*) adlı etçil bitkinin yapraklarının salgıladığı doğal proteazlardan (proteinleri küçük parçalara ayıran özel enzimler) yararlanılıyor. Ancak bitkiler, geleneksel yoğurt üretiminde kullanılan tek doğal maya kaynağı değil.

Anadolu ve Balkanlar'da tarihsel olarak belgelenmiş, günümüzde ise pek az bilinen başka bir yöntem daha var: karıncalar. "Karınca yoğurdu" olarak adlandırılan bu uygulama özellikle göçebe topluluklar arasında, yoğurt mayasının bulunamadığı zamanlarda başvurulan özgün bir yöntemmiş. Etnograf Ali Rıza Yalman, göçebelerin taş altındaki karınca yumurtalarını ezip süte kattıklarını ve bu şekilde yoğurt elde ettiklerini aktarıyor. Bu yöntemde karınca yumurtaları, larvaları ya da karınca yuvalarında bulunan diğer materyallerin süte eklenmesiyle fermantasyon sürecinin başlatıldığı biliniyor.

## Karınca Holobiyontu: Geleneksel Bir Uygulamadan Bilimsel Keşfe

Günümüzde bilim insanları, bu sıra dışı geleneğin temelindeki mikrobiyal mekanizmaları anlamak için karınca yoğurdu yöntemini laboratuvar ortamında inceledi. Son dönemde yayımlanan bir araştırmada kırmızı orman karıncalarının ve üzerlerinde yaşayan mikroorganizmaların, sütün yoğurda dönüşümünde aktif bir rol oynadığı ortaya kondu.



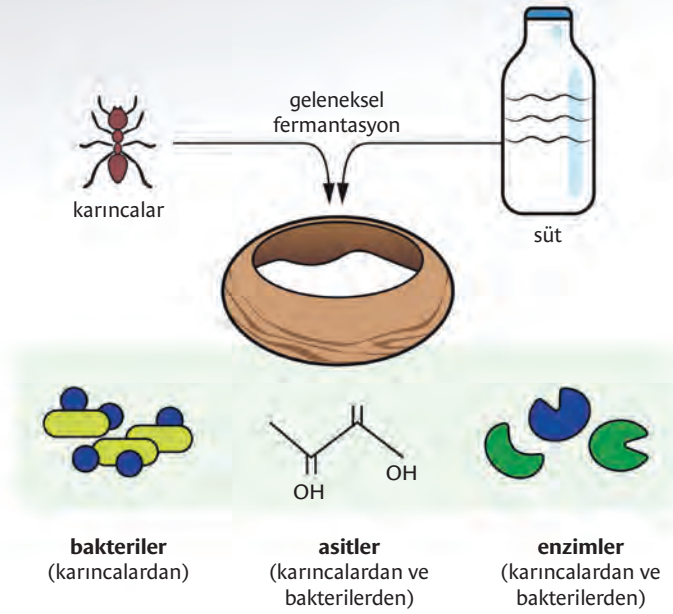
Isıtılmış inek sütüne karınca eklemek, bir zamanlar Bulgaristan ve Türkiye’de yaygın olarak kullanılan geleneksel bir yoğurt yapım yöntemi idi. Yeni bir araştırmaya göre karıncalar ve üzerlerinde yaşayan bakteriler, sütün asitlik derecesini yükselterek koyulaştırıyor ve yoğurda dönüştürüyor.

Kopenhag Üniversitesi’nden mikrobiyal ekoloji uzmanı Veronica Sinotte ile Danimarka Teknik Üniversitesi’nden mikrobiyolog Leonie Jahn liderliğindeki antropologlar, mikrobiyologlar ve gastronomi uzmanlarından oluşan ekip, Bulgaristan’da hâlâ sözlü tarih olarak aktarılan geleneksel bilgilere dayanarak *Formica rufa* türü kırmızı orman karıncalarının yoğurt mayası olarak kullanılma potansiyelini inceledi. Deneylerde dört canlı karınca, mayalanma sıcaklığına kadar ısıtılmış süte eklendi. Daha sonra sütün bulunduğu kavanoz karınca yuvasına yerleştirildi ve bir gece boyunca bekletildi. Ertesi gün sütün kıvamın arttığı, ekşidiği ve yoğurt benzeri bir yapıya dönüştüğü gözlemlendi.

Bilim insanları bu süreci “karınca holobiyontu” kavramıyla açıklıyor. Holobiyont, bir canlı

ve onunla simbiyotik yaşam sürdüren mikroorganizmaların oluşturduğu ortak ekolojik bir birimdir. Karıncalar yalnızca kendi biyolojik özellikleriyle değil, taşıdıkları mikrobiyal topluluklarla da fermantasyon sürecinde rol alıyor. Karınca holobiyontu, süte eklendiğinde fermantasyonu başlatan doğal bir maya işlevi görüyor.

Araştırmada iki kırmızı karınca türünün (*F.rufa* ve *F.polyctena*) taşıdığı mikroorganizmalar detaylı olarak incelendi. Bu mikroorganizmaların büyük kısmını laktik asit bakterileri (*Lactobacillaceae*), asetik asit bakterileri (*Acetobacteraceae*) ve yalnızca başka hücrelerin içinde yaşayabilen zorunlu hücre içi bakteriler (*Anaplasmataceae*) oluşturuyordu. Laktik asit, yoğurdun oluşmasını sağlayan fermantasyon sürecinin



ürünlerinden biri olduğu için karınca holobiyotunda bulunan laktik asit bakterilerinin süten yoğurt oluşumu sürecine katkı sağladığı düşünülüyor. Steril koşullarda süte *F. polyctena* karıncaları eklendiğinde bu karıncalara özgü bakteri türlerinin yoğurt içinde de yer aldığı tespit edildi. En baskın tür, normalde ekşi mayalı ekmek fermantasyonunda rolü olduğu bilinen *Fructilactobacillus sanfranciscensis* idi. Bu bakterilerin sütteki çeşitli şekerleri hızla parçalayarak laktik asit ürettiği görüldü.

İlginç bir şekilde karıncalar yalnızca bakteri taşıyıcısı olarak fermantasyon sürecine katkı sağlamıyor, aynı zamanda karıncaların savunma amaçlı salgıladığı formik asit adlı madde ortamın asitlik

derecesini arttırıyor. Yüksek performanslı sıvı kromatografisi yöntemi ile yapılan analizler yoğurtta laktik, asetik ve formik asidin birlikte bulunduğunu ortaya koydu. Araştırmada ayrıca yoğurdun kıvamını etkileyen enzimatik süreçler de incelendi.

Normalde yoğurt üretiminde sütün pH değeri yaklaşık 4,6'ya düştüğünde proteinler birleşerek kıvamın artmasına neden olur. Ancak karınca yoğurdunda pH değeri bu seviyeye ulaşmadan da koyulaşma gözlemlendi. Protein düzeyinde yapılan analizler hem karıncaların hem de taşıdıkları bakterilerin, süt proteini olan kazeini parçalayan proteaz ve peptidaz enzimlerini ürettiğini ortaya koydu. Bu enzimlerden biri olan proteaz, aktivite gösterebilmek için hücrelerin enerji kaynağı olan ATP'ye ihtiyaç duyar. Proteaz, sütteki başlıca protein olan kazeini parçalayarak yoğurdun kıvamının artmasında ve yoğurdun kendine has dokusunun oluşmasında doğrudan rol oynadı. Böylece karıncalar, taşıdıkları bakterilerle birlikte hem kimyasal hem de enzimatik yollarla fermentasyon sürecini yönlendirdi.

Bu bilimsel bulgular, geleneksel karınca yoğurdu uygulamasının

yalnızca yörenin insanların bulduğu “doğaçlama bir çözüm” olmadığını, aksine çevresel koşulların ve mikrobiyal çeşitliliğin birlikte şekillendirdiği karmaşık bir biyoteknolojik süreç olduğunu gösteriyor. Karıncaların ve mikroorganizmalarının oluşturduğu bu simbiyotik sistem, yoğurt yapımında kullanılan standart maya kültürlerinden çok daha farklı bir mikrobiyal ekosistemin etkisine işaret ediyor.

Karınca yoğurdu üzerine yapılan bu araştırma, Anadolu ve Balkanlar'daki köklü bir geleneği

bilimsel yöntemlerle yeniden ele alarak geçmiş ile geleceği birleştiriyor. Endüstriyel yoğurt üretiminin aksine çevre, canlılar ve mikroorganizmalar arasındaki etkileşimlerle şekillenen bu gelenek, mikrobiyal çeşitliliğin hem kültürel hem de bilimsel açıdan ne kadar zengin bir kaynak olabileceğini gösteriyor. Karınca holobiyontunun içerdiği bakteriler, asitler ve enzimler sadece yoğurdun oluşumunu değil, gelecekte yeni fermente gıdaların geliştirilmesini de rolü olabilecek önemli bir potansiyel taşıyor. ■



nensuria / iStock

### Kaynaklar

<https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.113595>

<https://www.sciencenews.org/article/yogurt-ants-microbes-fermentation>

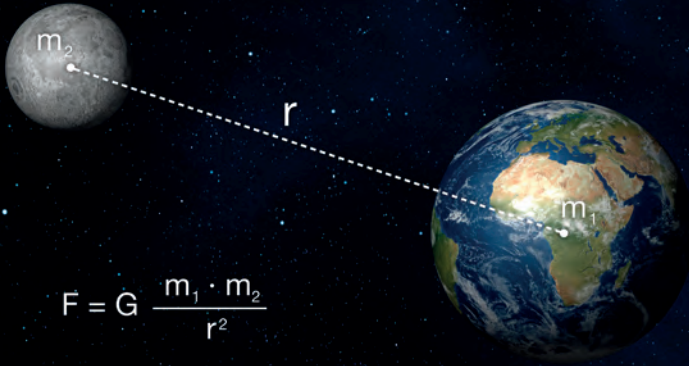
# Modifiye Newton Dinamiği

## Karanlık Madde Hipotezine Alternatif Teori

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

Karanlık madde hipotezi kozmolojinin standart modelinde önemli bir yer tutuyor. Gök adaların oluşumunu, evrenin büyük ölçekteki dinamiklerini açıklamak için karanlık maddeden yararlanılıyor. Ancak uzun yıllardır yapılan araştırmalara rağmen karanlık madde hipotezini doğrulayan bir bulgu elde edilebilmiş değil. Günümüzde bazı araştırmacılar ise karanlık madde hipotezine başvurmadan gözlemsel verileri açıklayan modifiye kütle çekim kuramları geliştirmeye çalışıyor. Bu kuramların en öne çıkanlarından biri ise modifiye Newton dinamiği. Kısaca MOND olarak adlandırılan kuram, çeşitli olguları açıklamakta kozmolojinin standart modelinden daha başarılı olsa da fizikçiler arasından yaygın olarak kabul görmüyor. Henüz MOND'a dayalı bir kozmoloji modeli geliştirilebilmiş değil ayrıca MOND'un görelilik kuramıyla nasıl uyumlu hâle getirilebileceği de hâlâ araştırmalara konu oluyor.





Newton'un kütle çekim yasası uzayda gözlemlenen pek çok olguyu başarıyla açıklar.

azalması gerektiğini söylüyordu. Ancak Rubin'in çalışmaları, beklenenin aksine gök adaların dış kısımlarındaki yıldızların dolanma hızlarının hemen hemen sabitlendiğini gösteriyordu.

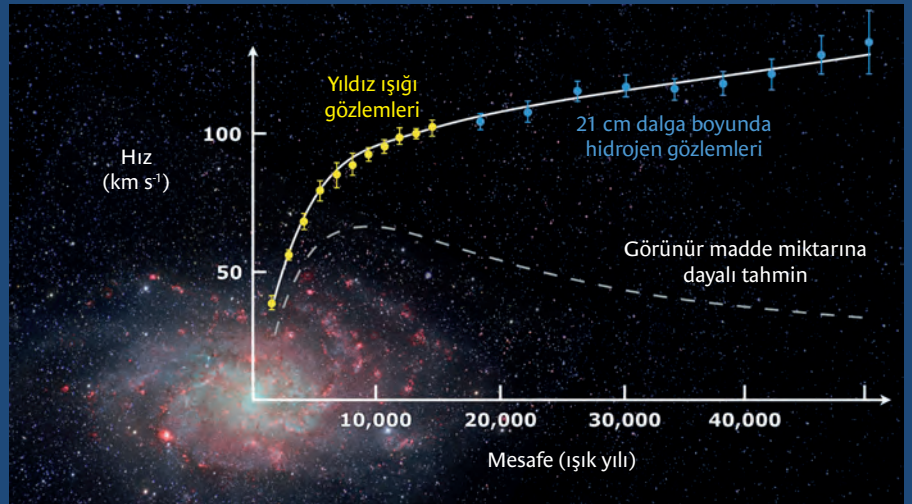
## Kayıp Kütle Problemi

Isaac Newton'un geliştirdiği kütle çekim kuramı doğada gözlemlenen pek çok olgu hakkında başarılı tahminler yapar. Newton'un kuramının yetersiz kaldığı, Merkür'ün yörüngesinde gözlemlenen kaymalar gibi bazı durumlarsa Einstein'ın 1900'lerin başında geliştirdiği genel görelilik kuramı tarafından açıklanır.

Newton'un kütle çekim kuramı her ne kadar elimizdeki en iyi kütle çekim kuramı olmasa da belirli ölçeklerde çok başarılı sonuçlar verir. Söz konusu gök adalar ve gök ada kümelerinin dinamikleri olduğunda da Newton'un kuramının başarılı tahminler yapması beklenir. Ancak 1930'lardan bu yana yapılan bilimsel çalışmalar, uzayda gözlemlenen madde miktarının, Newton'un kütle çekim kuramı kullanılarak hesaplar yapıldığında gök adaların dinamikleriyle ilgili

verileri açıklamakta yetersiz kaldığını gösteriyor. Kayıp kütle problemi olarak adlandırılan bu paradoks özellikle Vera Rubin'in 1960'larda ve 1970'lerde yaptığı bilimsel çalışmalardan sonra gök bilimcilerin dikkatini çekmeye başladı. Rubin, çok sayıda sarmal gök adadaki yıldızların gök adaların kütle merkezi etrafındaki dolanma hızlarını incelemişti. Newton'un kütle çekim kuramı gök adaların merkezinden uzaklaştıkça yıldızların dolanma hızlarının

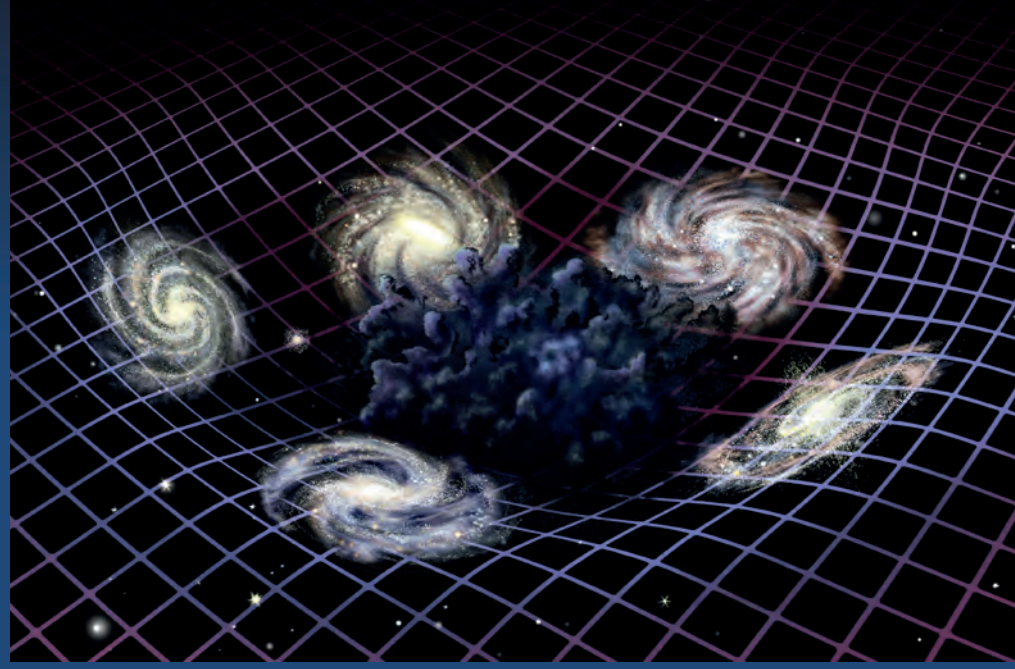
Kuramsal tahminler ile gözlemsel veriler arasında bir uyumsuzluk olduğunda iyi ihtimalle ya teoride ya da gözlemlerde bir eksiklik vardır. Birindeki eksiklik ya da yanlışlığı gidererek teoriyle gözlemi birbiriyle uyumlu hâle getirmeyi başarabilirsiniz. Dolayısıyla kayıp kütle problemine iki şekilde yaklaşabilirsiniz. Birincisi elinizdeki kuramların doğru olduğunu, sorunların gözlemlerle ilgili olduğunu düşünebilirsiniz.



Newton'un kütle çekim kuramına dayalı tahminler gök adaların dış kısımlarındaki yıldızların dolanma hızlarını sadece gözlemlenebilen madde miktarıyla açıklanamayacağını gösterir. Yukarıdaki görselde Messier 33 gök adasında gözlemlenen dolanma hızları ile Newton'un kütle çekim kuramına dayalı tahminler arasındaki sapma örnekleniyor.

Karanlık madde ışıkla etkileşmediği için doğrudan görülemeyen, doğasının ne olduğu bilinmeyen maddeyi ifade eder. Kozmolojinin standart modeline göre evrende sıradan maddenin beş katından fazla karanlık madde vardır.

Eğer gerçekten de öyleyse gözlemlenen madde miktarı yıldızların dönme hızlarını açıklamakta yetersiz kaldığı için uzayda “doğrudan görülemeyen” kütleli parçacıklar olmalıdır. İkincisi, kütle çekim kuramlarında bir eksiklik olduğunu düşünüp bu eksiklikleri gidermeye ya da gözlemsel verileri açıklayabilecek daha iyi kuramlar geliştirmeye çabalayabilirsiniz. Karanlık madde hipotezi bu yaklaşımlardan birincisinin sonucudur. Bugün pek çok fizikçi uzayın doğrudan görülemeyen ancak kütle çekimi aracılığıyla çevresiyle etkileşen bir tür karanlık madde ile dolu olduğunu düşünüyor. Gözlemlerle ilgili bir sıkıntı olmadığını, yapılması gerekenin kütle çekim kuramlarını iyileştirmek olduğunu düşünen araştırmacıların sayısı ise çok daha az. Yine de bugüne kadar geliştirilmiş pek çok modifiye kütle çekim kuramı var. Örneğin  $f(R)$  kütle çekimi olarak adlandırılan kuramlar Einstein alan denklemlerindeki Ricci sabitini ( $R$ ), Ricci sabitinin bir fonksiyonuyla değiştirerek genel görelilik kuramını iyileştirmeye çalışıyor. Modifiye kütle çekim kuramlarının bir diğer örneği ise kısaca MOND olarak adlandırılan modifiye Newton dinamiği. Newton yasalarını



genelleştirerek gözlemsel verileri açıklamaya çalışan kuramın azımsanamayacak sayıda destekçisi var. MOND’un en önemli özelliklerinden biri ise modifiye kütle çekimi kuramları açısından bile sıra dışı denebilecek bir biçimde karanlık maddenin varlığını yadsıması.

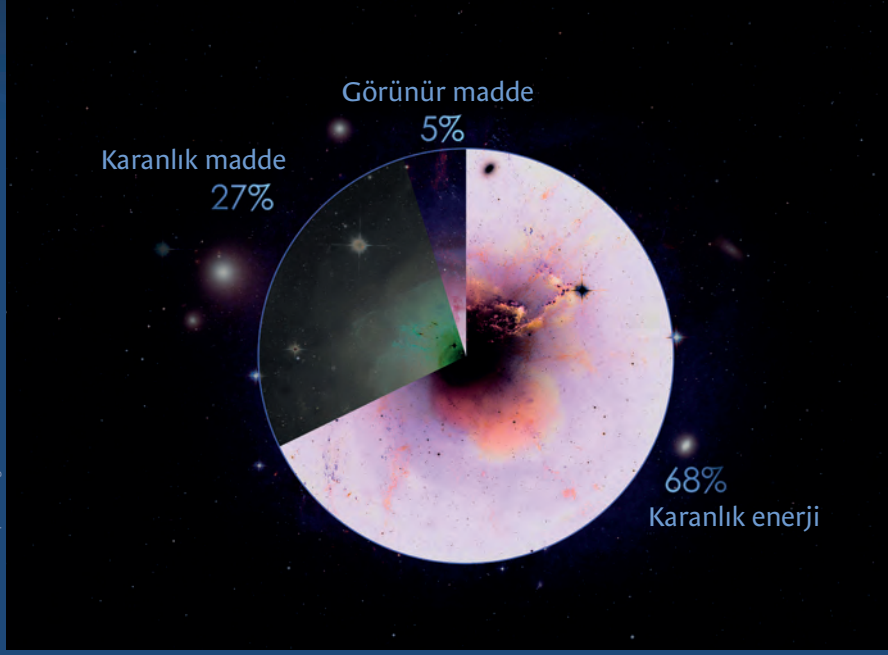
## Karanlık Madde

Karanlık madde adından da anlaşılacağı gibi ışık soğurmadığı ya da yaymadığı için doğrudan görülemeyen maddeyi ifade eder. Işık ışınlarını meydana getiren fotonlar elektromanyetik kuvvetin taşıyıcısıdır. Dolayısıyla, eğer gerçekten de varsa, karanlık madde elektromanyetik kuvvet aracılığıyla etkileşmeyen, elektrik yükü taşımayan parçacıklardan oluşmalıdır. Ayrıca kütle çekimi aracılığıyla çevresini etkilediği için karanlık madde parçacıkları kütleli olmalıdır. Peki karanlık madde parçacıkları başka hangi özelliklere sahip olabilir?

Karanlık madde kendini oluşturan parçacıkların hareket hızlarına göre “soğuk”, “ılık” ve “sıcak” olarak sınıflandırılabilir. Bilimsel çalışmalar, bu ihtimallerden “soğuk karanlık madde”yi öne çıkarır.

Karanlık maddeyi oluşturan parçacıkların doğası ile ilgili öne çıkan hipotezlerden biri kısaca WIMP olarak adlandırılan “zayıf etkileşen kütleli parçacıklar” hipotezidir. Bu hipoteze göre karanlık maddeyi meydana getiren atom altı parçacıklar kütle çekiminin yanı sıra zayıf etkileşim aracılığıyla da etkileşir. WIMP’lerin kütlesi standart modeldeki parçacıklara kıyasla büyüktür. Dolayısıyla yavaş hareket ederler ve kendi aralarındaki kütle çekiminin görece büyük olması nedeniyle bir araya gelerek toplanma eğilimindedirler.

Karanlık madde adayları parçacıklardan biri de axionlar. Franck Wilczek ve Steven Weinberg axionların var olduğu hipotezini 1978 yılında karanlık madde hipotezinden bağımsız olarak öne



Kozmolojinin standart modeline dayalı tahminlere göre karanlık madde evrendeki toplam madde-enerji yoğunluğuna %27 katkıda bulunur.

sürmüştü. Wilczek ve Weinberg'in bilimsel çalışmalarının amacı kuantum kromodinamiğindeki bir probleme çözüm bulmaktı. Ancak eğer doğada gerçekten de axionlar varsa ve kütleleri belirli bir aralığın içindeyse karanlık maddeyi ya da karanlık maddenin bir kısmını axionlar oluşturabilir. Bir başka karanlık madde adayı ise evrenin ilk zamanlarından kalma kara delikler.

Karanlık madde bugün kozmolojinin standart modelinde önemli bir yer tutar. Kısaca  $\Lambda$ CDM olarak adlandırılan modelde  $\Lambda$  karanlık enerjiye karşılık gelen kozmolojik sabiti, CDM ise "soğuk karanlık maddeyi" simgeler. Modeldeki üçüncü ana bileşen ise sıradan maddedir. Gözlemler ve standart modele dayalı tahminlere göre karanlık enerji, karanlık madde ve sıradan

madde günümüzde evrenin toplam madde-enerji yoğunluğuna sırasıyla %68, %27 ve %5 oranlarında katkıda bulunur.

Standart modele göre karanlık madde evrendeki kozmik yapıların oluşumunda önemli rol oynar. Bir araya gelerek topaklanan karanlık maddenin çekimi kozmik yapıların oluşumu sırasında şablon görevi görür. Karanlık madde olmadan gök adaların başlangıçtaki hâlleriyle ortaya çıkması ya da zaman içinde bugünkü hâllerini alması mümkün olamazdı. Karanlık enerji ise evrenin genişleme hızındaki süregiden artışa açıklama getirir.



Kozmolojinin standart modeline göre karanlık madde gök adaların oluşumunda önemli bir rol oynar. Sıradan madde, gök adaları çevreleyen karanlık madde halelerinin kütle çekiminin etkisiyle bir araya gelerek gök adaları oluşturur.

Karanlık madde ve karanlık enerjiyi evrenin yapı taşları olarak ele alan, bugün gözlemlendiğimiz evrenin milyarlarca yıl önce meydana gelmiş bir Büyük Patlama sonucu ortaya çıktığını söyleyen standart model pek çok olguyu başarıyla açıklar. Bugün için standart model ile ilgili en önemli sorun, modelin yapı taşları olan karanlık madde ve karanlık enerjinin gerçekten de var olup olmadığı, eğer gerçekten de varlarsa doğalarının ne olduğudur.

## MOND

Modifiye Newton dinamiği gök ada dinamiklerini karanlık maddeye ihtiyaç duymadan açıklamaya çalışır. Kuramın temel iddiası Newton yasalarının doğru yasalara sadece bir yaklaşım olduğudur. Newton yasaları, ivme değerlerinin görece yüksek olduğu ortamlarda (örneğin yeryüzünde ya da Güneş sisteminde) mükemmel yakın sonuçlar verir. Ancak gök



Mordehai Milgrom

adaların dış kısımları gibi ivme değerlerinin aşırı derecede düşük olduğu ortamlarda ise yetersiz kalır. Başka bir deyişle kütle çekimi ile ilgili doğru fizik yasaları sadece yüksek ivme değerlerinde Newton yasalarına yakınsar.

Newton'un yasalarına göre kütleleri  $m_1$  ve  $m_2$  aralarındaki mesafe  $r$  olan iki cisim arasındaki kütle çekim kuvveti

$$F_N = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$$

eşitliği ile hesaplanır. Bu eşitlikte  $G$  kütle çekim sabitini ifade eder. Bir cisme etki eden kuvvet ile cismin ivmesi arasındaki ilişki ise şudur:

$$F = ma$$

Newton'un üç hareket yasasının ikincisini ifade eden bu eşitlikte  $F$  cisme etki eden kuvveti,  $m$  cismin eylemsizlik kütlelerini,  $a$  ise cismin ivmesini ifade eder.

Newton yasalarının genelleştirilmesi gerektiği düşüncesi ilk kez 1983 yılında Mordehai Milgrom tarafından ortaya atılmıştı. Milgrom'a göre bir cisme etki eden kütle çekim kuvveti ile cismin bu kütle çekim kuvvetinden kaynaklanan ivmesi arasındaki doğru ilişki şu şekilde olmalıdır:

$$F_N = m\mu\left(\frac{a}{a_0}\right)a$$

Bu eşitliğin sol tarafında yer alan  $F_N$ , Newton'un kütle çekim yasası ile

hesaplanan kütle çekim kuvvetidir. Sağ tarafta yer alan  $\mu(x)$  doğru formunun ne olduğu belirlenmesi gereken bir fonksiyonu ifade eder. İnterpolasyon fonksiyonu olarak adlandırılan bu fonksiyonun argümanında yer alan  $a_0$  ise Newton yasalarının hangi koşullar altında yaklaşık olarak doğru olduğunu belirleyen yeni bir temel sabittir. Milgrom'un yasasının yüksek ivme değerlerinde Newton yasalarına yakınsaması için  $\mu(x)$  fonksiyonunun  $x$ 'in 1'den çok büyük olduğu durumlarda 1'e yakınsaması gerekir:

$$x \gg 1 \text{ ise } \mu(x) \rightarrow 1$$

Milgrom yasasının gözlemlere uyumlu olması içinse

$$x \ll 1 \rightarrow \mu(x) \rightarrow x$$

olmalıdır. Bu limit değerlerini sağlayan fonksiyonun ne olduğu ise ancak bilimsel çalışmalarla, kuramsal tahminlerle gözlemleri uyumlu hâle getirmeye çalışarak belirlenebilir. Üzerinde durulan interpolasyon fonksiyonlarından biri "basit interpolasyon fonksiyonu":

$$\mu(x) = \frac{x}{1+x}$$

bir diğeri ise "standart interpolasyon fonksiyonu"dur:

$$\mu(x) = \frac{x}{\sqrt{1+x^2}}$$

Standart Newton dinamiği  $M$  kütleli bir cismin kütle çekiminin  $r$  mesafedeki bir başka bir cisimde sebep olduğu ivmenin  $M/r^2$  ile orantılı olduğunu söyler. Başka bir deyişle ivme cismin kütlesi  $M$  ile doğru orantılı, aradaki mesafe  $r$ 'nin karesi ile ters orantılıdır. Aynı durum ivme değerinin  $a_0$ 'dan çok büyük olduğu (interpolasyon fonksiyonunun  $1$ 'e yakınsadığı) hâllerde MOND için de doğrudur. İvme değerinin  $a_0$ 'dan çok küçük olduğu hâllerde ise MOND ivmenin kütlenin karekökü ile doğru orantılı aradaki mesafe ile ters orantılı olduğunu tahmin eder:  $a \propto \sqrt{M}/r$ .

Milgrom'un yasasına iki şekilde yaklaşmak mümkündür. Birincisi, Milgrom'un yasasının modifiye ettiği şeyin eylemsizlik kütlesi olduğunu düşünülebilir. Başka bir deyişle  $F_N$ 'in  $a$  ile değil  $\mu(a/a_0)a$  ile orantılı olduğunu düşünülebilir. Eğer bu yaklaşım doğru ise sadece kütle çekim kuvvetinin değil elektromanyetik kuvvetin de  $\mu(a/a_0)a$  ile orantılı olması gerekir. Ancak deneysel çalışmalar bu yaklaşımın doğru olmadığını gösteriyor. İkinci olarak Milgrom'un yasasının modifiye ettiği şeyin Newton'un kütle çekim yasası olduğu düşünülebilir. Başka bir deyişle Newton'un ikinci hareket yasası doğrudur. Newton'un kütle çekim yasasının doğru formu ise

$$\frac{Gm_1 m_2}{\mu\left(\frac{a}{a_0}\right)a}$$

olmalıdır. Dolayısıyla Milgrom yasasının getirdiği değişim sadece kütle çekimi ile ilgili olgularla sınırlıdır. Günümüzde MOND'un savunucuları bu yaklaşımı doğru olarak kabul ediyor.

Newton dinamiğinin temel bir özelliği doğrusallıktır. Bir cisim birden fazla kaynağın kütle çekim etkisine maruz kalıyorsa her bir kuvvetin basitçe toplayarak cismin toplam ivmesi hesaplanabilir. Bu durum bir sistemin iç dinamiklerini hesaplarken sistemin bir bütün hâlinde maruz kaldığı dış etkilerin göz ardı edilebileceği anlamına gelir. Sistemin iç dinamikleri ile ilgili tüm hesaplar sistemin kütle merkezi referans alınarak yapılabilir. Aynı durum MOND için geçerli değildir. Çünkü Milgrom yasasındaki ivmeye bağımlı  $\mu(x)$  terimi doğrusallığı bozar. Bu durumun bir sonucu, bir sistemin iç dinamiklerinin dış etkilerden bağımsız olarak ele alınamayacağıdır. Newton dinamiğinde bir analogu olmayan bu durum "harici alan etkisi" olarak adlandırılır.

Milgrom yasasında yer alan  $a_0$  sabitinin değerinin ne olması gerektiği kuramın ortaya atıldığı ilk yıllarda Kor Begeman ve arkadaşları tarafından ele alınmıştı.

Araştırmacılar Milgrom yasasını gök ada dolanma eğrileriyle ilgili verilere uydurarak  $1,2 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$  değerinin optimal olduğunu hesaplamıştı. Aradan geçen yıllarda sabitin değerinde kayda değer bir değişim olmadı. Yeryüzündeki yaklaşık  $9,8 \text{ m/s}^2$ 'lik yer çekim ivmesinin ya da Güneş sistemindeki gezegenlerin ivmelerinin yanında  $1,2 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$  değeri çok küçük kalır. Dolayısıyla bu ortamlarda interpolasyon fonksiyonunun değeri yaklaşık olarak  $1$ 'dir ve Newton yasaları Milgrom yasasına çok iyi bir yaklaşımdır. Söz konusu gök adaların dış bölgelerinde dolanan yıldızlar olduğundaysa ivme değerleri  $1,2 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$ 'nin çok altına düşer. Bu ortamlarda Newton yasaları ve Milgrom yasası birbirinden çok farklı tahminler yapar.

## MOND Üzerine Bilimsel Çalışmalar

İlk kez öne sürülmesinin ardından geçen kırk yılda MOND üzerine pek çok bilimsel çalışma yapıldı. Bu çalışmaların bazılarında elde edilen sonuçlar MOND'u  $\Lambda$ CDM karşısında ön plana çıkarırken bazılarında ise MOND,  $\Lambda$ CDM kadar başarılı sonuçlar vermiyor.



John Chumack / SPL



Mark Garlick / SPL

## Gök Adaların Dolanma Eğrileri

MOND, gök ada ölçeğindeki sorunların aşılması için öne sürülmüş bir teoridir. Kuramın bu ölçekte gerçekten de çok iyi sonuçlar verebileceğini

gösteren çalışmalardan biri ise 2016 yılında *Physical Review Letters*'ta yayımlandı. Case Western Reserve Üniversitesinden Stacy McGaugh ve arkadaşları 153 gök adanın dolanma eğrileri ile ilgili ölçümleri MOND kullanarak büyük bir hassasiyetle tahmin etmeyi başardı. Gök adaları

çevreleyen karanlık madde halelerine gerek duymadan da gök adaların dolanma eğrilerinin açıklanabileceğini gösteren bu sonuçlar Milgrom'un öne sürdüğü düşünceleri destekler nitelikteydi. Bu ve benzeri hesaplarda MOND'un karanlık madde hipotezi karşısındaki bir üstünlüğü, sadece gözlemlere dayalı olarak kuramsal tahminler yapılmasına izin vermesi. Başka bir deyişle MOND kullanarak bir gök adanın dinamikleri ile ilgili kuramsal tahminler yapabilmemiz için gök adadaki madde dağılımını ölçmeniz yeterli. Aynı durum karanlık maddeye dayalı kuramlar için geçerli değil. Bu kuramlarda ancak gözlemlenen dinamikleri analiz ederek sistemde ne kadar karanlık madde olduğu ile ilgili çıkarım yapılabilir. Sadece gözlemlenen madde dağılımına bakarak sistemin dinamikleri ile ilgili hesap yapmaksızın mümkün değildir.

## İkili Yıldız Sistemleri

MOND'u test etmek için ideal sistemler karanlık maddenin önemli bir etkisinin olması beklenmeyen sistemlerdir. Böyle bir sistemde gözlemlenecek kütle çekimi ile ilgili herhangi bir anormallik, gözlemlenemeyen karanlık maddeden değil, kütle çekim yasalarındaki bir eksiklikten ya da yanlışlıktan kaynaklanıyor olacaktır.

Karanlık maddenin önemli bir etkisinin olması beklenmeyen sistemlerden biri, birbirinin etrafında dönen iki yıldızdan oluşan sistemlerdir. Kozmolojinin standart modeli, devasa gök adaları çevreleyen yüksek miktarda karanlık madde halesi olduğunu söylese de ikili yıldız sistemleri gibi görece küçük ölçekli bir sistemin içerisinde sistemin dinamiklerini belirgin bir biçimde etkileyecek miktarda karanlık madde olması beklenmez. Dolayısıyla böyle bir sistemin dinamiklerinde gözlemlenecek herhangi bir anormalliğin nedeni kütle çekim yasalarındaki bir eksiklik ya da yanlışlık olmalıdır.

Avrupa Uzay Ajansı'nın Gaia Astrometrik Uzay Görevi kapsamında yapılan çalışmalarda ikili yıldız sistemlerindeki hareketler hassas bir biçimde

ölçülebiliyor ve elde edilen veriler MOND'u test etmek için kullanılabilir. Ancak ilginç bir biçimde bugüne kadar yapılan çalışmalarda birbiriyle çelişen sonuçlara ulaşıldı. Bazı araştırmacılar Gaia verilerini kullanarak MOND'u destekleyen sonuçlara ulaştıklarını açıklayan makaleler yayımlarken bazı araştırmacılar standart Newton dinamiğini destekleyen sonuçlara ulaştıklarını açıklayan makaleler yayımladı.

Güney Kore'deki Sejong Üniversitesinden Kyu-Hyun Chae 26.500 ikili yıldız sistemindeki hareketleri analiz etti. Sonuçları 2023'te *The Astrophysical Journal*'de yayımlanan çalışmada yıldızların hareketlerinin MOND'un tahminleri ile uyumlu olduğu tespit edildi. Yine 2023'te yayımlanan bir başka

çalışmada ise Birleşik Krallık'taki St Andrews Üniversitesinden Indranil Banik, iki yıldız sistemlerinin dinamiklerinin standart Newton mekaniği ile uyumlu olduğu sonucuna vardı. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*'de yayımladığı sonuçlar, daha önceleri MOND taraftarı olan Banik'in fikrini değiştirmesine yol açtı.

Benzer bilimsel çalışmaların neden birbiriyle farklı sonuçlar verdiği hâlâ tartışmalara konu oluyor. Banik'e göre farklılıkların nedeni, iki çalışmanın ölçümlerdeki belirsizlikleri ele alma biçimi olabilir.

## Harici Alan Etkisi

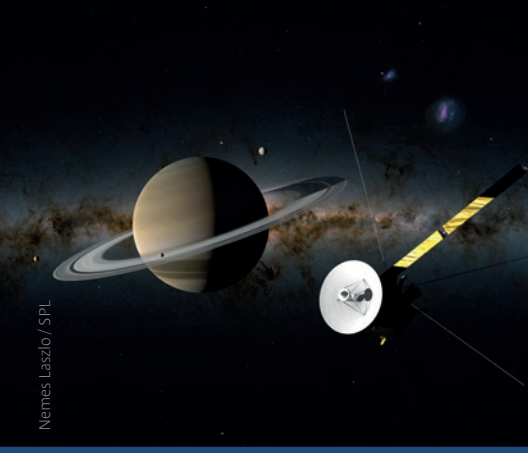
Eğer MOND doğruysa Güneş sisteminin dış kısımlarındaki gezegenlerin yörüngelerinde harici alan etkisinin izlerinin tespit edilebilmesi gerekir. Ancak 2004-2017 yılları arasında Satürn'ün etrafından dolanan Cassini uzay aracının topladığı verilerde bugüne kadar MOND'u destekleyebilecek herhangi bir bulguya ulaşılamadı. Cassini'nin topladığı Satürn'ün yörüngesiyle ilgili verilerde harici alan etkisine rastlanamadı. Banik'e göre Cassini verileriyle MOND'u uyumlu hâle getirmenin bir yolu yok ve MOND'un bir ışık yılından daha küçük ölçeklerde doğru sonuçlar vermesi imkânsız.



Gaia Uydusu

European Space Agency/D. Ducros / SPL

Cassini uydusunun topladığı Satürn'ün yörüngesi ile ilgili verilerde harici alan etkisine dair bir iz rastlanmadı.



Nemes László / SPL

M. Markevitch / CXC / CFA / NASA / SPL



Mermi Kümesi'nin Chandra X Işını Gözlemevi tarafından elde edilmiş görüntüsü. Görsele sıradan maddenin pembe renkle, kütle çekimsel mercekleme etkisinde dayalı hesaplara göre karanlık maddenin bulunduğu bölgelere mavi renkle gösteriliyor. Mermi Kümesi ilk kez gözlemlendiğinde elde edilen verilerin karanlık madde hipotezini doğruladığı öne sürülmüştü. Bugün bazı araştırmacılar, gök adaların hızları ile ilgili verilerden yola çıkarak Mermi Kümesi ile ilgili gözlemlerin kozmolojinin standart modelini yanlışladığını, MOND'u ise desteklediğini öne sürüyor.

## Gök Ada Kümeleri

NASA 2006 yılında çarpışmakta olan iki gök ada kümesinin görüntüsünü yayınlamıştı. Kaynaşmakta olan gök ada kümelerinin toplu hâline Mermi Kümesi adı verilmişti. Gök adalardaki gök cisimlerinin detaylı konumları Hubble Uzay Teleskobu ile yapılan gözlemlerle tespit edilmişti. Gök adalar arasındaki sıcak gazlar ile ilgili bilgilerse Chandra X Işını Gözlemevi'nin yaptığı çalışmalarla elde edilmişti. Araştırmacılar, hem gök adaların ve gazların dağılımı hem de kütle çekimsel mercekleme etkisi ile ilgili verileri de kullanarak gök ada kümelerindeki karanlık madde miktarını ve dağılımını hesaplamıştı. Elde edilen sonuçlar maddenin gerçekten de var olduğunu gösterdiği iddia edilmişti. Bonn Üniversitesinden Pavel Kroupa ise Mermi Kümesi ile ilgili verilerin  $\Lambda$ CDM'yi değil MOND'u destekler nitelikte olduğunu iddia ediyor. Kroupa'ya göre bu durumun nedeni

kaynaşan kümelerin çekimine kapılan gök adaların hareket hızları.  $\Lambda$ CDM'ye dayalı hesaplara göre gök adaların hareket hızlarının gözlemlenenenden daha düşük olması gerekiyor. MOND'a dayalı hesaplarsa gözlemlerle uyumlu sonuçlar veriyor. McGaugh ise Mermi Kümesi verilerinin sadece  $\Lambda$ CDM için değil MOND için de sorunlu olduğunu söylüyor. MOND ile yapılan analizlerde de kütle değerleriyle ilgili bir uyumsuzluk var.

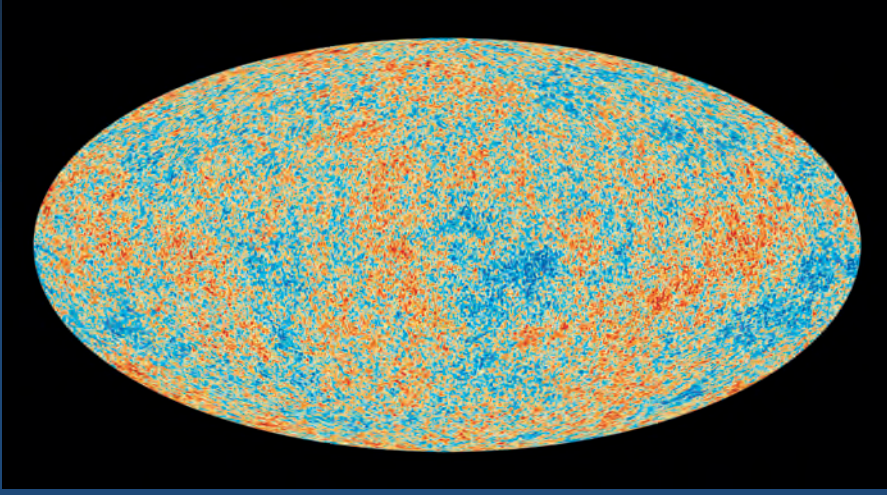
## Kozmik Artalan Işınması

Kozmik artalan ışınması günümüzde tüm evreni neredeyse homojen bir biçimde dolduran yaklaşık 2,7 Kelvin sıcaklıktaki ışımadır. Büyük Patlama'nın 380.000 yıl sonrasında beri evreni serbestçe dolaşan bu ışımanın sıcaklığında anizotropiler olarak adlandırılan ufak dalgalanmalar bulunur. Kozmolojinin standart modelinde anizotropileri açıklamak için karanlık maddenin varlığından

yararlanılır. MOND'un gerçek anlamda karanlık madde hipotezine rakip olabilmesi için doğal olarak kozmik artalan ışınmasındaki anizotropilere de bir açıklama getirmesi gerekir.

MOND, Einstein'in genel görelilik kuramını değil Newton'un kütle çekim yasasını modifiye eder. Kozmik artalan ışınmasındaki anizotropileri açıklayacak,  $\Lambda$ CDM'ye rakip olacak bir kozmoloji modeli ortaya koyabilecek bir kuramınsa görelilik kuramıyla uyumlu olması gerekir.

Modern kozmolojiye uygulanabilecek ilk rölativistik MOND modeli, 2000'lerde Jacob Bekenstein tarafından geliştirilmişti. Ancak Tensor-Vektör-Skalar (TeVeS) kütle çekimi olarak adlandırılan bu kuram pek başarılı olamadı. Kozmik artalan ışınmasında karanlık maddeye bağlanan anizotropileri açıklayamamasının yanı sıra kütle çekimsel mercekleme ya da kütle çekimsel dalgalar gibi olguları modellemekte de yetersiz kaldı.



büyük kütleli gaz bulutları daha hızlı bir biçimde ve doğru zaman ölçeğinde kendi içine çökerken daha düşük kütleli gaz bulutlarının kendi içine çökmesi ise daha uzun zaman alıyor.

## Devasa Yapılar ve Boşluklar

MOND destekçileri tarafından karanlık madde hipotezinin yanlışlığını gösterdiği düşünülen diğer gözlemler evrendeki devasa yapılarla ve devasa boşluklarla ilgili. Örneğin 2021 yılında Central Lancashire Üniversitesinden Alexia Lopez 3,3 milyar ışık yılı uzunluğunda bir yayın üzerine dağılmış gök adalar ("Dev Yay") keşfetmişti. Lopez, 2023 yılında ise çapı 1,3 milyar yıl olan bir halkanın üzerine dağılmış gök adalar ("Büyük Halka") keşfetti. Bu devasa yapıların yanı sıra evrende madde yoğunluğunun aşırı derecede düşük olduğu devasa boşluklara da rastlanıyor. Örneğin KBC boşluğunun çapı yaklaşık olarak iki milyar ışık yılı. İçinde bulunduğumuz Samanyolu gök adası ve diğer bazı gök adalar da bu aşırı derecede düşük yoğunluklu boşluğun içinde yer alıyor. Bu ve benzeri devasa yapılar ve boşluklar ile ilgili temel sorun, ana bileşenlerinden biri karanlık madde olan  $\Lambda$ CDM'ye dayalı simülasyonların bu derecede büyük yapıları ve boşlukları ortaya çıkaramaması. MOND destekçilerine göre  $\Lambda$ CDM'nin bu gözlemlere bir açıklama getirmesi imkânsız.

Çek Bilimler Akademisinden Constantinos Skordis ve Tom Złośnik, 2021 yılında bir başka rölativistik MOND teorisi geliştirdi. Araştırmacılar modellerine sadece evrenin ilk dönemlerinde etkili olmuş, kütle çekimini modifiye ederek karanlık maddenin etkilerine benzer etkiler ortaya çıkaran alanlar ekledi. Her ne kadar kozmik artalan ışımasını açıklamakta başarılı olsa da Skordis ve Złośnik'in kuramı da TeVeS gibi kütle çekimsel mercekleme ile ilgili ölçümleri doğru tahmin edemiyor.

## Gök Adaların Oluşma Hızları

Söz konusu evrendeki yapıların gelişimi olduğunda  $\Lambda$ CDM önce ufak yapıların oluşacağını daha sonra bu ufak yapıların zamanla bir araya gelerek kaynaşmasıyla daha büyük yapıların ortaya çıkacağını söyler. Başka bir deyişle görece daha küçük yapılar evrenin daha erken dönemlerinde görece daha büyük yapılar evrenin daha geç dönemlerinde oluşmalıdır. Ancak eliptik gök adalardaki yıldız kütlelerinin gelişimi ile ilgili gözlemler bu genel kurala uymuyor.

Avusturyalı gök bilimci Sabine Bellstedt ve arkadaşlarının yaptığı bilimsel çalışmalar evrendeki büyük kütleli eliptik gök adaların günümüzden on bir milyar yıl önce bugün sahip olduğu "yıldız kütlelerinin" yaklaşık yarısı kadar yıldız kütlelerine sahip olduğunu gösteriyor. Söz konusu küçük kütleli gök adalar olduğundaysa gök adaların bugün sahip olduğu yıldız kütlelerinin yarısına günümüzden ancak dört milyar yıl önce ulaşmaya başladığı görülüyor. Bu durum büyük gök adaların daha yavaş oluşacağını söyleyen kozmolojinin standart modeliyle çelişiyor. MOND savunucuları, büyük patlamadan sadece birkaç milyar yıl sonra devasa gök adaların ortaya çıkmış olmasını karanlık madde hipotezini yanlışlayan bir veri olarak görüyor. Hatta MOND'un bu durumu daha iyi açıkladığı iddiaları var. Pavel Kroupa, Prag'daki Charles Üniversitesinden Robin Eapen ile yaptıkları bir çalışmada MOND'u kullanarak yaptıkları simülasyonlarda gözlemlerle uyumlu bir biçimde daha büyük kütleli gök adaların daha erken, daha küçük kütleli gök adalarinsa daha geç oluştuğunu söylüyor. Simülasyonlarda daha



Yerel Delik olarak da adlandırılan KBC Boşluğu

## Özet

Karanlık madde hipotezi kozmolojinin standart modelinde önemli bir yer tutsa da karanlık maddenin gerçekten var olup olmadığı, eğer varsa doğasının ne olduğu hâlâ tartışma konusu. Bazı araştırmacılar ise modifiye kütle çekim kuramları geliştirmeye uğraşiyor. Bu kuramların önde gelenlerinden MOND, karanlık maddenin varlığına ihtiyaç duymadan Newton kütle çekim yasasını modifiye ederek tüm kütle çekimsel olguları açıklamaya çalışıyor. Başlangıçta gök adaların dinamiklerini açıklamak için tasarlanmış kuram çeşitli konularda başarılı olsa da hâlâ aşılamayan sorunlar var. MOND'ü görelilik kuramı ile uyumlu hâle getirmeye çabalarında başarılı bir sonuç elde edilebilmiş

değil. Ayrıca MOND'a dayalı bir kozmoloji modeli de henüz oluşturulamadı.

Kozmolojinin standart modelini ve MOND'u destekleyenler farklı noktalara odaklanıyor. MOND savunucuları kuramın, gök adaların dinamiklerini açıklamadaki başarısını ön plana çıkarıyor. Rölavitistik bir MOND teorisi ya da MOND'a dayalı bir kozmoloji modeli oluşturulması gibi sorunlarinsa zamanla aşılabacağını düşünüyor.  $\Lambda$ CDM'yi ve dolayısıyla karanlık madde hipotezini savunanlarsa kozmolojinin standart modelinin hemen hemen tüm gözlemsel verileri başarıyla açıkladığına dikkat çekiyor. Gök adaların oluşma hızları ya da devasa yapılar

ve boşluklar ile ilgili sorunlarinsa uzayda meydana gelen fiziksel süreçlerin daha iyi anlaşılmasıyla aşılabacağını düşünüyor.

Her ne kadar alternatifler üzerine çalışmalar olsa da karanlık madde hipotezi kozmolojideki baskın rolünü koruyor. Dünya genelinde pek çok araştırma grubu karanlık maddenin doğasını çözümllemek üzerine çalışmaya devam ediyor. Hatta hedeflerinden pek de uzak olmayabilirler. MOND ya da diğer modifiye kuramların kozmolojide ön plana çıkabilmesi için ise hâlâ çok yol almaları lazım. Sonuçta bu kuramların sadece bugün  $\Lambda$ CDM'nin yetersiz gözüktüğü tekil sorunlara değil  $\Lambda$ CDM'nin başarıyla açıkladığı tüm olgulara da bir açıklama getirmesi gerekiyor. ■



Portekiz'deki Castro de Palheiros'tan Samanyolu görüntüsü

Miguel Claro / SPL

## Kaynaklar

- Cooper, K., "Cosmic combat: delving into the battle between dark matter and modified gravity", *Physics World*, <https://physicsworld.com/a/cosmic-combat-delving-into-the-battle-between-dark-matter-and-modified-gravity/>, 6 Şubat 2024.
- Cooper, K., "Dark matter's secret identity: WIMPs or axions?", *Physics World*, <https://physicsworld.com/a/dark-matters-secret-identity-wimps-or-axions/>, 25 Haziran 2024.
- Cooper, K., "MOND versus dark matter: the clash for cosmology's soul", *Physics World*, <https://physicsworld.com/a/mond-versus-dark-matter-the-clash-for-cosmologys-soul/>, 12 Ağustos 2025.
- McGaugh, S. S., ve ark., "Radial Acceleration Relation in Rotationally Supported Galaxies", *Physical Review Letters*, Cilt 117, s. 201101, 2016.
- Chae, K.-H., "Breakdown of the Newton-Einstein Standard Gravity at Low Acceleration in Internal Dynamics of Wide Binary Stars", *The Astrophysical Journal*, Cilt 952, Makale No: 128, 2023.
- Skordis, C. ve Zločnik, T., "New relativistic theory for modified Newtonian Dynamics", *Physical Review Letters*, Cilt 127, s. 161302, 2021.
- Bellstedt, S., ve ark., "Galaxy And Mass Assembly (GAMA): a forensic SED reconstruction of the cosmic star formation history and metallicity evolution by galaxy type", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Cilt 498, s. 5581, 2020.
- Begeman, K. G., ve ark., "Extended rotation curves of spiral galaxies: dark haloes and modified dynamics", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Cilt 249, s. 523, 1991.

# Gökkuşığı Karidesinin Olağanüstü Görme Sistemi

Dr. Özlem Ak [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

İnsan gözü, retinadaki üç tip fotoreseptör hücresi sayesinde kırmızı, yeşil ve mavi ışığa duyarlıdır. Bu üç temel algı mekanizması, beynin işleyişiyle birleştiğinde yaklaşık bir milyon farklı rengin ayırt edilmesine olanak tanır. Ancak okyanus tabanında yaşayan gökkuşığı karidesi, diğer adıyla mantis karidesi (*Odontodactylus scyllarus*) çok daha karmaşık bir görme donanımına sahip. Bu canlıların gözlerinde 12 ila 16 arasında değişen sayıda fotoreseptör (ışığı algılayarak beyne görsel sinyaller gönderen ve böylece görme sürecinin temelini oluşturan özel hücreler) bulunur. Bu sayede yalnızca görünür ışık değil, morötesi ve kızılötesi dalga boyları da algılanabilir. Ayrıca bu canlılar ışığın sadece şiddetine değil, titreşim yönüne yani polarizasyonuna da duyarlıdır. Hatta insan gözünün hiç algılayamadığı dairesel polarize ışığı bile seçebilecek

hassasiyete sahiptirler. Bu gelişmiş görme yeteneği, mantis karidesine hem yaşadığı ortamda hem de sosyal davranışlarında önemli avantajlar sunar. Avlarını çok daha keskin bir görüşle seçip yakalayabilir, bulanık ya da ışığın az ulaştığı sularda yönünü kolaylıkla bulabilir ve kendi türünden bireylerle iletişim kurarken son derece karmaşık görsel sinyallerden yararlanabilir. Yine de sahip olduğu fotoreseptörlerin çeşitliliğine karşın mantis karidesinin insanlardan daha fazla rengi ayırt edemediği görülmüş. Bunun temel nedeni görme sisteminin işleyişindeki farklılık. İnsanlarda renk algısı, gözlerden gelen bilgilerin beyinde işlenmesiyle oluşuyor. Oysa mantis karidesinin gözleri bu bilgiyi doğrudan işleyebiliyor ve canlının çok hızlı tepki vermesini sağlıyor. Böylece renk ayrıntıları bir ölçüde kaybolursa da tepki süresi büyük ölçüde

kısalıyor. Bu canlıların avına yönelirken milisaniyeler içinde harekete geçebilmesi, görsel bilginin olağanüstü bir hızda işlenebilmesinin en dikkat çekici sonucudur.

Mantis karidesinin gözleri, işlevlerinin yanı sıra yapısal olarak da dikkat çekicidir. İki ayrı sap üzerinde bulunan bileşik gözler (ommatidyum adı verilen birimlerden oluşan petek göz yapısı) birbirinden bağımsız olarak hareket ederek çevrenin geniş bir bölümünü aynı anda tarayabilir. Dahası her gözde üç farklı görme bölgesi vardır. Bu sayede her bir göz derinlik algısına sahiptir ve tek başına



hâkim olduğu bölgeleri ayırt edebilmeleri de bu gelişmiş görme yetisinin bir sonucudur.

Bu olağanüstü görme donanımı, mühendislikten tıba kadar birçok alanda araştırmacılara ilham veriyor. Özellikle polarize ışığı algılama yetisinin taklit edilmesi ile su altında görüşü iyileştiren cihazlardan daha hassas tıbbi görüntüleme tekniklerine ve yeni nesil kamera sensörlerine kadar pek çok yenilikçi çözüm geliştiriliyor. Mantis karidesinin görme sistemi ise doğadaki işlevsel çeşitliliğin teknolojiye nasıl uyarlandığını gösteren çarpıcı bir örnek olarak öne çıkıyor.

Mantis karidesi, küçük boyutuna rağmen sahip olduğu benzersiz görme kapasitesiyle deniz canlıları arasında özel bir konumda yer alıyor. Gözleri yalnızca bir avcı olarak çevresine üstünlük sağlamasını değil aynı zamanda bilim insanlarının ışık ve görme üzerine temel sorulara yanıt aramasına yardımcı oluyor. Bugün için net olarak bilinen, doğadaki en gelişmiş görme sisteminin bu sıra dışı kabukluya ait olduğu. Ancak bunun nasıl ortaya çıktığı ve tam olarak hangi işlevlere hizmet ettiği hâlâ araştırmaların merkezinde yer alıyor. ■

#### Kaynak

<https://doi.org/10.1073/pnas.2026833118>

üç boyutlu görüntü oluşturabilir. İnsanlarda ise iki gözden gelen veriler birleştirilerek derinlik algısı ve üç boyutlu görüntü ortaya çıkar. Mantis karideslerinin bu özelliği, özellikle karmaşık yapıdaki mercan resiflerinde avlarını takip etmeleri ve yuvalarını savunma açısından kritik önemdedir. Gözlerin orta bölümünde yer alan altı sıra hâlindeki fotoreseptörler ise dalga boylarını ve polarizasyonu algılamada özelleşmiştir. Bu bölüm, mantis karidesinin görme sisteminin ayırt edici özelliğini kazandıran temel yapıdır.

Mantis karideslerinde görme sisteminin böylesine karmaşık bir düzeyde gelişmesinin nedenleri

henüz tam olarak açıklığa kavuşmadı. Ancak araştırmacılar bu özelliklerin iletişim, eş seçimi ve sosyal davranışlarda belirleyici olduğunu düşünüyor. Mantis karideslerinin vücutlarında dairesel polarize ışığı yansıtan desenler bulunuyor. Gözleriyle diğer canlıdan yansıyan dairesel polarize ışığı algılayabilen mantis karidesleri bu desenleri çiftleşme sırasında dişilerin ilgisini çekmek, rakip erkekleri caydırmak ya da bölgesel üstünlüğü göstermek için kullanıyor. Aynı zamanda morötesi ışığa duyarlılık, farklı avların veya potansiyel eşlerin tanınmasını kolaylaştırıyor. Deniz tabanında yuva açarken başka mantis karideslerinin hâlihazırda

# BİLİM TARİHİNDEN NOTLAR

Prof. Dr. Hüseyin Gazi Topdemir

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

## Roger Bacon'ın Bilimsel Çalışmaları I

### Kısa Hayat Hikâyesi

Sezgisel ve teolojik yaklaşımın yaygın olduğu bir zaman dilimi olarak kabul edilen Orta Çağ'da yaşayan Roger Bacon, İngiltere'nin Somerset bölgesindeki Ilchester kasabasında 1213 yılında doğdu ve 1292 yılında Oxford'da hayata gözlerini yumdu. Doğa bilimleri, aritmetik, geometri, optik, coğrafya, astronomi, simya ve dil bilimi konularında araştırmalar yaptı ve bu konuların birçoğuna özgün katkılarda bulundu. Çalışmalarının sonuçlarını temel olarak *Opus Majus*, *Opus Secundum* ve *Opus Tertium* adlı kitaplarında derledi. Bacon, "yedi özgür sanat" olarak isimlendirilen ve gramer, retorik, diyalektik (mantık), aritmetik, astronomi, geometri ve müzik alanlarının öğretilmesine dayanan tipik bir Orta Çağ eğitimi aldı. O dönemin önemli eğitim ve araştırma kurumları olan Oxford ve Paris üniversitelerine devam etti. Entelektüel gelişiminin biçimlenmesinde Oxford'da hocası olan Robert Grosseteste'nin (1168-1253) derin etkisi oldu. Sezgisel ve metafizik temelli bir ışık



İngiliz filozof Roger Bacon (1213-1292)

kuramı geliştiren Grosseteste'nin etkisiyle optik konusuna yönelen Bacon, düzlem ve küresel yüzeylerde ışığın kırılma davranışını deneysel olarak araştırdı. Teolojiye de ilgi duyan Bacon, Papa IV. Clemens'in yönlendirmesiyle tartışmalı dinî meselelere makul çözümler önerdiği eserler yazdı. Çalışmalarında izlediği deneysel yöntem ve geliştirdiği rasyonel yaklaşım, skolastik öğretiyeye karşı farklı bir düşünme biçimi ortaya koyduğunu gösterir.

## Bilgi Üzerine: Scientia Experimentalis

Felsefenin amacının var olanların doğalarının ve niteliklerinin anlaşılmasını sağlamak olduğunu savunan Bacon'a göre bilginin üç kaynağı vardır: otoriteler, akıl ve deney. Ancak otoriteler akıl olmadan yetersiz olduğu ve akıl yürütme sonucu ortaya konulan önermeler deneyle doğrulanmadığı

sürece hakikate ulaştıramayacağı için deney kesinliğin tek ve en yetkin kaynağıdır. Deney dışsal ve içsel olmak üzere iki çeşittir. Birincisi dışsal duyulara ve matematiğin sağladığı kesinliğe dayanarak sonuçlarını formüle eder. İkincisi ise ilhamın sonucu olan içsel bilgidir. Böylece Bacon'ın bilgi anlayışının deney-akıl birlikteliği üzerine temellendirilmiş bir düşünce sistematiğine sahip olduğu ve bu sistemde deneyin diğer bilgi edinme yollarından farklı olarak ayrıcalıklı bir konuma sahip olduğu anlaşılır. Ayrıca doğanın temel ilkelerinin deneyle keşfedilebileceğini, doğru ve kesin bilgiye yalnızca deneyle ulaşılacağını vurgular. Aynı zamanda bilgiyi, bilinen şeyin (nesne) bilen (özne) üzerindeki etkisi olarak tanımlar. Bu tanımdan bilgiyi özne ile nesne arasındaki etkileşimi üzerinden ele alan geleneksel özne-nesne ikilemine göndermede bulunduğu anlaşılır.

Bacon'a göre bilgi üzerine derinlemesine düşünmeyi gerektirecek önemli bir konudur. Çünkü bilginin, Kilise'nin yönetilmesi, inanç ilkelerinin hiyerarşik olarak düzenlenmesi, inanmayan kişilerin iman etmesinin sağlanması, toplumsal ve ahlaki düzenin korunması olmak üzere dört önemli işlevi vardır.

Bilgi hakkındaki açıklamaları birçok açıdan dikkat çekici olmakla birlikte Bacon'ın bilgiye teolojik bir işlev yüklemesi, matematik ve doğa bilimleri alanlarında çalışmış olmasına ve deneyin kesin bilginin kaynağı olduğunu savunmasına rağmen teolojik bakışın dışına çıkmadığını



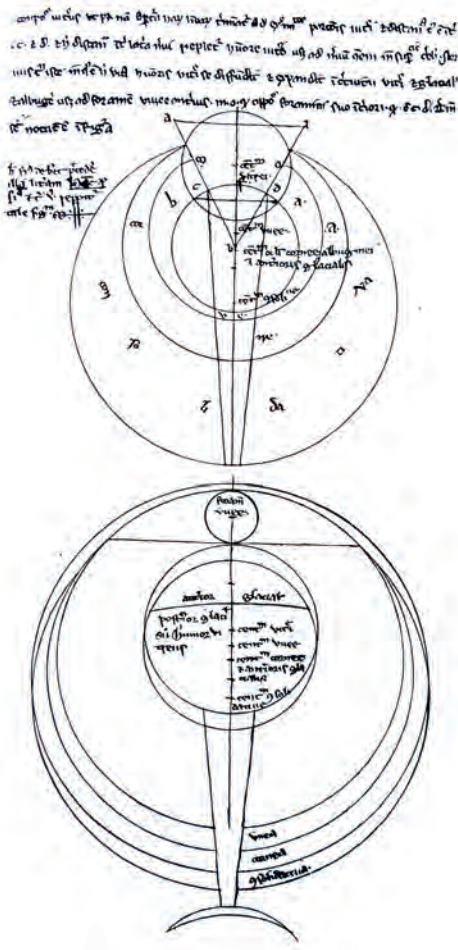


iddiaya göre Bacon, okült yani doğrudan gözlemlenemeyene dair bilgiyi deneysel yöntemin merkezine yerleştirmiştir. George Sarton (1884-1956) da Bacon'un deneye vurgu yapmasını değerli bulmakla birlikte bilim ve doğaüstü olanı birbirinden ayırmayı başaramadığını ileri sürer.

gösterir. Dönemin entelektüellerinin düşünce dünyalarında bu iki karşıt yaklaşımın bir arada bulunması, Batı Orta Çağ felsefesinin ve biliminin yorumlanmasında uzlaşma imkânı bulunmayan değerlendirmelere yol açmıştır. Mesela Francis Bacon (1561-1626) Orta Çağ Dönemi'ni bilim ve felsefe açısından bütünüyle verimsiz kabul ederken bilim tarihçisi ve felsefecisi William Whewell (1794-1866), "Roger Bacon'un eserleri, içerdiği bilgi bakımından çağının çok ötesinde olmakla kalmayıp deneyin üstünlüğünü ileri sürmesi ve bu konuda tefekkür etmesi bakımından dönemin düşünsel yapısından o kadar farklıdır ki böyle bir karakterin o dönemde nasıl var olabildiğini kavramak zordur." der. Buna karşın Pierre Duhem (1861-1916) "Bacon, iddia edilenlerin aksine deneysel yöntemi modern anlamıyla kavramış değildir." şeklinde bir değerlendirmede bulunmuştur. Lynn Thorndike (1882-1965) ise Bacon'un deney anlayışının daha önceki kaynaklardan edindiği deneysel yaklaşımın Orta Çağ versiyonunu oluşturmaktan öteye gidemediğini savunur ve bilim ile doğaüstü olan arasındaki sınırı belirlemede başarısız olduğunu belirtir. Bu

## Matematik Çalışmaları

Bacon, *Opus Majus*'un dördüncü kısmını matematiğe ayırmıştır. Burada matematiğin değeriyle ilgili düşüncelerini aktarır. Ona göre dört temel bilim vardır ve bunlar olmadan diğer bilimler anlaşılabilir ve "şeylerin bilgisi" (doğadaki varlıkların ve olguların bilgisi) güvence altına alınamaz yani bilginin doğruluğu ve güvenilirliği sınanamaz. Matematik, bütün bilimlerin kapısı ve anahtarıdır. Batı Orta Çağ entelektüelleri, matematiği uzun süre ihmal ettikleri için tüm çalışma sistemleri bozulmuştur. Oysa matematik bilmeyen bir kimse ne diğer bilimleri ne de doğada gerçekleşen olayları anlayabilir. Daha da kötüsü bu kimse kendi cehaletinin farkına da varmaz. Hâlbuki matematik, zihni kesin bilgiye ulaşacak bilişsel seviyeye yükseltir. Matematik bilen kimse onu diğer bilimlerdeki problemlerin çözümünde doğru şekilde kullandığında doğru, kesin, sistematik ve etkili sonuçlara ulaşabilir. O yüzden bilginler matematiğin her bilim için gerekli olduğunu belirtir. Mesela Boetius "Eğer bir araştırmacı matematik bilmiyorsa geçiği



Roger Bacon'ın 13. yüzyılda derlediği bir eserde yer alan ve göze giren ışığı gösteren diyagram.

keşfetme yeteneği çok sınırlıdır, hakikat hakkında doğru bir kavrayışa sahip olamaz, felsefeye yatkınlık kazanamaz ve tüm öğrenme bilgisini kaybetmiştir.” der.  
Bacon'ın matematiğe ve işlevine verdiği bu

değer, Fârâbî'den (870-950) etkilendiğini açıkça gösterir. Nitekim “Alpharabius (Fârâbî'nin Batı'da bilinen adı), matematik olmadan gramer ve mantığın derinlemesine kavranamayacağını açıkça ortaya koyar.” der. Açıklamalarında öne çıkan düşüncelerden biri, insanın matematiksel hakikatleri kavrama becerisine doğuştan sahip olduğudur. Böylece Antik Yunan'da yaygın olan matematiğin duyuya değil akla dayandığı görüşünü benimsediği anlaşılır. Matematiğin gerekliliğine ilişkin Bacon'ın öne sürdüğü bir diğer neden de “İnsan için bilme sürecinde doğal yol kolay olandan daha zor olana doğrudur.” diyerek matematiği en temel disiplin olarak tanımlamasıdır. Bir diğer değerlendirmesi ise din bilginlerinin matematik bilmemelerinin kabul edilemez olduğudur. Ayrıca insanın kavrayış gücünün matematik sayesinde arttırılacağını savunur. Bu bağlamda İbn Rüşd'e (1126-1198) göndermede bulunarak “doğanın matematik yapıda olduğunu” yani matematiğin yasalarına göre işlediğini ileri sürer. Matematiğin değişmez ilkelere dayanan kesin bir bilim olduğunu belirten Bacon'a göre matematik olmaksızın diğer bilimlerde şüpheli ifadeler, görüş farklılıkları ve sayısız hata oluşur. Bu yüzden diğer bilimlerde zorunluluk yoktur yani değişebilen olgulara dayanır. Bacon'ın bu anlatılanların çok büyük bir kısmını Aristoteles (384-322) ve İslâm dünyasında yetişen bilim insanlarından derlediği anlaşılır.

Gelecek sayımızda Roger Bacon'ın çalışmalarını ele almayı sürdüreceğiz.■

## Kaynaklar

- Bacon, R., “The Opus Majus (Selections)” (pp. 3-110), *Selections from Medieval Philosophers II Roger Bacon to William of Ockham*, Ed. And Trans. Richard McKeon, New York: Charles Scribner's Sons, 1930.
- Bacon, R., *The Opus Majus of Roger Bacon*, Vol. 1, Trans.: Robert Belle Burke, Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1928.
- Hackett, J., “Roger Bacon on Scientia Experimental” (ss. 277-315), *Roger Bacon and The Sciences Commemorative Essays*, Ed. Jeremiah Hackett, Leiden: Brill, 1997.
- Easton, S. C., *Roger Bacon and His Search for A Universal Science, Reconsideration of the Life and Work of Roger Bacon in the Light of His Own Stated Purposes*, New York: Columbia University Press, 1952.

# Doğa JEOLUJİ

Prof. Dr. Raif Kandemir

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü*

# Buzul Gölleri



**K**endine özgü doğal güzellikleri ve ekosistemleriyle büyüleyici manzaralar sunan buzul gölleri, buzulların yeryüzünü aşındırması ve ardından eriyerek geri çekilmesi sonucunda oluşan su kütleleridir. Toroslar, Doğu Karadeniz gibi Türkiye'nin dağlık bölgelerinden dev buzulların bulunduğu coğrafyalara kadar geniş bir alanda görülebilir.

Buzul gölleri, özellikle son buzul çağı olan Pleistosen Dönemi'nin sonlarına doğru yaklaşık 10.000–12.000 yıl önce oluşmaya başlamıştır. Buzullar hareket ettikçe tabanlarındaki yüzeyi aşındırarak çukurlar ve oluklar oluşturur. Bu süreçte kil boyutundaki taneciklerden yüzlerce tonluk kaya bloklarına kadar farklı boyut ve kütledeki malzemeyi taşıyıp biriktirerek “moren” olarak bilinen sırt şeklinde çökeller oluşturur. Küresel sıcaklıkların artmasıyla küçülen buzullar geri çekilirken bu çukurlar eriyen buzul suları ile dolar ve buzul göllerini oluşturur.

Buzullar dağ yamaçlarını oyarak “sirk” adı verilen çanaklar oluşturabilir. Suların buralarda birikmesiyle ortaya çıkan buzul gölleri genellikle dairesel veya oval şekilli olup derin ve berrak sulara sahiptir. Türkiye'deki birçok dağ gölü bu şekilde oluşmuştur.

Morenler tarafından tutulan suyun oluşturduğu buzul gölleri ise moren set gölleri olarak isimlendirilir.

Buzullar bir vadi boyunca akarken buz kütlesi vadiyi tıkayabilir. Bu durumda yan buzul küçülüp hızla gerilerken ana buzulla bağlantısı kesilebilir. Bu boşlukta biriken sular bir göl oluşumuna yol açabilir. Setleri buzuldan oluşan bu tür göller buz kütlesiyle tıkanmış göller olarak adlandırılır.

Buzullaşma bölgesinde meydana gelen heyelan, kaya düşmesi, çığ ve moloz akıntısı gibi durumlarda malzemenin vadileri tıkaması sonucu oluşan su kütleleri de diğer bir buzul gölü türüdür.

Buzul üstü gölleri, farklı erime süreçleri nedeniyle buzul yüzeyinde oluşan su kütlelerini ifade eder. Buzul altı gölleri ise buzul ile üzerinde yer aldığı kara kütlesi arasında ortaya çıkan göllerdir. Antarktika buz örtüsünün altında bilinen 400'den fazla buzul altı gölü bulunur. Bunların en büyüğü Vostok Gölü'dür.

Bilim insanları, buzul göllerinin boyutunu ve sayısını takip ederek buzullardaki erimenin dolayısıyla iklim değişikliğinin hızını ve etkilerini takip eder.

Dağlık bölgelerde yaşayanlar için buzul gölleri içme suyu ve tarımsal sulama için önemli birer kaynaktır. Ayrıca bazı bitki ve hayvan türlerine de yaşam alanı sağlar. Ancak bazen heyelan veya aşırı erime nedeniyle buzul göllerinin setleri yıkılabilir ve aniden taşan sular doğal afetlere yol açabilir.

## Kaynaklar

XiaoJun, Y. ve ark., “Definition and classification system of glacial lake for inventory and hazards study”, *Journal of Geographical Sciences*, Cilt 28, Sayı 2, s. 193-205, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11442-018-1467-z>

# Gökyüzü

Dr. Tuba Sarıgül

[ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

## Merkür'ü Şafak Vakti Gökyüzünde Görmek İçin En İdeal Zaman

Aralık ayının uzun kış gecelerinde Satürn ve Jüpiter Güneş'in batışından sonra izlenebilirken Merkür şafak vakti gökyüzünde. Yakın zamanda Güneş'in arkasından geçmeye hazırlanan Venüs ve Mars ise aralık ayında görülemiyor. Yılın en etkileyici gök taşı yağmurlarından biri olan Geminid Gök Taşı Yağmuru, 13-14 Aralık gecesi en yüksek etkinliğe ulaşıyor. 21 Aralık'ta kuzey yarım küre için kış gün dönümü gerçekleşiyor.

### Satürn

Satürn, aralık ayında Güneş'in batışından sonra güneydoğu yönünde ufku yaklaşık 40 derece üzerinde ortaya çıkıyor ve gece yarısından yaklaşık bir saat sonra batı yönünde ufuktan batıyor. Ayın ilerleyen günlerinde Satürn'ün ufku üzerinden yüksekliği azalıyor ve halkalı gezegen daha erken saatlerde batmaya başlıyor. Gözlem süresi kısalan Satürn'ün parlaklığı da hafifçe azalıyor.

26 Aralık gecesi Satürn'ü ve ilk dördün evresine yaklaşan

Ay'ı güneybatı-batı yönünde ufku üzerinde birbirine yakın görebilirsiniz.

### Jüpiter

Aralık ayında gökyüzündeki en parlak gezegen olan Jüpiter, ayın başında Güneş'ten yaklaşık üç saat sonra kuzeydoğu-doğu yönünde ufuktan doğuyor. İlerleyen günlerde daha erken doğmaya başlayan Jüpiter bütün gece gökyüzünde görülebiliyor. Jüpiter kendi etrafındaki bir turunu yaklaşık 10 saatte tamamlar. Yani

aralık ayının son günlerinde bir dürbün ya da basit bir teleskop yardımıyla Jüpiter'in yüzeyindeki ilgi çekici yapıları (örneğin atmosferindeki şerit şeklindeki bulutları) tek bir gecede görme fırsatı bulabilirsiniz.

7 Aralık akşamı Jüpiter'i ve son dördün evresine yaklaşan Ay'ı birbirine yakın görebilirsiniz. Aralık ayı boyunca İkizler Takımyıldızı'nda bulunan Jüpiter, takımyıldızın en parlak yıldızları olan Polluks ve Kastor ile birlikte görülebilir.

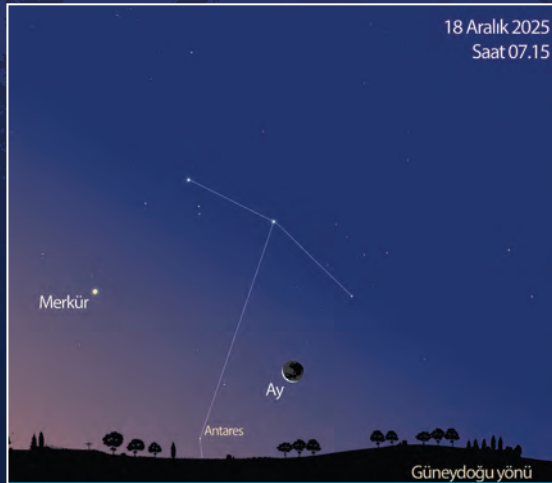


## Merkür

Kasım ayında yörünge hareketi sırasında Güneş ile Dünya'nın arasından geçen Merkür, aralık ayında şafak vakti gökyüzünde görülebiliyor. Merkür, ayın ilk günlerinde Güneş'ten yaklaşık bir buçuk saat önce doğu-güneydoğu yönünde ufku üzerinden doğuyor. 8 Aralık'ta en büyük batı uzanımı konumundan geçen Merkür, yaklaşık olarak aynı zamanlarda ufku üzerinde en yüksek noktaya ulaşıyor. İlerleyen günlerde Merkür'ün yüksekliği azalmaya başlıyor. 18 Aralık sabahı Merkür'ü ve hilal şeklindeki Ay'ı, Güneş'in doğuşundan hemen önce doğu-güneydoğu yönünde ufku üzerinde birbirine yakın görebilirsiniz. Açık bir ufukta Akrep Takımyıldızı'nın en parlak yıldızı Antares de Merkür ve Ay ile birlikte görülebilir.

## Venüs ve Mars

Venüs, Güneş etrafındaki yörünge hareketi sırasında 6 Ocak'ta, Mars ise 9 Ocak'ta Dünya'ya göre Güneş'in arkasından geçiyor. Bu süreçte gökyüzünde Güneş ile aralarındaki açısal mesafe çok küçük olduğundan birkaç hafta boyunca görülemiyorlar. Dolayısıyla aralık ayında Venüs ve Mars'ı gökyüzünde görmek mümkün değil.



## Geminid (İkizler) Gök Taşı Yağmuru

Geminid Gök Taşı Yağmuru 13 Aralık'ı 14 Aralık'a bağlayan gece en yüksek etkinliğe ulaşıyor. Gök taşlarının gökyüzünde ortaya çıkıp etrafa dağılıyormuş gibi görüldüğü nokta yani saçılma noktası Güneş'ten yaklaşık bir saat sonra kuzeydoğu yönünde ufuktan doğuyor ve gece yarısından yaklaşık üç saat sonra gökyüzünde en yüksek noktaya ulaşıyor. Bu tarihte yeni ay evresine yaklaşan Ay'ın yaklaşık %30'u aydınlık görüldüğü için gök taşlarının fark edilmesini belirgin düzeyde zorlaştırmıyor. Geminid Gök Taşı Yağmuru'nun en yüksek etkinliğe ulaştığı tarihte, uygun gözlem koşullarında saatte maksimum 150 gök taşı görülebiliyor.

Yılın en güçlü gök taşı yağmurlarından biri olan Geminid, parlak ve renkli gök taşlarıyla bilinir. Atmosfere giren gök taşları sürtünme etkisiyle yanarken ortaya çıkan farklı renkler, gök taşlarının yapısında bulunan sodyum, kalsiyum gibi elementlerden kaynaklanır.

Gök taşı yağmurlarının kaynağı çoğunlukla kuyruklu yıldızlar olmasına rağmen gök bilimciler Geminid Gök Taşı Yağmuru'nun kaynağının 3200 Phaethon isimli asteroit olduğunu düşünüyor. 3200 Phaethon, Güneş etrafındaki yörüngesini 1,4 yılda tamamlar. 3200 Phaethon, kuyruklu yıldızlara benzer şekilde Güneş'in etrafında son derece eliptik bir yörüngede dolanır yani Güneş'e en yakın ve en uzak oldukları konumlar arasında çok büyük fark vardır. Ancak kuyruklu yıldızlar Güneş'in yakınlarından geçerken yüzeyindeki katıların süblimleşmesi sonucu çekirdeklerinin etrafında oluşan atmosfer kuyruk benzeri bir şekil alır, 3200 Phaethon böyle bir özelliğe sahip değildir.

## Kış Gün Dönümü

21 Aralık'ta kuzey yarı küre için kış gün dönümü gerçekleşiyor. Güneş ışınlarının güney yarı küredeki Oğlak Dönencesi'ne dik açıyla geldiği bu tarih, kuzey yarı kürede astronomik olarak kış mevsiminin başlangıcı kabul edilir.

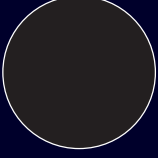
**Dolunay**  
5 Aralık  
Saat: 02.14



**Son dördün**  
11 Aralık  
Saat: 23.52



**Yeni ay**  
20 Aralık  
Saat: 04.43



**İlk dördün**  
27 Aralık  
Saat: 22.10



**Yerberi**

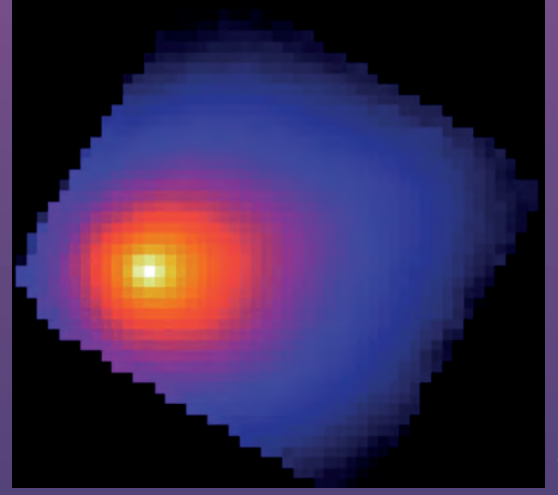
4 Aralık Saat: 14.06  
356.962 km

**Yeröte**

17 Aralık Saat: 09.09  
406.322 km

## 3I/ATLAS Kuyruklu Yıldızından Son Gelişmeler

Bilinen üçüncü yıldızlararası gök cismi olan 3I/ATLAS kuyruklu yıldız 1 Temmuz 2025'te keşfedilmişti. Sonraki günlerde 3I/ATLAS'ın özelliklerini ve izlediği yörüngeyi belirlemek için farklı teleskoplar kullanılarak gözlemler yapıldı. Güneş'e yaklaşmaya devam eden 3I/ATLAS, 30 Ekim'de Güneş'in en yakınından geçti.



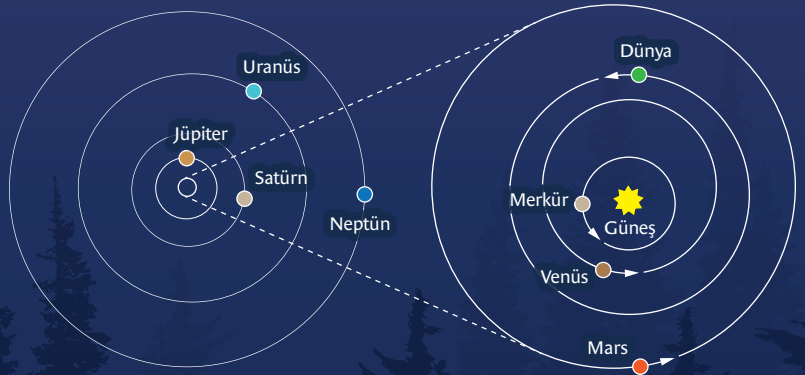
NASA

Gök bilimciler, bu süreçte yeryüzünde kurulu teleskoplarla gözlemlenmesi mümkün olmayan 3I/ATLAS'ı takip edebilmek için farklı yöntemler kullanıyor. Örneğin Avrupa Uzay Ajansı (ESA), Mars'ın etrafında dolanan ExoMars isimli yörünge aracı ile 3I/ATLAS'ı 3 Ekim'de Mars'ın yakından geçerken gözlemledi. Bu sırada 3I/ATLAS ile Mars arasındaki mesafe yaklaşık 30 milyon kilometreydi. Yapılan gözlemlerde kuyruklu yıldızın etrafındaki koma yapısı (Güneş'e yaklaştıkça yüzeyindeki katıların süblimleşmesi sonucu kuyruklu yıldızın çekirdeğinin etrafında oluşan atmosfer) görüntülendi. Kasım ayında ise 3I/ATLAS'ın kaynağı ve doğası hakkında önemli bilgiler sağlayan bir gelişme duyuruldu. Güney Afrika Radyo Astronomi Gözlemevi tarafından tespit edilen radyo sinyallerinin, 3I/ATLAS'ın yapısında bulunan su buzunun parçalanması ile oluşan hidroksil radikallerinden kaynaklandığı belirlendi. Bu bilgiler, 3I/ATLAS'ın bir kuyruklu yıldız olduğunu doğruluyor.

### Ayın Önemli Gök Olayları

- 4 Aralık** Ay, Dünya'ya en yakın konumda
- 5 Aralık** Ay dolunay evresinde
- 7 Aralık** Ay ve Jüpiter yakın görünümde  
Ay ve Polluks yakın görünümde
- 8 Aralık** Merkür, en büyük batı uzanımı konumunda
- 10 Aralık** Ay ve Regulus yakın görünümde
- 11 Aralık** Ay, son dördün evresinde
- 13-14 Aralık** Geminid (İkizler) Gök Taşı Yağmuru en yüksek etkinlik
- 14 Aralık** Ay ve Spika yakın görünümde
- 17 Aralık** Ay, Dünya'ya en uzak konumda  
Jüpiter ve Polluks yakın görünümde
- 19 Aralık** Ay ve Antares yakın görünümde
- 20 Aralık** Ay, yeni ay evresinde
- 21 Aralık** Kış gün dönümü
- 27 Aralık** Ay, ilk dördün evresinde  
Ay ve Satürn yakın görünümde

### Aralık Ayında Gezegenlerin Birbirlerine Göre Yörüngelerindeki Konumları



Çizimdeki oklar, Güneş sisteminde yer alan iç gezegenlerin aralık ayında yörüngelerindeki hareketlerini gösteriyor. Dış gezegenlerin yörüngelerindeki konumları, ay içinde birbirine göre çok değişmediği için aralık ayının ortasındaki konumları, çizimde nokta şeklinde belirtilmiştir.

Kuzey

1 Aralık 23.00  
15 Aralık 22.00  
31 Aralık 21.00

Doğu

Batı

Güney

Yıldız  
Parlaklıkları  
(Kadir Biriminde)

- - 1
- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

### Kaynaklar

- Okuyan, O. ve Köseoğlu, D. K., "2025 Gök Olayları Yıllığı", *Bilim ve Teknik*, Sayı 686, 2025.
- "Observing October 2024", *Sky and Telescope*, Cilt 150, Sayı 6, 2025.
- Ratcliffe, M. ve Ling, A., "Sky This Month", *Astronomy*, Cilt 53, Sayı 12, s. 28-35, 2025.
- <https://www.rmg.co.uk/stories/space-astronomy/geminid-meteor-shower-uk-dates-how-to-see>
- <https://science.nasa.gov/solar-system/meteors-meteorites/geminids/>
- <https://science.nasa.gov/solar-system/comets/3i-atlas/>

# Düşünme Kulesi

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

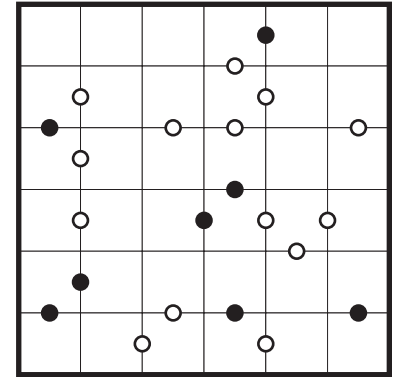
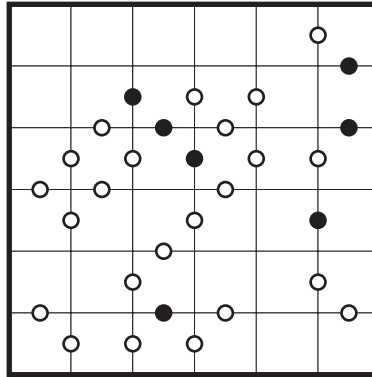
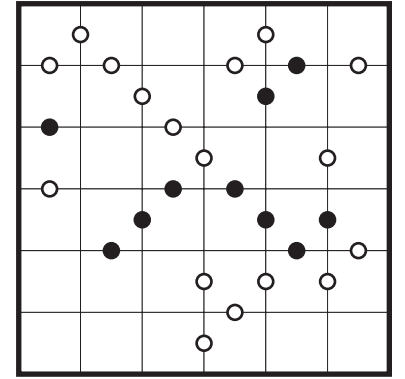
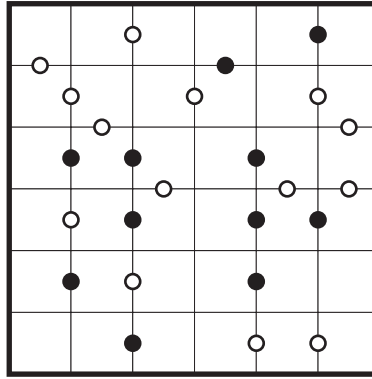
## Ayın Oyunu Kropki

### Kropki Oyununun Kuralları

Diyagramları 1'den 6'ya (örnekte 1'den 5'e) kadar, her satır ve sütunda her rakam bir kere bulunacak şekilde doldurunuz.

Eğer komşu iki rakam arasındaki farkın mutlak değeri bir ise beyaz noktalarla ayrılırlar. Eğer iki komşu hücreden biri diğerinin yarısına eşitse siyah nokta ile ayrılırlar. 1 ve 2 arasındaki nokta iki renkte de olabilir.

Bütün siyah ve beyaz noktalar verilmiştir.



### Kropki

#### Örnek Çözüm

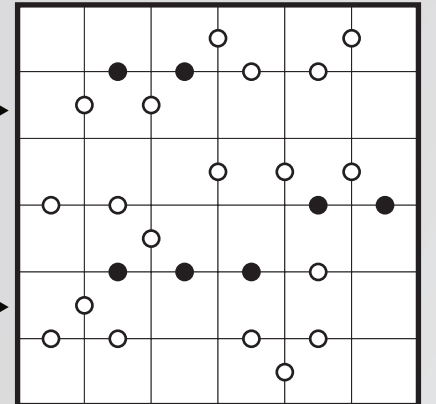
1	○	2	5	3	○	4
●	●	●	●	●	●	○
2	●	4	1	5	3	○
○	○	○	○	○	○	○
5	3	○	2	●	4	1
○	○	○	○	○	○	○
4	1	3	○	2	5	○
○	○	○	○	○	○	○
3	5	○	4	1	●	2

#### Ödüllü Soru

\*Kropki 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 *Mucit Laboratuvarı* başlıklı kitap hediye edilecektir. Çekiliş sonuçları, dergimizin internet sitesinden önümüzdeki ay içinde duyurulacaktır. Geçen ayın ödüllü Bölgesel ABC kadar Kolay sorusunu doğru yanıtlayanlar arasından çekilişle belirlenerek kitap ödülü kazanan okurlarımızın listesi, internet sitemiz üzerinden duyuruldu.

1

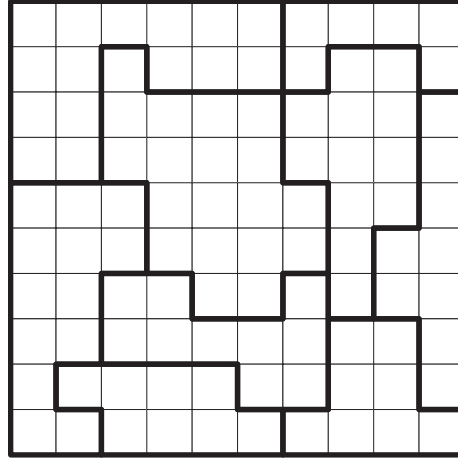
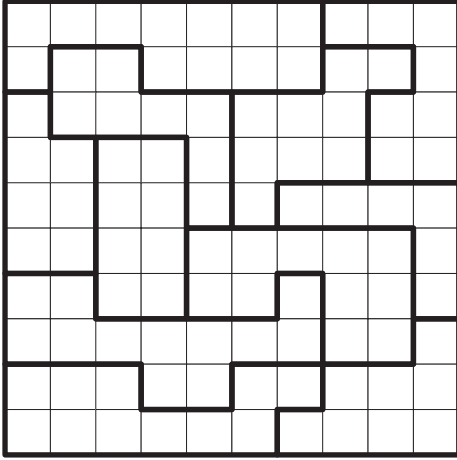
2



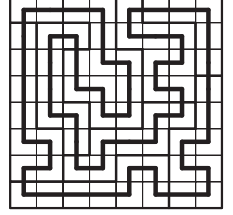
1 ve 2 numaralı okun doğrultusundaki içeriği yazın. Mesela soldaki örnek çözümün ilk satırı 12534 şeklinde yazılmalıdır.



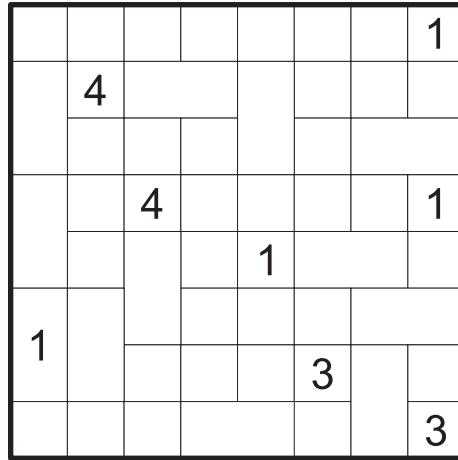
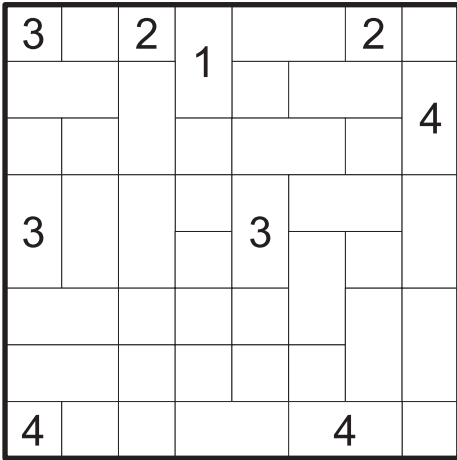
**Giriş Çıkış:** Yatay veya dikey ilerleyerek tüm karelerden geçen ve kendisini kesmeyen kapalı tek bir yol çizin. Kalın çizgilerle belirtilmiş bir bölgeye girdiğinizde, bölgeden çıkmadan önce o bölgedeki tüm karelerden geçmelisiniz.



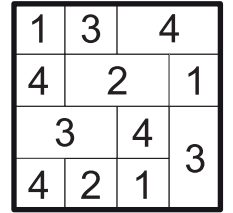
**Giriş Çıkış**  
Örnek Çözüm



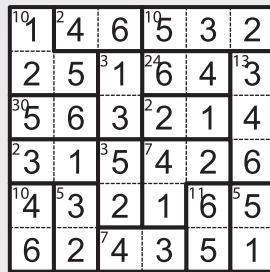
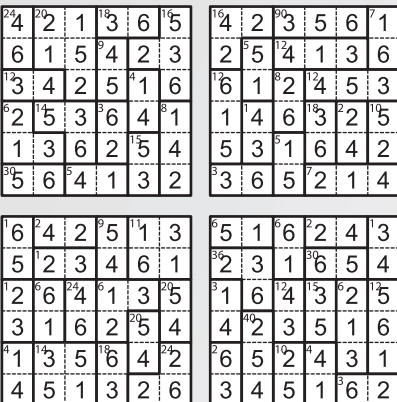
**Farklı Komşular:** 1'den 4'e kadar sayıları diyagrama yerleştirin. Aynı sayıların içinde bulunduğu hücreler birbirine çaprazdan da olsa temas etmemelidir. Satır ve sütunlarda rakamlar tekrar edebilir.



**Farklı Komşular**  
Örnek Çözüm

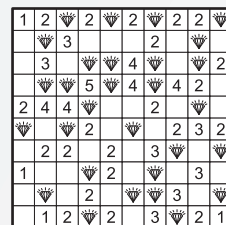
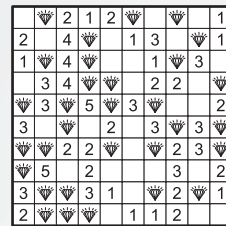


## Geçen Sayının Çözümleri

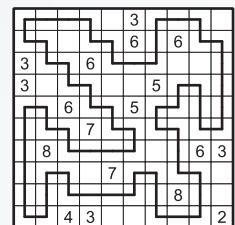
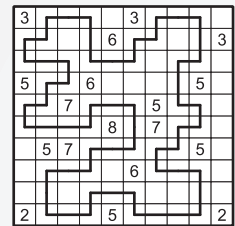


**Ödüllü Soru:**  
**Bölgesel ABC Kadar Kolay**

**Bölgesel ABC Kadar Kolay**



**Yıldız Savaşları**



**Adalar**



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

# Dört Bölümlü Senfoni

S ize bu yazımızda Yeni Alman Okulu'nun 20. yüzyıldaki önemli temsilcilerinden Herbert Grasemann'ın bir problemini sunacağız. Bu, 16 hamlelik uzun bir problem, o nedenle kolay takip edebilmeniz için çözümün kritik aşamalarını gösteren diyagramlarla sık sık araya gireceğiz.

Alman Herbert Grasemann'ın (1917-1983) zorluklarla geçen bir yaşamı olmuş. Önceleri müzik ve futbola ilgi duyan Grasemann 1933'te ünlü oyuncu ve satranç yazarı Jacques

Mieses'in yazdığı "Schach" (Satranç) isimli kitabın problem ekinden etkilenmiş ve satranç problemleri kurmaya başlamış. İkinci Dünya Savaşı'nın başlamasıyla askere alınmış ve Doğu Cephesi'nde sol kolunu kaybetmiş. Savaştan sonra hukuk fakültesinde eğitim almaya başlamış. Bu arada, problemlerini gönderdiği *Deutsche Schachzeitung* dergisinin problem köşesi editörü Josef Halumbirek, Grasemann'ın yeteneğini fark ederek onu teşvik eden uzun bir mektupla yanıt vermiş. Savaştan sonra Doğu Almanya

vatandaşı olarak yaşamını sürdüren kurgucumuzun, 1947'de düzenlenen önemli bir turnuvada problemlerinden biri sürpriz bir şekilde birincilik kazanmış. Daha sonra hukuk çalışmalarını tamamen bırakıp satranç dergilerinin problem bölümü editörü ve satranç koçu olarak ailesini güçlükle de olsa geçindirmeye çalışmış. 1961'de Berlin Duvarı'nın inşasından sonra Batı Berlin'de kalmış ve satranç problemleri üzerine kitaplar yazmış. 1983 yılında bir kalp krizinin ardından

yaşamını yitirmiş. Bir kurgucu olarak Grasemann, Yeni Alman Okulu'nun önemli teorisyenlerinden Walther von Holzhausen'i kendine örnek almış. Kurduğu problemler türünün en iyi örnekleri arasında yer alıyor. Bu yazımızda onun birincilik kazanmış bir problemini inceleyeceğiz.

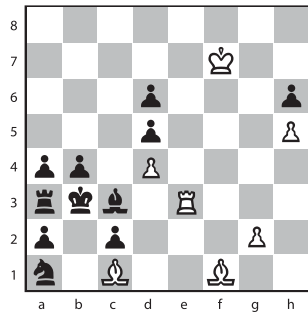
Daha önceki yazılarımızda belirttiğimiz üzere Yeni Alman Okulu ilkelerine göre kurulan problemlerde, beyazın bir "ana plan"ı vardır. Ama bu ana planı bir



engel yüzünden hemen gerçekleştiremez. Önce bir “ön oyun” ile bu engeli kaldırmalıdır. Problemi ilginç kılan da bu ön oyundur. Bizim problemimizde ise ön oyunu da engelleyen bir unsur var ve onun da ortadan kaldırılması gerekiyor. Yani bir ön oyunun da bir ön oyunu olması gerekiyor. Bunun için de üçüncü bir ön oyun gerekiyor. Dolayısıyla problemin çözümü dört evreye yayılıyor. Biz de bu nedenle, problemin derin estetik yönünü de dikkate alarak yazımız için “Dört Bölümlü Senfoni” başlığını seçtik.

### Diyagram 1

Herbert Grasmann  
*Deutsche Schachzeitung*,  
1961  
Birincilik Ödülü



Beyaz oynar ve 16  
hamlede mat eder.

Çözüm:

Beyazın ana planı Şe6-Şxd5-  
ve Fc4# ile mat etmek.  
Neden bu planı hemen

uygulayamıyor? Çünkü siyah daha baştan pat durumunda, beyazın böyle bir manevraya vakti yok. Yani mevcut pat durumu beyazın önündeki **birinci engel**. Ama kalesini h3 karesine getireceği bir ön oyunla pat durumunu kaldırabilir: 1. Kd3!? Şc4 2. Kd1+ Şb3 3. **Kh1??** (imkânsız, çünkü f1’de beyazın kendi fili var!)... Fe1 4. Kh3+ Fc3 5. h3! Fe1 6. g4+ Fc3 7. g5! hxg5 8. Şe6 g4 9. Şxd5 gxh3 10. Fc4#.

Güzel bir oyun planı ama yukarıdaki hamle dizisinde belirttiğimiz gibi beyazın fili f1’de durduğu müddetçe bu plan uygulanamaz. İşte bu da **ikinci engel**. Bir diğer ön oyunla beyaz bu engeli de ortadan kaldırmayı deneyebilir: 1. Fd3!? Fe1? 2. Fe2+ Fc3. Şimdi beyazın fili e2’ye geldiğinden beyaz açık d1-h1 hattını kullanarak bir önceki planı uygulayabilir: 3. Kd3 Şc4 4. Kd1+ Şb3 5. **Kh1!!** (f1’de fil olmadığından şimdi mümkün)...Fe1 6. Kh3+ Fc3 7. h3! Fe1 8. g4+ Fc3 9. g5! hxg5 10. Şe6 g4 11. Şxd5 g3 12. Fc4#.

Ve ne yazık ki bu planda da bir pürüz var! Siyah

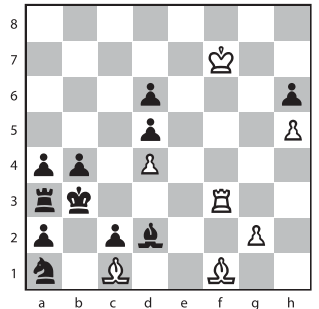
1...Fe1 yerine pekâlâ 1... Fd2! oynayabilir, bu da ona 2...Fxe3! oynama şansı verir. Bu da **üçüncü engel** oluyor. O hâlde beyaz önce kalesini üçüncü yatayda fil tarafından alınamayacağı başka bir kareye getirmeli.

Artık dört bölümlü senfonimizi “dinleyebiliriz”. İlk üç bölümde beyaz bu engelleri sondan başa doğru (önce üç numaradan başlayarak) ortadan kaldıracak, son bölümde de (“Final”!) ana planını uygulayarak matı gerçekleştirecek.

### Birinci Bölüm:

1. Kd3! Şc4 2. Kd2+ Şb3 3. Kf2 Fd2 4. Kf3+  
Birinci bölümün sonu. Beyaz, **üçüncü engelden** kurtuldu, yani kalesini filin saldıramayacağı bir kareye getirdi (Diyagram 2).

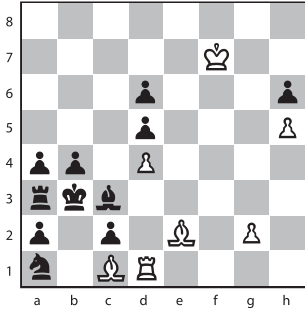
### Diyagram 2



## İkinci Bölüm:

4...Fc3 5. Fd3 Fd2 6. Fe2+  
Fc3 7. Kd3 Şc4 8. Kd1+ Şb3  
İkinci bölümün sonu.  
Beyaz filin f1'den e2'ye  
gelmesi sayesinde kale h1'e  
ulaşabiliyor, yani ikinci engel  
de etkisizleştirildi  
(Diyagram 3).

### Diyagram 3

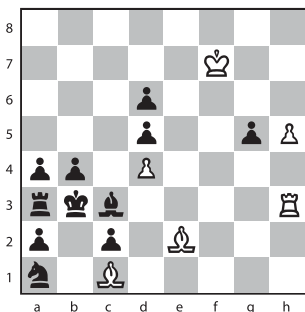


## Üçüncü Bölüm:

9. Kh1 Fe1 10. Kh3+ Fc3 11. g3!  
Fe1 12. g4+ Fc3 13. g5 hxg5

Üçüncü bölümün sonu.  
Siyahın h6 piyonunun  
mobilize olması sayesinde  
beyaz, siyahın pat olmasını  
önledi, yani **birinci engeli**  
de ortadan kaldırdı.  
Şimdi sıra ana planın  
uygulanmasında  
(Diyagram 4).

### Diyagram 4



## Dördüncü Bölüm

### (Final):

14. Şe6 g4 15. Şxd5 gxh3 16.  
Fc4#

Dördüncü bölümün  
sonu, mat!

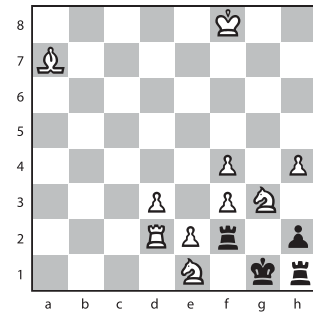
Umarız bu güzel problemi  
diyagramlar eşliğinde  
izlemekten siz de keyif  
almışsınızdır.

## Ayın Soruları

Yine Grasemann'a ait iki  
problemin çözümünü  
sizlere bırakıyoruz.

### Diyagram 5

Şahmati v SSSR, 1961  
Birincilik Ödülü



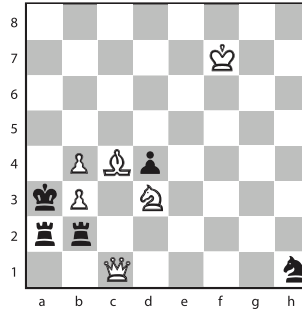
Beyaz oynar ve 11  
hamlede mat eder.

İp ucu:

Beyazın e2 piyonu  
olmasaydı hemen Fxf2# ile  
mat edebilirdi.

## Diyagram 6

Schach Magazin, 1948  
İkincilik-Üçüncülük Ödülü



Beyaz oynar ve üç  
hamlede mat eder.

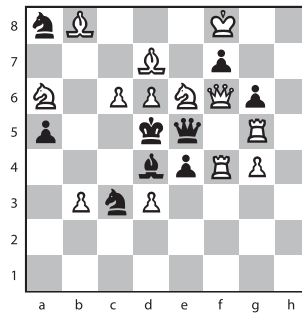
## Geçen Ay Sorulan Problemlerin Çözümleri

Sizlerden 48. Dünya  
Satranç Çözme  
Şampiyonası'ndan iki  
problemin çözümünü  
bulmanızı istemiştik.  
Şimdi bunların  
çözümlerini veriyoruz.

### Diyagram 7

Carel Sammelius  
Problemblad, 1963

İkinci Şeref Mansiyonu



Beyaz oynar ve iki  
hamlede mat eder.

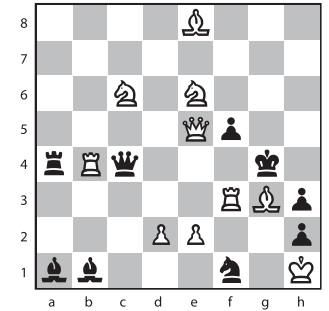
Çözüm:

1. Şg8! (zugzwang)
- a) 1...fxe6 2. Vxe6#;
- b) 1...Vxg5 2. Vxd4#;
- c) 1...Vf5 2. Vxd4#.

Bu problemde, zaman sınırlı  
olduğu bu gibi yarışmalarda  
vakit kaybettirecek deneme  
hamleleri var: 1. Şg7? fxe6!;  
1...Şe7 Vxg5!; 1. Şxf7?  
Vf5! Bu yanlış deneme  
hamlelerinin her birinde  
beyaz vezir açmazda kalıyor.

### Diyagram 8

Kjell Widlert  
PCCC Varna, Tematik  
Turnuva, 1982  
Birincilik Ödülü



Beyaz oynar ve iki  
hamlede mat eder.

Çözüm:

1. e4 (tehdit 2. Vf4#/Vxf5#)
- a) 1...Fxe4 2. Vf4#;
- b) 1...Vxe4 2. Vxf5#;
- c) 1...Fxe5 2. Axe5#, vs.

Yine şaşırtıcı deneme  
hamleleri olan bir  
problem: 1. Aed4 (tehdit  
2. Vf4#/Vg7#)... Vf7!; 1.  
Acd4? (tehdit 2. Vf4#/  
Vg7#)... Vc7!; 1. d4? (tehdit  
2. Vf4#/Vg7#)... Vc1! ■

# Ayın Sorusu

Prof. Dr. Azer Kerimov

[ [bteknik@tubitak.gov.tr](mailto:bteknik@tubitak.gov.tr)

Bilkent Üniversitesi, Matematik Bölümü

Soruyu çözüp cevabı ad, soyad, adres ve telefon bilgileri ile birlikte [bteknik@tubitak.gov.tr](mailto:bteknik@tubitak.gov.tr) adresine gönderenler arasından çekilişe belirlenecek beş kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları'ndan bir kitap hediye edeceğiz:

Bu ay:

**Adım Adım Matematik**  
**Eşsiz Bir Görsel Şölen**



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

Doğru çözüm ve çekiliş sonuçları dergimizin internet sitesinden önümüzdeki ay içinde duyurulacaktır.

 [bilimteknik.tubitak.gov.tr](http://bilimteknik.tubitak.gov.tr)



## Ali Baba'nın Altın Sikkeleri Kullanarak Gizemli Kapı Kilidini Açması

Ali Baba'nın alıkonulduğu mağaradan kurtulabilmesi için mağaranın giriş kapısının gizemli kilidini açması gerekiyor. Ali Baba ilk önce giriş kapı kilidinin tüm özelliklerini öğreniyor. Mağaranın giriş kapı kilidi 7×7 boyutlarında bir satranç tahtası şeklindedir. Her gün bu kapı kilidinin açılma yöntemi gelişigüzel bir şekilde değişiyor. Kapı kilidinin güvenlik sistemi her gün rastgele olarak bu satranç tahtasının ya 1 ya da 4 birim karesini özel birim kare olarak belirliyor. Ali Baba, satranç tahtasının sadece 1 birim karesinin özel birim kare olarak belirlendiği günlerde, bu özel birim karenin sadece satranç tahtasının sol alt köşesindeki birim kare olacağını biliyor. Ali Baba, 4 birim karenin özel birim kare olarak belirlendiği günlerde ise bu 4 birim karenin 2×2 şeklindeki bir kare oluşturması gerektiğini fakat bu 2×2 karenin 7×7 satranç tahtasının herhangi bir yerinde bulunabileceğini biliyor. Sonuç olarak kapı kilidinin güvenlik sistemi özel birim kare veya kareleri  $1 + 36 = 37$  farklı şekilde seçebiliyor (satranç tahtasının sol alt birim karesi veya satranç tahtasının 2×2 şeklindeki herhangi bir karesi).

Ali Baba'nın kapı kilidini açması için aynı anda ya tek özel birim kareye ya da 4 özel birim karenin tamamına dokunması gerekiyor. Ali Baba özel olmayan herhangi bir birim kareye dokunursa kapının kilidini açma ve mağaradan kurtulma şansı kalmaz. Ali Baba, mağaradan kurtulmayı planladığı gün, satranç tahtasının özel birim karelerini belirlemesi için sadece bir işlem yapabileceğini biliyor. Bunun için Ali Baba'nın satranç tahtasının istediği birim karelerine birer altın sikke yerleştirmesi gerekiyor. Bundan sonra o gün özel olarak seçilen birim kare sayısı 4 ise üzerine altın sikke yerleştirilen her özel birim kare altın rengine dönüşüyor. Fakat o gün özel olarak seçilen birim kare sayısı 1 ise satranç tahtasının herhangi bir birim karesinin rengi değişmiyor. Örnek olarak Ali Baba 49 altın sikke kullanarak 7×7 boyutlarındaki satranç tahtasının her birim karesine birer altın sikke yerleştirirse ya o gün özel olarak belirlenen 4 birim kare altın rengine dönüşür ya da herhangi bir değişim olmaz ve bunun sonucunda Ali Baba tüm özel birim kare veya karelerin yerlerini öğrenerek bu özel birim kareye veya karelere dokunup kapı kilidini açmış oluyor.

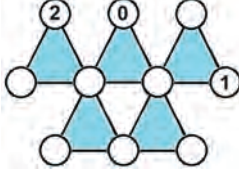
Ali Baba'nın sadece çok sınırlı sayıda altın sikke elde etme olanağı bulunuyor. Ali Baba mağaradan kurtulabilmesi için en az kaç altın sikke elde ederek tek işlemde tüm özel birim kare veya karelerin yerlerini bulmayı garantileyebilir? Ali Baba'nın mümkün olan en az sayıdaki altın sikkeyi hangi birim karelere yerleştirmesi gerektiğini açıklayın ve Ali Baba'nın bulduğunuz sayıdan daha az sayıdaki altın sikkeyle tek işlem sonucunda özel birim kare veya karelerin yerini belirlemeyi neden garantileyemeyeceğini kanıtlayın. ■

# Zekâ Oyunları

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

## ÜÇGENLER

0'dan 9'a kadar olan on rakamı boş dairelere öyle yerleştiriniz ki, mavi renkteki beş üçgenin köşelerinde bulunan üçer sayının toplamı eşit olsun.



Not: 0, 1 ve 2 sayıları önceden yerleştirilmiştir.

## GOL SAYILARI

Bir futbol takımındaki üç oyuncudan en fazla gol atanla en az gol atanın toplam gol sayısı 25'tir. Üçüncü oyuncu en az gol atandan 3 gol fazla atmıştır. Üçüncü ve en çok gol atanın toplam gol sayısı kaçtır?

## SAYI TABLOSU

			28	
		44		
	41			
				76

Tablodaki boş kutuları uygun sayılarla öyle doldurunuz ki, her satırda ve sütunda ardışık kutularda bulunan sayılar arasındaki fark sabit olsun.

Ardışık kutular arasındaki farklar her satırda ve sütunda birbirinden farklı olabilir.

## RENKLİ KIYAFETLER

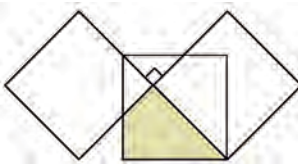


Arda ve Berk'in giydiği tişört ve pantolonların rengi kırmızı, mavi veya sarıdır.

- ▶ Arda'nın ve Berk'in tişört renkleri farklıdır.
- ▶ Arda'nın ve Berk'in pantolon renkleri farklıdır.
- ▶ Arda'nın tişörtünün ve pantolonunun renkleri farklıdır.
- ▶ Berk'in tişörtünün ve pantolonunun renkleri farklıdır.
- ▶ Arda'nın tişörtü de pantolonu da kırmızı değildir.
- ▶ Berk'in pantolonu sarı değildir.
- ▶ Mavi tişörtlü çocuğun pantolonu kırmızıdır.
- ▶ Sarı tişörtlü çocuğun pantolonu mavidir.

Bu bilgileri kullanarak Arda'nın ve Berk'in tişört ve pantolon renklerini bulunuz.

## ÜÇ KARE



Üç eşit kare şekilde görüldüğü gibi üst üste çizilmiştir. Karelerin kenar uzunluğu a birim olduğuna göre sarı renkli alanı bulunuz.

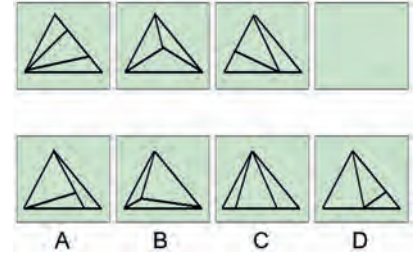
## DÖRT SAYI

Toplamı 15 olan öyle dört tam sayı bulunuz ki;

- ▶ En küçüğü ve en büyüğünün çarpımı diğer iki sayının toplamına eşit olsun.
- ▶ Bu sayılardan ikisi yan yana getirildiğinde oluşan sayı diğer iki sayının toplamına eşit olsun.

## ÜÇGEN DİZİSİ

Boş kutuya aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?



## SAYI TAHMİNİ

Arkadaşınız aklında 1'den 5'e kadar olan rakamların birer kez kullanıldığı beş basamaklı bir sayı tutuyor.

Siz de bu sayıyı bulmak için iki tahmin yapıyorsunuz.

▶ Birinci tahmininiz olan 13.524'te hiçbir rakam doğru yerde değil ve bu tahminde yan yana bulunan hiçbir rakam çifti tutulan sayıda yan yana değil.

▶ İkinci tahmin olan 12.453'te ise iki rakam doğru yerinde ve bu tahminde yan yana bulunan rakam çiftlerinden tam olarak ikisi tutulan sayıda da yan yana bulunuyor.

Arkadaşınızın tuttuğu sayıyı bulunuz.

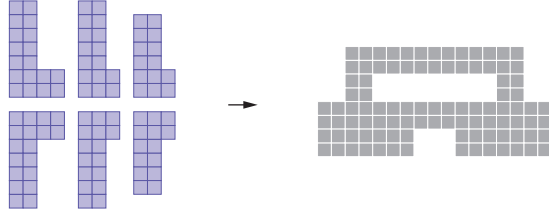
**SORU İŞARETİ**

9	6	6	4
3	9	2	6
8	4	6	3
4	2	8	4
3	1	9	?

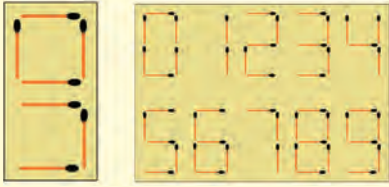
Soru işaretinin yerine hangi sayı gelecek?

**ALTI "L"**

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

**GEÇEN SAYININ ÇÖZÜMLERİ****KİBRİTLER**

Dijital rakamlar dikkate alınıyor ve 0'dan başlayarak çift sayıların orta ve üst bölümleri yukarıda, tek sayıların orta ve alt bölümleri aşağıda yer alıyor.

**HARF SAYILARI**

8

3+5=8

ÜÇ+BEŞ=SEKİZ

**KOD**

2880 farklı kod üretilebilir.

**ROTA**

24 farklı biçimde oluşturulabilir:

1-2-4-3-6-7-8-5  
 1-2-4-5-8-7-6-3  
 1-3-6-7-8-5-4-2  
 2-1-3-4-5-8-7-6  
 2-1-3-6-7-4-5-8  
 2-1-3-6-7-8-5-4  
 3-1-2-4-5-8-7-6  
 4-2-1-3-6-7-8-5  
 5-4-2-1-3-6-7-8  
 5-8-7-4-2-1-3-6  
 6-3-1-2-4-5-8-7  
 7-6-3-1-2-4-5-8

ve bunların tersleri.

**SORU İŞARETİ**

D

**ALTIGEN SAYISI**

14 düzgün altigen sayılabilir.

**SPORCULAR**

Ege, Voleybol, 18

Mert, Basketbol, 19

Burak, Futbol, 20

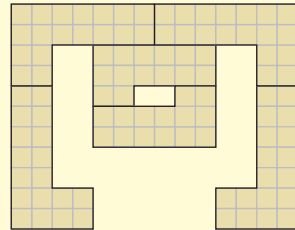
**VEZİR YERLEŞTİR**

16 vezir yerleştirilebilir.

Örnek bir yerleşim:

**DOKUZLAR**

271 sayı vardır, toplamları 175824'tür.

**ALTI "L"**

# Yayın Dünyası

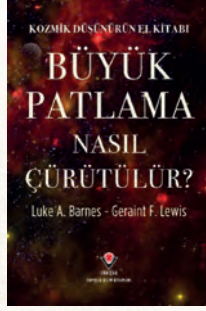
Dr. Özlem Kılıç Ekici [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

## Kozmik Düşünürün El Kitabı Büyük Patlama Nasıl Çürütülür?

Luke A. Barnes, Geraint F. Lewis  
Çeviri: Naile Sarmaşık

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları  
Yetişkin Kitaplığı, 2025 (1. Basım)

Her şey büyük patlamayla mı başladı? Karanlık madde? Kara delikler? Bu kitap, evreni merak edenler ve büyük patlama teorisini yıkmak isteyenler için sadece gerçekleri ortaya koyuyor. Kitapta sunulan fikirleri ve teorileri şekillendiren ise gözlemler. Evet, büyük patlama bilim insanlarının dikkatini çekiyor ama bu kitapta yazarlar yeni pencereler aralayarak evreni araştıran bilimin gerçekte nasıl işlediğini göstermeye çalışıyor. Tüm cevaplara sahip olduğunu iddia etmeyen bilim, gerçekçi ve ham bir şekilde tüm karmaşıklığıyla karşınızda!



## Unutulmuş Becerilerin El Kitabı

Natalie Crowley –  
Elaine Batiste  
Çeviri: Bengisu  
Özdemir  
Çizim: Chris Duriez



TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları  
Çocuk ve Gençlik Kitaplığı, 2025 (1. Basım)

Bu kitapta takip edilmesi kolay ve eğlenceli etkinliklerle üretmeyi, inşa etmeyi, yemek pişirmeyi öğrenerek pek çok beceri edinecek ve unutulmayacak bir eğlencenin kapısını aralayacaksınız.



Nesiller büyüten Bilim ve Teknik ile  
keşfetmenin sonu yok!



**Bilim  
ve  
Teknik**  
Podcast

Bilim ve teknoloji dünyasındaki güncel gelişmeleri ve önemli konuları alanında uzman kişilerle yaptığımız bilim sohbetlerinde ele alıyoruz. Her hafta yeni bir konu ve konukla sizlerle buluşuyoruz.



Spotify, Apple Podcast, SoundCloud ve  
YouTube kanallarından dinleyebilirsiniz.

