

# Bilim *ve* Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi Kasım 2020 Yıl 54 Sayı 636 - 7 TL

Ekolojide ve Doğa Korumada

## TEMSİLCİ TÜRLER

Çizge Teorisi

Öklid

Bir Dâhi miydi?

Beşinci  
Kuvvet

İlk Türk Uçan Araba  
"CEZERİ"



Hücre posterinde  
artırılmış gerçeklik  
uygulaması var !

POSTER  
Hücre



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

**Bilim ve Teknik**  
Aylık Popüler Bilim Dergisi  
Yıl 54 Sayı 636  
Kasım 2020

**Sahibi**

TÜBİTAK Adına Başkan  
Prof. Dr. Hasan Mandal

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

**Yayın Yönetmeni - Editör**  
Dr. Özlem Kılıç Ekici  
bteknik@tubitak.gov.tr

**Yayın Danışma Kurulu**  
Doç. Dr. Emine Adadan  
Prof. Dr. Elif Damla Arısan  
Doç. Dr. Rukiye Dilli  
Prof. Dr. Lokman Kuzu  
Prof. Dr. Faruk Soyduğan

**Araştırma ve Yazı Grubu**

Dr. Özlem Ak  
Dr. Tuncay Baydemir  
Dr. Bülent Gözcelioğlu  
Dr. Mahir E. Ocak  
İlay Çelik Sezer

**Redaksiyon**  
Nurulhude Baykal

**Grafik Tasarım**  
Hüseyin Diker

**Video-Animasyon-Web**  
Selim Özden

**Teknik Yönetmen**  
Sadi Atılğan

**Mali Yönetmen**  
Adem Polat

**İdari Hizmetler**  
Nahide Soytürk

**İletişim Bilgileri**  
TÜBİTAK *Bilim ve Teknik* Dergisi  
Remzi Oğuz Arık Mah.  
Tunus Cad. No:80  
06540 Çankaya ANKARA  
Tel (312) 298 95 24 **Faks** (312) 427 74 89  
**e-posta** bteknik@tubitak.gov.tr  
**İnternet** www.bilimteknik.tubitak.gov.tr

**Abone İlişkileri** (312) 222 83 99  
abone@tubitak.gov.tr  
www.tubitakdergileri.com.tr

ISSN 977-1300-3380  
Fiyatı 7 TL - Yurtdışı Fiyatı 5 Euro

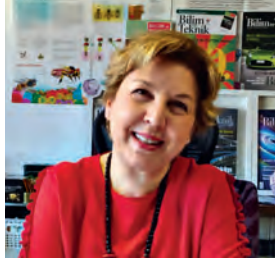
**Baskı** PROMAT Basım Yayın San. ve Tic. A.Ş.  
http://www.promat.com.tr/  
Tel (212) 622 63 63

**Baskı Tarihi** 23.10.2020

**Dağıtım** Turkuvaz Dağıtım Pazarlama A.Ş.  
http://www.tdp.com.tr

*Bilim ve Teknik* Dergisi, Milli Eğitim Bakanlığı  
[Tebliğler Dergisi, 30.11.1970, sayfa 407B, karar no: 10247]  
tarafından ilse ve dengi okullara; Genelkurmay Başkanlığı  
[7 Şubat 1979, HRK: 4013-22-79 Eğt. Krs. Ş. sayı Ngr.83]  
tarafından Silahlı Kuvvetler personeline tavsiye edilmiştir.

**Her ayın 1'inde çıkar.**



**İ**nsan nüfusunun hızlı artışı, insanların çevreye ve doğaya karşı duyarsız davranmaları, kısıtlı olan doğal kaynakları kontrolsüz bir şekilde kullanmaları, aşırı ve hızlı tüketim alışkanlıkları doğal yaşam alanlarını ve biyoçeşitliliği tehdit ediyor. Günümüzde doğa koruma çalışmalarının etkili bir şekilde gerçekleştirilmesinde özellikle temsilci türlere odaklanılması belirlenen koruma hedeflerine ulaşmak için büyük kolaylıklar sağlıyor. Ancak bu tür çalışmalarda temsilci türlerin ve temsilci taksonların etkililiğinin dikkatli biçimde değerlendirilmesi, bu türlerin seçim yöntemlerinin de bilimsel kriterlere dayandırılması gerekiyor. İlay Çelik Sezer “Doğa Koruma Çalışmalarında Temsilci Türler” başlıklı yazısında ekosistemin bütünlüğünün sistematik olarak korunma planlamasında ve çalışmalarında kullanılan temsilci tür çeşitlerini ve bu tür çalışmalarda dikkat edilmesi gereken kriterleri detaylı bir şekilde ele alıyor.

Tuncay Baydemir “Çizge Teorisi, Büyük Çizgeler Daha Küçüklerinin Kopyalarıyla Oluşturulabilir mi?” başlıklı yazısında çizge teorisi modellerinin birçok alanda nasıl kullanıldığını anlatıyor. Mahir Ocak modern fizikte doğada gözlemlenen fiziksel süreçlerin dört temel kuvvetle açıklanmasının yanında çeşitli olguların arkasında henüz bilinmeyen bir başka kuvvet de olabileceğini “Beşinci Kuvvet” yazısında ele alıyor. Ali Sinan Sertöz *Bilim ve Teknik* dergisindeki matematik serüvenine “Öklid Bir Dâhi miydi?” yazısıyla devam ediyor. Ülkemizde geliştirilen yerli ve mili teknolojiler yazı dizimizde bu ay sizlere ilk Türk uçan araba “Cezeri”yi tanıtıyoruz. “2020 Nobel Bilim Ödülleri Açıklandı”, “Bazı Ötegezegenler Yaşam için Dünya’dan Daha mı Uygun?”, “Milli Uzay Programı Stratejisi ve Yol Haritası Çalıştay” başlıklı yazılarımızı da zevkle okuyacağınıza eminiz.

Bu sayımızda artırılmış gerçeklik ile içeriği zenginleştirilmiş “Hücre” posterini veriyoruz. Bitki ve hayvan hücresinin detaylı üç boyutlu modellerini, aralarındaki farkları ve çok daha fazlasını görebilmek için öncelikle akıllı telefonunuza veya tabletinize *Bilim ve Teknik* uygulamasını *Google Play* ya da *App Store* uygulama mağazalarından indirmeniz gerekiyor. Sonrasında posterimizdeki artırılmış gerçeklik uygulamasını deneyimleyebilirsiniz.

Dergimizin daha düşük fiyata ve ücretsiz kargoyla sizlere ulaşacağı abonelik kampanyasından (yıllık 60 TL) faydalanmak için [www.tubitakdergileri.com.tr](http://www.tubitakdergileri.com.tr) adresini ziyaret edebilirsiniz. Dergimizin internet sayfasını (<http://www.bilimteknik.tubitak.gov.tr>) ve sosyal medya hesaplarını da takip edebilir, hayatınızdaki yerini ve size neler kattığını bizlerle paylaşabilirsiniz (bteknik@tubitak.gov.tr).

Nesiller büyüten dergimizin bu sayısını da keyifle okumanızı diliyor, sonraki sayılarımızı sabırsızlıkla bekleyeceğinizi umuyoruz. Tüm öğretmenlerimizin 24 Kasım Öğretmenler Günü’nü saygı, sevgi ve minnetle kutluyoruz.

Sağlıkla ve bilimle kalın... Unutmayın #bilimokuyanbilir!

Saygılarımızla,  
Özlem Kılıç Ekici

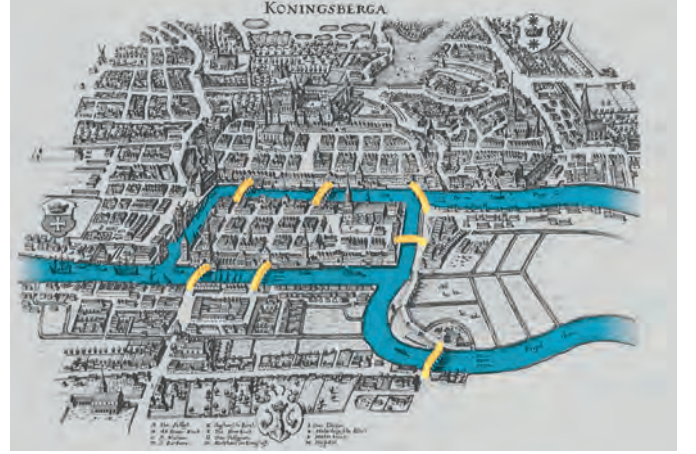
# İçindekiler

## 20

### Çizge Teorisi, Büyük Çizgeler Daha Küçüklerinin Kopyalarıyla Oluşturulabilir mi?

Tuncay Baydemir

Günlük hayatta pek çok şeyi çizgelerle tanımlamak ve modellemek mümkün. Birden fazla varlık varsa bunlar arasındaki ilişki rahatlıkla çizgeler kullanılarak ifade edilebiliyor. Birçok alanda çizge teorisi kullanılarak problemler hızlı ve düzgün bir şekilde tanımlanıp çözüme kavuşturulabiliyor.



## 60

### Beşinci Kuvvet

Mahir E. Ocak

Modern fizik doğada gözlemlenen tüm fiziksel süreçleri dört temel kuvvetle açıklamaya çalışıyor. Ancak bugün tam olarak açıklanamayan çeşitli olguların ardında henüz bilinmeyen kuvvetler de olabilir.



## 70

### Öklid Bir Dâhi miydi?

Ali Sinan Sertöz

Öklid bir dâhi miydi, yoksa “coğrafya kaderdir” sözıyla başarılarının kaçınılmazlığını ima edebileceğimiz bir fâni miydi? Elemanlar adlı kitabın kopyalarının tarih içinde geçirdiği serüvenler nelerdir ve bugüne kalan kopyaların durumu nedir? “Orijinal metin” diye bir şey var mı? Öklid’in yüzyıllar sonra matematik dünyasına katılacak fikirlere kendi yaşadığı dönemde erişimi varmış gibi bir duyguya sürüklenmekte haklı mıyız?



4

### **Bilim ve Teknik ile Büyüdüm!**

Özlem Ak

6

### **Haberler**

14

### **Bazı Ötegezegenler Yaşam için Dünya'dan Daha mı Uygun?**

Faruk Soyduğan

Ötegezegen araştırmalarında en az keşifler kadar Dünya benzeri olanlarda atmosfer özellikleri ve yaşam koşulları üzerine yapılan araştırmalar da ilgi çekiyor.

17

### **Milli Uzay Programı Stratejisi ve Yol Haritası Çalıştı**

Özlem Kılıç Ekici

18

### **Bilim Çizgi Kuantum Dolanıklık**

#### **2. Bölüm**

Sinançan Kara

30

### **2020 Nobel Bilim Ödülleri Açıklandı**

İlay Çelik Sezer

Nobel Fizik Ödülü kara delik çalışmalarına, Nobel Kimya Ödülü gen düzenleme yöntemini geliştirenlere,

Nobel Fizyoloji veya Tıp Ödülü de Hepatit C virüsünü keşfedenlere verildi.

34

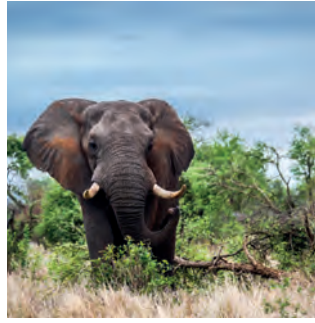
### **Tekno-Yaşam**

Gürkan Caner Birer

38

### **Doğa Koruma Çalışmalarında Temsilci Türler**

İlay Çelik Sezer



Uzmanlar bazen ekosistemlerin tamamını incelemek ve bunların bütününe yönelik tedbirler almak yerine, bütünü temsilen, bazı "temsilci türler"e odaklanabiliyor. Bu türler, doğal yaşam alanlarının gitgide daha fazla işgal edildiği ve dolayısıyla doğa koruma çalışmalarının hem ekonomik hem de politik açıdan her geçen gün daha da zorlaştığı günümüzde, koruma çalışmaları için kolaylık sağlayabilen hedefler olarak karşımıza çıkıyor.

58

### **Merak Ettikleriniz**

Mesut Erol

68

### **Ülkemizde Geliştirilen Yerli ve Milli Teknolojiler: İlk Türk Uçan Araba "CEZERİ"**

Özlem Kılıç Ekici



82

### **Doğa - Fauna Madagaskar'ın En Büyük Yırtıcısı Fossa**

Bülent Gözcüoğlu

84

### **Gökyüzü**

Faruk Soyduğan

88

### **Düşünme Kulesi**

Ferhat Çalapkulu

90

### **Satranç**

Kıvanç Çefle

93

### **Ayın Sorusu**

(Matematik)

Azer Kerimov

94

### **Zekâ Oyunları**

Emrehan Halıcı

96

### **Yayın Dünyası**

İlay Çelik Sezer

EK-

### **POSTER: Hücre**

Özlem Kılıç Ekici,

Hüseyin Diker, Selim Özden

Hücre posterimizin içeriği artırılmış gerçeklik ile zenginleştirilmiştir. Bitki ve hayvan hücresinin detaylı üç boyutlu modellerini görebilmek için öncelikle akıllı telefonunuza veya tabletinize *Bilim ve Teknik* uygulamasını *Google Play* ya da *App Store* uygulama mağazalarından indirmeniz gerekiyor. Sonrasında posterimizdeki artırılmış gerçeklik uygulamasını deneyimleyebilirsiniz.



**Düzeltilme:** Ekim 2020 (635. sayı)  
"COVID-19'un Başka Bir Sonucu: Plastik Salgını" başlıklı yazımızda 30 sayfada geçen bir cümlede doğru ifade "*University College London'dan bir araştırma ekibi tarafından yapılan tahmine göre, İngiltere'de bir yıl boyunca her bir birey günde bir tane tek kullanımlık maske kullandığında toplum genelinde yılda 66.000 ton plastik atık üretilir*" şeklindedir.



Bilim ve Teknik



tubitakbiltek



tubitakbilimteknik



TÜBİTAK Bilim ve Teknik



# Bilim ve Teknik ile Büyüdüm

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 adresimizi hatırlatıyoruz:

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

Bilim ve Teknik Kasım 2020

## “Bilim ve Teknik ile tanışınca hayatım değişti”



Merhabalar,

İki senedir *Bilim ve Teknik* dergisine aboneyim. İlk tanışmam ise babamın eski yıllardaki dergileri ile oldu. Zaten bilimi severdim ama *Bilim ve Teknik* ile tanışınca hayatım değişti. Ortaokulda fen derslerim hep çok iyiydi. Bunun sebebi ise *Bilim ve Teknik* dergisiydi. İnşallah bu dergileri çocuklarıma saklayıp vermeyi, onların da bilimi sevmesini istiyorum.

Bana kazandırdığın şeyler için çok teşekkürler *Bilim ve Teknik*.

Salih Ertuğrul Akış,

Şehit Abdullah Şimşek Ortaokulu, 8. Sınıf Öğrencisi

## “Bilimi daha çok sevdirdiğiniz için teşekkürler...”



Merhabalar,

TÜBİTAK’ın popüler bilim dergileri ile ilk tanışmam *Bilim Çocuk* ile olmuştu. Her ay aynı heyecanla alırdım dergiyi. Sonra da abone oldum zaten. *Bilim ve Teknik*’in varlığını biliyordum ancak yaşım gereği anlayamayacağımı düşünmüştüm. Bir süre almadım da. Daha sonraları konuları dikkatimi çekti. Aldım ve okudum. O günden itibaren 2-3 defa marketlerden aldım. Sonra da *Bilim ve Teknik*’e abone oldum. Ekim 2018’den Aralık 2019’a kadar almayı sürdürdüm. Yıllık aboneliğim zaten bitmişti. 7 ay kadar dergiyi elime alamadım. Ağustos 2020 sayısını yine marketten aldıktan sonra tekrar abone olmaya karar verdim ve şu an Eylül 2020 sayısını merakla bekliyorum.

Bilimi daha çok sevdirdiğiniz için teşekkürler...

Berra Betül Yanar,

Turgut Özal Anadolu Lisesi,

10. Sınıf Öğrencisi



## “Yine anlatıyor, anlatıyor, bıkmıyorum”



Merhabalar,

Yıl 1988, ilkokuldayım, ağabeyimin *Bilim ve Teknik* dergilerini karıştırıyorum, resimler bile beni inanılmaz etkiliyor, hayal dünyasında gibiyim. Bilim mükemmel bir şey. Okuyorum anlamıyorum, tekrar okuyorum, bazen anlar gibi oluyorum. Nükleer enerjinin büyüklüğü, atomların yapısı, göremediğimiz ama var olduğu bilimle ispatlanan şeyler beni çok heyecanlandırıyor. Ağabeyime bahsediyorum, O bana zihnimi hâlâ meşgul eden sorular soruyor: “Işık hızı nasıl ölçülür?”, “Zamanda yolculuk var mı?”. Yine *Bilim ve Teknik*’te arıyorum cevabı. Öğrendiklerimi ya da anlamaya çalıştıklarımı arkadaşlarıma bazen yanlış da olsa anlatıyor, anlatıyor, bıkmıyordum. Arkadaşlarıma da göstermek üzere okula giderken çantama koyduğum en değerli hazinemdi *Bilim ve Teknik*.

Şimdi çok iyi bir okulda, Kartal Mehmet Akif Ersoy Anadolu İmam Hatip Lisesinde kimya öğretmeniyim. Yine anlatıyor, anlatıyor, bıkmıyorum. Bana bu mükemmel heyecanı hâlâ capcanlı hissettirdiğiniz için çok teşekkür ederim.

İyi ki vardınız, iyi ki varsınız.

Abdullah Topak,

Kartal Mehmet Akif Ersoy Anadolu İmam Hatip Lisesi, Kimya Öğretmeni

## “Bana beni keşfettiriyor”



Merhabalar,

Sizinle tanışmam eskilere dayanıyor. Henüz ilkokul yıllarımdayken her ay *Bilim Çocuk* dergimin gelmesini beklerdim. Öyle ki bu tatlı heyecan hayatımın bir parçası olmuştu. Simit ile Peynir en sevdiğim arkadaşlarımdandı. Onlarla gülerken öğrenmek, her ay gelen kartları ve etkinlikleri yapmak olduk-

ça keyifliydi. Şimdilerde *Bilim ve Teknik* bu heyecanımın kaynağı. Bu zor zamanlarda en büyük destekçim *Bilim ve Teknik* oluyor. Evde can sıkıntılarımı gidermekle kalmıyor; bana beni keşfettiriyor, farklı ilgi alanlarımın oluşmasını sağlıyor.

Evimizde dergi heyecanı yaşayan tek kişi ben değilim. Kardeşim de bana çok tanıdık gelen bir heyecanı yaşıyor. *Bilim Çocuk* dergisi geldiği zaman evde bayram havası oluyor. Bu dergilerde emeği geçen herkese teşekkür ederek mektubumu bitirmek istiyorum.

Büşra Berrin Konurhan,

Diyarbakır İMKB Fen Lisesi,

11. Sınıf Öğrencisi

## “Her yeni sayıda bana bir şeyler katan dergi”



Merhabalar,

*Bilim ve Teknik* dergisi ile tanışmam ve sizi kitaplığımın en kıymetli köşelerinden birine koymam ortaokul son ve lise yıllarıma yani 2000’li yılların başına dayanıyor. O günlerden beri bilimi sevdirmeniz belki de mesleki seçimimde de etkili oldu. Biyoloji bölümünü okurken her yeni sayının eğitimime dokunuşları yaptığını, mezun olduktan sonra ve mesleğimi icra ederken de hâlen bu dokunuşları hissettiğimi belirtmek isterim.

Dergi ekleri posterler ve arşiv CD’ler, popüler bilim kitapları inanın benim nazarımda paha biçilemeyecek değerde. Bu güzel yayınları bizlere sundunuz için sonsuz teşekkürler. Şunu bilmenizi isterim ki ben de öğrencilerime, gelecek nesillere, bilimi ve biyolojiyi sevdirmek için uğraş veriyor, sizleri başucu kaynağı yapmaları için önerilerde bulunuyorum.

Varlığınız daim olsun... Teşekkürler TÜBİTAK...

Yunus Şaştım,

Biyoloji Öğretmeni



# Haberler

## Uyku İhtiyacı Yaşla İlişkili

Özlem Ak

Uzun süreli uyku yoksunluğu, insanlarda ve hayvanlarda ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir. Peki, sağlığımız için uyku neden bu kadar önemli? Los Angeles, University of California'daki (UCLA) bilim insanları bu soruyu yanıtlamak için büyük bir ilerleme kaydetti, araştırmacıların bulgularına göre, bizler yaklaşık iki buçuk yaşındayken uyumanın amacıyla ilgili beynimizde ilk kez önemli bir değişiklik gerçekleşiyor. Bu yaştan önce beyin çok hızlı geliyor ve REM uykusu sırasında beyin, nöronları birbirine bağlayan ve iletişim kurmalarına izin veren yapılar olan sinapsları oluşturmak ve güçlendirmekle meşgul oluyor. *Science Advances* dergisinde yayımlanan çalışmaya göre, ancak 2 buçuk yıldan sonra, uykunun birincil amacı beyni yapılandırma görevinden, hayatımızın



geri kalanında sürdürdüğü bir role, yani beynin bakım ve onarımına geçiş yapıyor.

Tüm hayvanlar, uyanık oldukları saatlerde doğal olarak belirli bir miktarda nörolojik hasar yaşarlar, beyinde nöronların içindeki hasarlı genler ve proteinler de dâhil olmak üzere atıklar birikebilir ve beyin hastalıklarına neden olabilir. Uyku, bu hasarı onarmaya ve atıkları temizlemeye yardımcı olur; diğer bir deyişle beynin

dağınıklığını giderir ve önemli hastalıklara yol açabilecek çöpleri temizler. Araştırma ekibinden Prof. Van Savage ve meslektaşlarına göre beyin onarımının neredeyse tamamı uyku sırasında gerçekleşiyor.

Sinir bilimi, biyoloji, istatistik ve fizik konularında uzman bilim insanlarından oluşan araştırma ekibi, insanlar ve diğer memelileri içeren 60'tan fazla uyku çalışmasından elde edilen verileri kullanarak

bugüne kadarki en kapsamlı istatistiksel analizi gerçekleştirdiler. Toplam uyku süresi, REM uyku süresi, beyin boyutu ve vücut boyutu dâhil olmak üzere gelişim boyunca uyku hakkındaki verileri incelediler; uykunun beyin ve vücut boyutuna göre nasıl değiştiğini açıklamak için matematiksel bir model oluşturup test ettiler. Veriler dikkate değer ölçüde tutarlıydı: yaklaşık iki buçuk yaşında insani gelişimsel eşdeğerine ulaştıklarında





tüm türlere ait bireylerin REM uykusunda önemli bir düşüş yaşandı. Tavşan, fare veya insanda bu noktadan önce ve sonra REM uykusunda harcanan sürenin oranı aşağı yukarı aynıydı. Bilim insanları, gelişim boyunca beyin boyutundaki büyümeyle birlikte REM uykusunun azaldığını buldu.

Yeni doğanlar uyku sürelerinin yaklaşık %50'sini REM uykusunda geçirirken, bu 10 yaşında yaklaşık %25'e düşüyor ve yaşla birlikte azalmaya

devam ediyor. Elli yaşın üzerindeki yetişkinler, uyku sürelerinin %15'ini REM uykusunda geçiriyorlar. Otuz yıldan uzun süredir uyku araştırması yapan, UCLA'dan Prof. Dr. Gina Poe, yaklaşık iki buçuk yaşında REM uykusunun süresinde önemli bir düşüşün olduğunu, bunun da uyku işlevindeki büyük değişikliğin meydana geldiğinde gerçekleştiğini belirtiyor. Poe, denizanasından kuşlara ve balinalara kadar tüm canlılar için uykunun yemek kadar önemli ve sinir sisteminin ihtiyaçlarına uygun mucizevi bir şey olduğunu, beynin uyurken bile dinlenmediğini, kronik uyku eksikliğinin demans ve diğer bilişsel bozukluklar, diyabet ve obezite gibi uzun vadeli sağlık sorunlarında da payı bulunduğunu vurguluyor.

Poe, yetişkinlere her gece düzenli olarak yedi buçuk saat uyumalarını öneriyor. Çocuklar daha fazla uykuya ihtiyaç duyarken, bebeklerin çok daha fazla, yani günde yetişkinlerin kabaca iki katı kadar süre uyumaları gerekiyor. ■

## Paslanmaz Çeliğin Kökeni 1000 Yıl Önceye Dayanıyor

Özlem Ak

Günümüz paslanmaz çelik endüstrisinin geçmişi, bilim insanlarının demir-krom alaşımlarının belirli asitler tarafından korozyona direnç gösterdiğini fark ettikleri 19. yüzyılın başlarına dayanıyor. Ancak *Journal of Archaeological Science* dergisinde yayımlanan yeni bir araştırma, benzer bir alaşımın bundan çok daha önce, hatta bin yıl öncesinde geliştirildiğini gösteriyor.

Arkeologlar, Avrupa Sanayi Devrimi'nden çok uzun zaman önce, 11. yüzyılda, düşük kromlu çeliğin pota çelik denilen teknikle kılıçlar ve hançerler de dâhil olmak üzere zırh ve silah üretiminde kullanıldığını dair kanıtlara rastladılar.

Paslanmaz çelik aynı zamanda krom çeliği olarak da bilinir, paslanmayı durduran karışımda



bulunan kromdur. O zamanki metal alaşımı günümüzdekiyle tam bir eşleşme göstermese de kromun pota çelik tekniğiyle üretilen bir alaşımda pik demir (yüksek basınçlı, sıcak hava kütlesi aracılığıyla gerçekleştirildiği sanayi fırınında demir cevherinin külçe hâlinde eritilmesiyle hazırlanan ve yüksek karbon içeriğine sahip demir türü) ile karıştırıldığıyla ilgili kanıtlar var.

University College London'dan arkeolog Rahil Alipour bu araştırmanın, yalnızca MS 11. yüzyıla kadar uzanan krom çeliğinin üretimine ilişkin bilinen en eski kanıtları sunmakla kalmadığını, aynı zamanda müzelerdeki veya arkeolojik koleksiyonlardaki pota çelik eserlerin tanımlanmasına yardımcı olabileceğini söylüyor. Bu araştırma bilim insanları düşük



kromlu bir çeliğin bilinçli olarak üretildiği en erken dönemi tespit ettiler. Böylece paslanmaz çeliğin uzmanların bildiğinden çok daha uzun ve farklı bir geçmişi olduğu anlaşıldı.

Bu alaşımın bulunduğu Çahak, bugün İran'da sadece küçük bir köy olsa da çok sayıda eski el yazması, oranın Pers döneminde önemli bir çelik üretim merkezi olduğuna işaret ediyor. Araştırmacıları bu yeni keşiflerine yönlendiren de bu el yazmalarından birinde kromit kumu olduğu öne sürülen, yanmış anlamındaki "rusakhtaj" adlı gizemli bir bileşikten söz edilmesi oldu. Cambridge Üniversitesinden arkeolog Marcos Martinon-Torres, tanımlama sürecinin birkaç nedenden dolayı oldukça uzun ve karmaşık olduğunu belirtiyor. Çünkü teknolojik süreçleri veya malzemeleri kaydetmek için kullanılan dil ve terimler artık kullanılmıyor veya anlamları modern bilimde kullanılanlardan farklı.

Ekip, radyo karbon tarihleme ve taramalı elektron mikroskobu analizi sayesinde, 10. ila 12. yüzyıllarda metal yapımından kalan atık odun kömüründeki küçük miktarlardaki kromiti tespit edebildi. Bu ek krom, bu karışımla üretilen aletleri ve silahları daha sert ve daha güçlü hâle getirecekti.

Bilim insanları dünyanın dört bir yanındaki müzelerde sergilenen Pers potalı çelik aletlerin ve silahların nasıl üretildiklerine dair artık yeni bir görüşe sahipler. Çahak potalı çelik üretiminin temel bir bileşeni olarak krom, şimdiye kadar bilinen diğer hiçbir pota çelik endüstrisinde tespit edilmemişti. Ancak bundan sonra araştırmacılar potalı çelik nesnelerde bu elementi arayabilir ve onların eski üretim merkezleri veya yöntemleri hakkında daha fazla bilgi sahibi olabilirler. ■



## Fildişi Sahilinin Fil Popülasyonları Hızla Azalıyor

İlay Çelik Sezer

Adını fillerden alan Fildişi Sahili bir zamanlar Batı Afrika'nın en büyük fil popülasyonuna sahipti. Ancak günümüzde ülkedeki fil sayısı hızlı bir azalma içinde. Fildişi Sahili'nin Abidjan kentindeki Félix Houphouët-Boigny Üniversitesinden Sery Gonedelé ve ekibi, 2011-2017 arasında ülke genelindeki 25 koruma alanında incelemeler yaptı. Araştırmacılar

ayrıca basına yansımış haberleri ve insanlarla filler arasındaki çatışmalara ilişkin kayıtları da inceledi. Elde ettikleri sonuçlara dayanarak Fildişi Sahili'nde sadece 225 fil kaldığı tahmininde bulundular. Bu da 1994'teki bir araştırmada belirlenen sayıya göre %86'luk bir düşüşe karşılık geliyor.

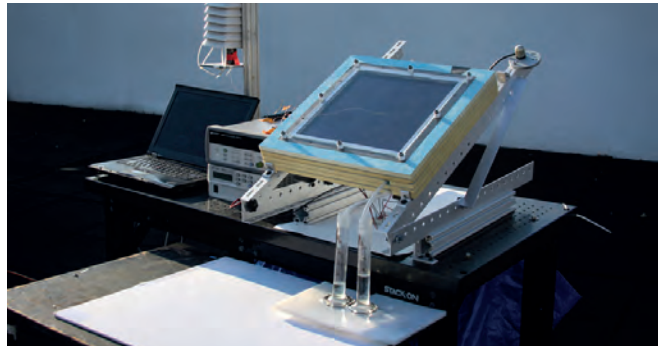
Gonedelé, tahminlere göre yüz yıl önce orman fili popülasyonlarının 3000 ile 5000 arasında olduğunu belirtiyor. Gonedelé ve ekibi dışkı sayımlarına dayanarak fillerin incelenen 25 koruma alanının sadece





dördünde varlığını sürdürdüğünü doğruladı. Popülasyonların azalmasında habitat tahribatının etkili bir faktör olduğu düşünülüyor. Nitekim araştırma ekibi koruma statüsüne rağmen 25 orman örtüsünün 360.000 hektarlık kısmının, yani %71'inin kesilmiş olduğunu tespit etti. Gonedelé, bu alanın çoğunun, başta kakao üretimi olmak üzere tarımsal üretim için tahrip edildiğini belirtiyor. 25 koruma alanının yarıdan fazlası tamamen çiftliklere ve yerleşim yerlerine dönüştürülmüş durumda.

Daha önce yapılan analizlerde ülkede her yıl 265.000 hektar ormanlık alanın kesildiği tahmin edilmişti. Bu da Sahraaltı Afrika'daki en yüksek ormansızlaşma oranıydı. Araştırmacılar hâlen fil popülasyonları barındıran dört koruma alanındaki koruma personelinin diğer 21 alandakilere göre daha fazla koruma etkinliği gösterdiğini, hatta bu 21 alanda dişe dokunur bir yaban hayatı yönetimi bile olmadığını da tespit etti. Araştırmacılar hâlâ varlığını sürdüren popülasyonların korunması için acilen eyleme geçilmez, örneğin korucu devriyeleri ve yasal yaptırımlar gibi önlemler alınmaz ise Fildişi Sahili'nde orman fillerinin soyunun tükenebileceğini düşünüyor. Parçası oldukları ekosistem için kilit taşı tür işlevi gören bu canlıların kaybı ise tüm bir ekosistem için yıkıcı etkiler ortaya koyabilir. ■



## Gün Işığının Isısıyla Çöldeki Havadan Su Damıtabilen Cihaz

İlay Çelik Sezer

Temiz suya erişimin zor olduğu bölgelerde havadan su damıtmayı sağlayan teknolojik yöntemler, özellikle de küresel ısınma ile kuraklığın daha da kötüleşeceği yerlerin geleceği için kritik önem taşıyor. Bu yüzden de bu amaca yönelik pek çok araştırma yapılıyor. Massachusetts Institute of Technology'den Alina LaPotin ve ekibinin neredeyse tamamen kuru havadan, güneş ışığı kaynaklı ısı yardımıyla su damıtmayı sağlayan yeni bir cihaz geliştirdiği araştırma da bunlardan biri. Cihazın içinde geceleri havadan su buharı toplamayı sağlayan zeolit adlı adsorban (gazların ya da sıvıların yüzeyine

tutunmasını sağlayan) bir malzeme bulunuyor. Gündüz süresince de "güneş soğurucu" bir panelden elde edilen ısı adsorban malzemenin yüzeyine tutunan suyun malzemeden ayrılarak kullanılabilir hâle gelmesini sağlıyor.

Zeolit çok gözenekli bir yapıya ve dolayısıyla geniş bir iç yüzey alanına sahip olduğu için neredeyse kuru hâldeki havada bulunan çok az miktarlardaki suyu bile adsorbe edebiliyor. Cihazın ilk test sonuçlarına dayanılarak yapılan modellemeye göre, bu cihazla çöllerde görülen %20'ye varan düşük bağıl nem oranlarında bile su üretmek mümkün olabilecek. Atmosferden su damıtmaya yönelik "sis hasatlama" ve "çiğ sistemleri" gibi mevcut cihazlar ise en az %50'lik bağıl nem oranlarında çalışabiliyor. Yapılan testlerde yeni cihaz güneş soğurucunun bir metrekaresi başına günde 0,77 litre su üretilbildi. LaPotin ekibiyle birlikte cihazın içindeki malzeme tarafından adsorbe edilebilecek su miktarını artırmanın yollarını araştırdıklarını belirtiyor. ■



## Kalp Atış Hızındaki Değişimler Depresyon Riskini İşaret Ediyor

Tuncay Baydemir

Araştırmacılar 24 saat boyunca kalp atış hızındaki değişimleri ölçerek kişinin depresyon semptomları gösterip göstermediğini %90 doğruluk payı ile öngörebiliyor.

Avrupa Nöropsikofarmakoloji Koleji (ECNP) sanal kongresinde çalışmalarıyla ilgili bulguları sunan Goethe Üniversitesinden Dr. Carmen Schiweck, gerçekleştirdikleri pilot çalışmalarda doğruluk oranının potansiyel depresyon yaşama riski için erken bir uyarı sistemi olacağını ve tedavilerin başarı riskinin buna bağlı olarak artacağını belirtiyor.

Bilim insanları kalp atış hızının depresyonla ilişkili olduğunu hâlihazırda biliyorlardı. Geçmişte yapılan çalışmalar depresif hastaların sürekli olarak daha yüksek kalp

atış hızlarına ve daha düşük kalp atış hızı değişkenliğine sahip olduğunu göstermişti ancak aradaki ilişki şimdiye kadar net biçimde ortaya konulamamıştı.

Araştırmacılar yeni çalışmalarıyla bu ilişkiyi ilk kez bu kadar net biçimde ortaya koydu. Çalışmadaki katılımcıların günler boyunca kalp atış hızı sürekli kaydedildi ve antidepresan olarak depresyonu hemen hemen tümüyle ortadan kaldırabilen ketamin kullanıldı. Geleneksel antidepresanların etki göstermesi haftalar sürebiliyorken, ketamin, hızlı etki etmesi ve dakikalar içerisinde sonuç vermesi nedeniyle çalışmalarda tercih edildi. Dr. Carmen Schiweck, Belçika KU Leuven Zihin-Beden Araştırma Grubu baş araştırmacısı Dr. Stephan Claes ile birlikte

normal tedavilere yanıt vermeyen, ileri derecede ve tekrarlayan depresif bozukluğa sahip 16 hasta ve 16 normal kişi üzerinde çalışmalar gerçekleştirdi. Tüm örneklemelerin kalp atış hızları 4 gün ve 3 gece boyunca izlenerek gönüllü olan hastalara ketamin ya da plasebo (vücuda çeşitli yollarla verilebilen ve farmakolojik olarak tedaviye etkisi olmayan tasarlanmış madde) tedavisi uygulandı.

Yapılan tüm ölçümler giyilebilir mini-EKG cihazı kullanılarak gerçekleştirildi ve veriler yapay zekâ programına gönderildi. Bu program kişilerin depresif veya sağlıklı olduğunu neredeyse tamamen doğru olarak gösterebildi. Ölçümlerde depresyonu olanların daha yüksek kalp atış hızına ve daha düşük kalp atış değişimine sahip olduğu gözlemlendi,

bu hastaların kalp atış hızları normale göre 10-15 atış daha fazlaydı. Tedavi uygulandıktan sonra yapılan ölçümlerde ise bu değerlerin kontrol örneklemelerine yakın seviyelerde seyrettiği tespit edildi.

Normalde gündüzleri nabız daha yüksek seyrederken geceleri daha düşüktür. Ancak bu durum depresif kişilerde tam olarak geçerli olmuyor. Dr. Schiweck bunun depresyon geçirecek veya depresyonu yeniden nüksedecek hastaları belirlemede kullanılabilecek bir yol olduğunu söylüyor.

Bulgulardan bir diğeri de istirahat durumunda yüksek kalp atış hızına sahip olanların ketamin tedavisine daha iyi yanıt vermesiydi. Çalışmaların bir sonraki adımı ise depresif hastaları ve tedavi görenleri yakından takip ederek görülen değişiklikleri bir erken uyarı sistemi hâline getirmek olarak görünüyor. Ayrıca, elde edilen olumlu bulgular ışığında tedavinin çok çeşitli hastalara uygulanabilirliği üzerine de araştırmalar yapılması hedefleniyor. ■





Mide modelinde mini robot ile biyobaskılama gerçekleştirilebiliyor.

## Mide Ülseri Mini Üç Boyutlu Yazıcılarla Vücut İçinde Tedavi Edilebilecek

Tuncay Baydemir

Dünyada her sekiz kişiden biri mide ülseri ve diğer mide yaralarından etkileniyor ve günümüzde uygulanan tedavilerin bazı olumsuz yönleri bulunuyor. Araştırmacılar üç boyutlu baskı tekniği kullanarak canlı hücreleri doğrudan vücuda yerleştirip bu olumsuzlukları aşmayı planlıyor.

Üç boyutlu yazıcıların birbirini üstüne basılan katmanlardan karmaşık yapılar oluşturması

mantığıyla benzer çalışan biyoyazıcılar da canlı hücrelerden doku ve organlar üretmek için kullanılıyor. Ancak vücudun dışında basılan canlı dokuların vücuda yerleştirilmesi için cerrahi operasyon gerekiyor ve iyileşme süreleri ve enfeksiyon kapma riski buna bağlı olarak artıyor.

Canlı hücrelerin doğrudan vücudun içinde basılması durumunda bu dezavantajlı durumlar ortadan kalkabilir. Bu fikirden yola çıkan araştırmacılar, hastalarda açılan çok küçük kesiklerden yerleştirilen üç boyutlu baskı aletleri ile vücuda yeni dokular yerleştirmeyi planladılar. Bunun için insan vücudu içerisine kolaylıkla

yerleştirilebilecek minyatür bir biyoyazıcı robota ihtiyaç duydular.

Çin'deki Tsinghua Üniversitesinden biyomühendisler Wenxiang Zhao ve Tao Xu mevcut robot böceklerden ilham alarak biyobaskı yapabilecek bir robot geliştirdiler. Bu oldukça küçük robot 30 mm genişliğe ve 43 mm uzunluğa sahip. Hastanın vücuduna yerleştirilirken daha küçük boyutlarda olan robot, görev alanına geldiğinde içerisindeki akıllı mekanizmalar sayesinde kendisine daha geniş bir çalışma alanı sağlayacak şekilde açılarak 59 mm uzunluğa erişebiliyor.

Yapılan deneylerde araştırmacılar robotu vücut açıklığından yerleştirilen bir endoskop tüpünden geçirerek şeffaf bir plastik mide modeline ulaştırdılar. Burada laboratuvar ortamında yetiştirilen mide astarı ve mide kası hücreleri ile yüklü jelleri hedef yüzeye başarıyla yazdırdılar. Çalışma sonunda hücrelerin canlılığının korunduğunu ve hücre çoğalmasının gerçekleştiğini gözleyen araştırmacılar bu

çalışmanın mikro robotların ve biyobaskı tekniklerinin bir arada kullanıldığı ilk başarılı girişim olduğunu belirttiler.

Mide lezyonu tedavilerinde uygulanan uzun süreli ve genellikle istenen sonuçları tam olarak vermeyen ilaç tedavileri ve çoğunlukla geçici çözümler sağlayan riskli cerrahi operasyonların yerine canlı yamalar yapılmasının daha etkili bir yöntem olacağını düşünen araştırmacılar önlerindeki süreçte robotu daha küçük boyutlara getirmeyi ve daha karmaşık işlemleri de gerçekleştirebilecek şekilde çeşitli sensörlerle desteklemeyi planlıyorlar.

İlerleyen günlerde biyoyazıcı ile vücut içerisinde basılan hücrelerin mevcut doku ve organlarla uyumunun ve bu hücreleri daha etkin bir şekilde ekleme yollarının daha detaylı bir şekilde araştırılması gerekiyor. Sistem tam olarak uygulanabilir hâle getirildiğinde sadece mide yaraları için değil aynı zamanda fıtık ve kısırlık tedavilerinde de kullanılma potansiyeli taşıyor. ■



## Yapısal Tasarımlar Malzemeleri Güçlendiriyor

Tuncay Baydemir

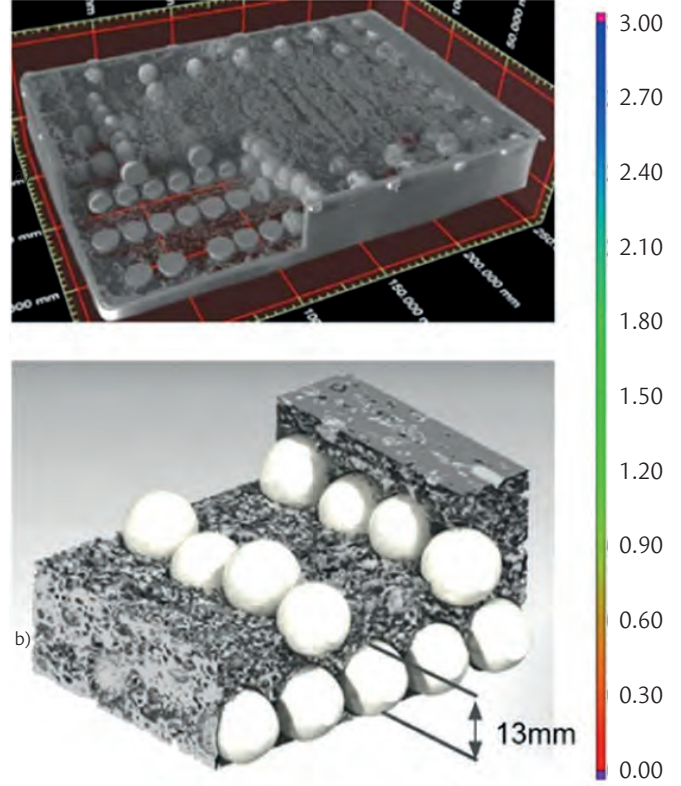
Doğaya baktığımızda çok çeşitli canlıların aşırı yüklere karşı dayanıklı olmak ve bu ağırlıklardan korunmak için katmanlı ya da aşamalı yapılar barındırdığını görebiliriz. Örneğin greyfurt meyvesinin 10 m gibi bir yükseklikten düşmesi meyvenin etli kısmına herhangi bir zarar vermez. Çünkü kabukta bulunan damarlı lif demetleri ve parankimatik hücre destekleri açık gözenekli bir yapıdadır. Bu yapı da darbelere karşı büyük ölçüde koruma sağlar.

Amazon bölgesinde yaşayan Arapaimas balıkları da pullarının katmanlı dizilimi sayesinde piranaların üçgen diş yapılarına karşı koyabiliyorlar. Her bir pul yüksek mineral oranına sahip. Ayrıca bu pullar pirananın diş yapısına uyumsuz oluklar da içeriyor. Dış ara yüz ise kolajen liflerinin çapraz

katmanlı olduğu yapı ile güçlendiriliyor. Böylece bu balıklar piranalara kolay kolay yem olmuyor. Deniz kabuklularında da benzer durumlar yaygın olarak gözlenir. Yüksek dayanıklılığa sahip olmaları ve uzun yıllar boyunca varlıklarını koruyabilmeleri kabuk yapılarındaki katmanlı düzene bağlıdır.

Doğadaki malzeme yapılarından esinlenen bilim insanları hem yüksek oranda deforme olma kapasitesine sahip hem de hareketli yüklere karşı oldukça dirençli yeni bir mimari malzeme elde ettiler. Sert seramik küreleri, yüksek oranda sıkıştırılabilir özelliğe sahip alüminyum köpük matrisi ile birleştirerek elde edilen katmanlı malzemeye Proteus adı verildi.

Durham Üniversitesinden Stefan Szyniszewski ve arkadaşları geliştirdikleri oldukça hafif yapay malzeme ile kesici aletlere karşı yüksek dayanıklılık sağlamayı başardılar. Malzeme alüminyum bir yapının içine gömülü seramik kürelerden oluşuyor ve metal kesicilere, delicilere ve su jetlerine karşı koyabiliyor.



Metal-seramik malzemenin hiyerarşik yapısı a) Sandviç panel numunesi b) Yapıdaki 13 mm çapındaki seramik küreler birbirleriyle temas etmiyor ve alüminyum köpük yapı içerisinde gömülü duruyorlar.

Szyniszewski, S ve ark., "Non-cuttable material created through local resonance and strain rate effects", *Scientific Reports*, 10:11539, 2020.

Malzeme dış basınca direnen sert bir yüzey olmaktan ziyade, içindeki seramik küreler sayesinde dış kuvveti bozan titreşimler oluşturuyor ve matkabın veya kesici aletin uyguladığı kuvveti geri yansıtıyor. Oluşan titreşimler aletin keskin kenarlarını köreltiliyor ve işlevsiz hâle getiriyor. Ayrıca malzeme kesilmeye çalışıldığında seramik küreler daha sert ve kuvvetli bir zımpara kağıdı gibi

işlev gören daha küçük parçalara ayrılıyor ve malzemede oluşan boşlukları dolduruyor. Bu da ikinci bir savunma mekanizmasına yol açıyor. Kesici diskin veya matkabın kuvveti ile enerjisi kendi üzerine geri yansıtılıyor ve zayıflatılarak sonunda etkisiz hâle getiriliyor. Yani malzemeyi hızlı bir şekilde kesmeye ve bütünlüğünü bozmaya çalıştığınızda işiniz giderek daha da zorlaşıyor.

Biyo-esinlenilmiş seramik bölgeler içeren metalik hücresel yapı, çeliğin %15'i kadar yoğunluğa sahip olmasına rağmen taşlama makinesi gibi aletlerle kesilemiyor. Araştırma sonuçları, dayanıklılığın malzeme katmanları ile uygulanan yük arasındaki dinamik ilişkiler üzerinden şekillendirilerek yeni malzeme türlerinin geliştirilmesine ilham veriyor. Yeni tasarlanmış malzemenin yapısı ve bileşenleri değiştirilip geliştirilerek uygulama yelpazesi de kolaylıkla genişletilebilir.

Protheus isimli malzemenin doğada karşılaştırılabileceği tek yapının elmas olduğunu söyleyen araştırmacılar, malzemenin ucuz, hafif ve kolay erişilebilir olmasının önemli avantajlar sunduğunu belirtiyorlar. Malzeme, işçi sağlığı ve güvenliği başta olmak üzere savunma sanayisi gibi farklı pek çok alanda kullanım bulacak gibi gözüküyor. ■

## Özel Silikon Kaplama Kumaşa Yağ Tutmama Özelliği Kazandırıyor

İlay Çelik Sezer

Kanada'da bulunan University of British Columbia'dan Kevin Golovin ve ekibi su ve yağ tutmayan kumaşları daha çevreci biçimde üretmeyi sağlayan yeni bir yöntem geliştirdi. Kumaşları perflurine bileşikler olarak adlandırılan kimyasal maddelerle kaplamak giysi kumaşlarına ya da başka kumaşlara su ve yağ tutmama özelliği kazandırmak için kullanılan yaygın bir yöntem. Ancak bu kimyasallar çevreye zarar veren ve kolayca parçalanmayan zehirli maddeler içerdikleri için giderek daha çok kaygı yaratmaya başladı. Golovin ve ekibi, bir dokumanın yapısını ve yüzey kimyasını yağ tutmama özelliği ile ilişkilendiren bir dizi denklem geliştirdi. Bu denklemler yardımıyla belirli bir dokuma örüntüsü hassas

biçimde tasarlanmış bir silikon türüyle eşleştirilerek kumaş liflerinin kaplanması sağlanabiliyor. Silikon kaplama kumaşa su ve yağ tutmama özelliği kazandırırken perflurine bileşiklere göre çok daha çevreci bir seçenek oluşturuyor. Golovin belirli bir şekilde dokunmuş bir kumaş için üretilecek kaplamanın o kumaşın özellikleri düşünülerek tasarlanması gerektiğini belirtiyor. Aynı düzeyde yağ itme özelliği oluşturmak için farklı kumaşlarda farklı formülasyonlar gerekebiliyor. Golovin ve ekibi geliştirdikleri yöntemi naylon bir ceket üzerinde denediler

ve uyguladıkları kaplamanın ceketin genel kimyasal özelliklerini değiştirerek kumaşa kanola yağını, zeytinyağını ve Hint yağını tutmama özelliği kazandırdığını gördüler. Kapladıkları kumaş ayrıca su ve sentetik teri de tutmama özelliği gösterdi. Golovin bu çalışmadan önce çevreye zararlı perflurine kaplamaların kumaşlarda yağ tutmama özelliği sağlayan tek kaplama seçeneği olduğunu belirtiyor. Diğer yandan, yeni kaplama teknolojisinin ticari olarak kullanıma geçmeden önce dayanıklılık testlerini geçmesi gerekiyor. ■





# Bazı Ötegezegenler Yaşam için Dünya'dan Daha mı Uygun?

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

NASA

Ötegezegen araştırmalarında en az keşifler kadar Dünya benzeri olanlarda atmosfer özellikleri ve yaşam koşulları üzerine yapılan araştırmalar da ilgi çekiyor. Önce *Kepler Uzay Teleskobu* şimdi de *TESS* uydusu ile yapılan gözlemlerden elde edilen sonuçlar yer tabanlı gözlemlerle de birleştirilerek sadece ötegezegen bulmanın çok ötesinde sonuçlar alınmaya başlandı. Yakın gelecekte gönderilecek olan ve *Hubble*'ın varisi olarak görülen *James Webb Teleskobu* ve diğer uzay teleskoplarıyla yapılacak araştırmalarda ötegezegen yapılarının çok daha detaylı ve hassas belirlenmesi hedefleniyor.

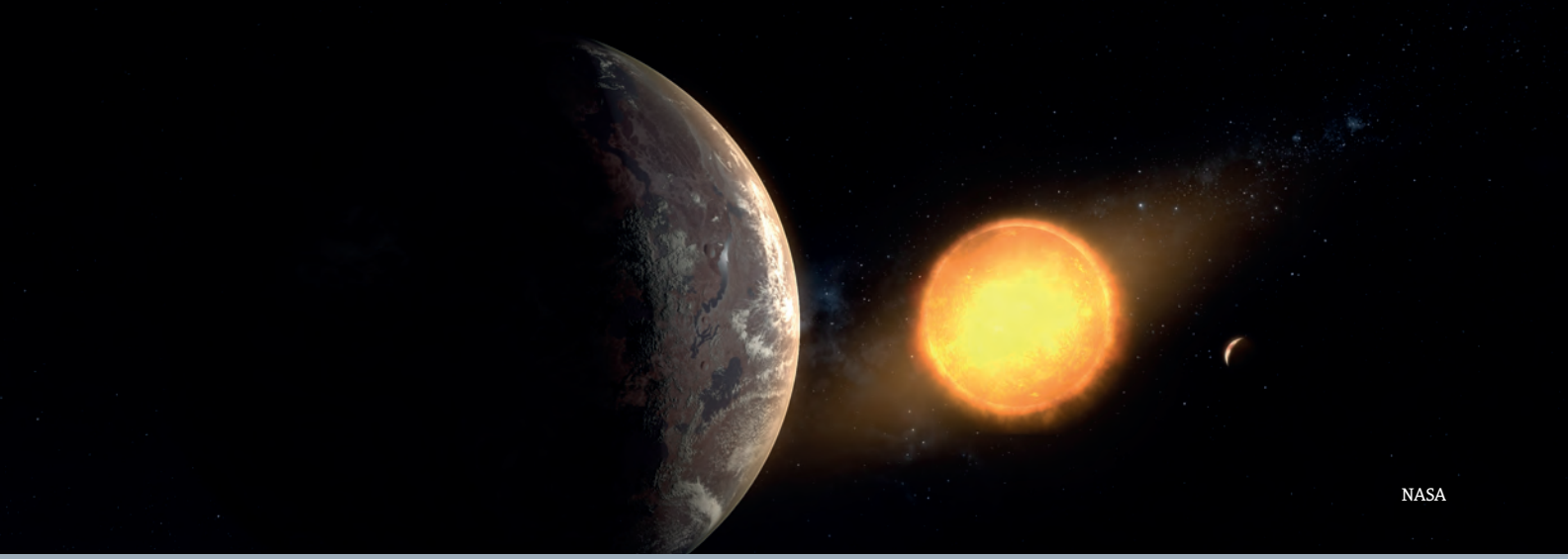
Yakın zamanda *Astrobiology* dergisinde yayınlanan bir çalışmada, Dünya'nın, yaşam için evrendeki en iyi gezegen olup olmadığı tartışıldı. Gökbilimciler, Güneş Sistemi dışında yaşam koşullarının Dünya'dan daha iyi olduğunu ortaya koydukları iki düzine ötegezegen belirlediler. Bu gezegenlerin yıldızlarının Güneş'ten daha farklı özelliklerde olmasının onlarıdaki yaşam koşullarını daha elverişli hâle getirdiği öngörülüyor.

Washington State Üniversitesinden (WSU) Dirk Schulze-Makuch tarafından yönetilen bir araştırmada, potansiyel "süper yaşanabilir" gezegenlerin özellikleri veriliyor. Bu ötegezegenler, Dünya'dan daha yaşlı, biraz daha büyük boyutlu, biraz daha sıcak ve muhtemelen daha fazla su içeriyorlar. Yaşam, aynı zamanda, daha yavaş değişen yıldızların etrafında daha uzun ömürlü olan gezegenlerde daha uzun süre devam edebilir.

Daha uygun yaşam koşullarına sahip olduğu düşünülen 24 ötegezegenin hepsi 100 ışık yılından daha uzakta bulunuyor. Yayınlanan çalışmanın NASA'nın *James Web Uzay Teleskobu*, *LUVIOR Uzay Gözlemevi* ve Avrupa Uzay Ajansı'nın göndereceği *PLATO* uydusunun gelecekteki gözlem planları için önemli kaynak olabileceği düşünülüyor.

Berlin Teknik Üniversitesi ve WSU Profesörü Schulze-Makuch, yakın gelecekte gönderilecek uzay teleskopları ile daha fazla bilgi alacağımızı ve bu nedenle bazı gözlem hedeflerini seçmenin önemli olduğunu söylüyor. Karmaşık yaşam koşullarının varlığının araştırılması için umut verici koşullara sahip belirli ötegezegenlere odaklanılması gerekiyor. Bu çalışmadaki araştırmacılar, sadece ikinci bir Dünya arama hedefinde olunmaması gerektiğini çünkü yaşam için bizimkinden daha uygun ötegezegenler olabileceğini söylüyorlar.

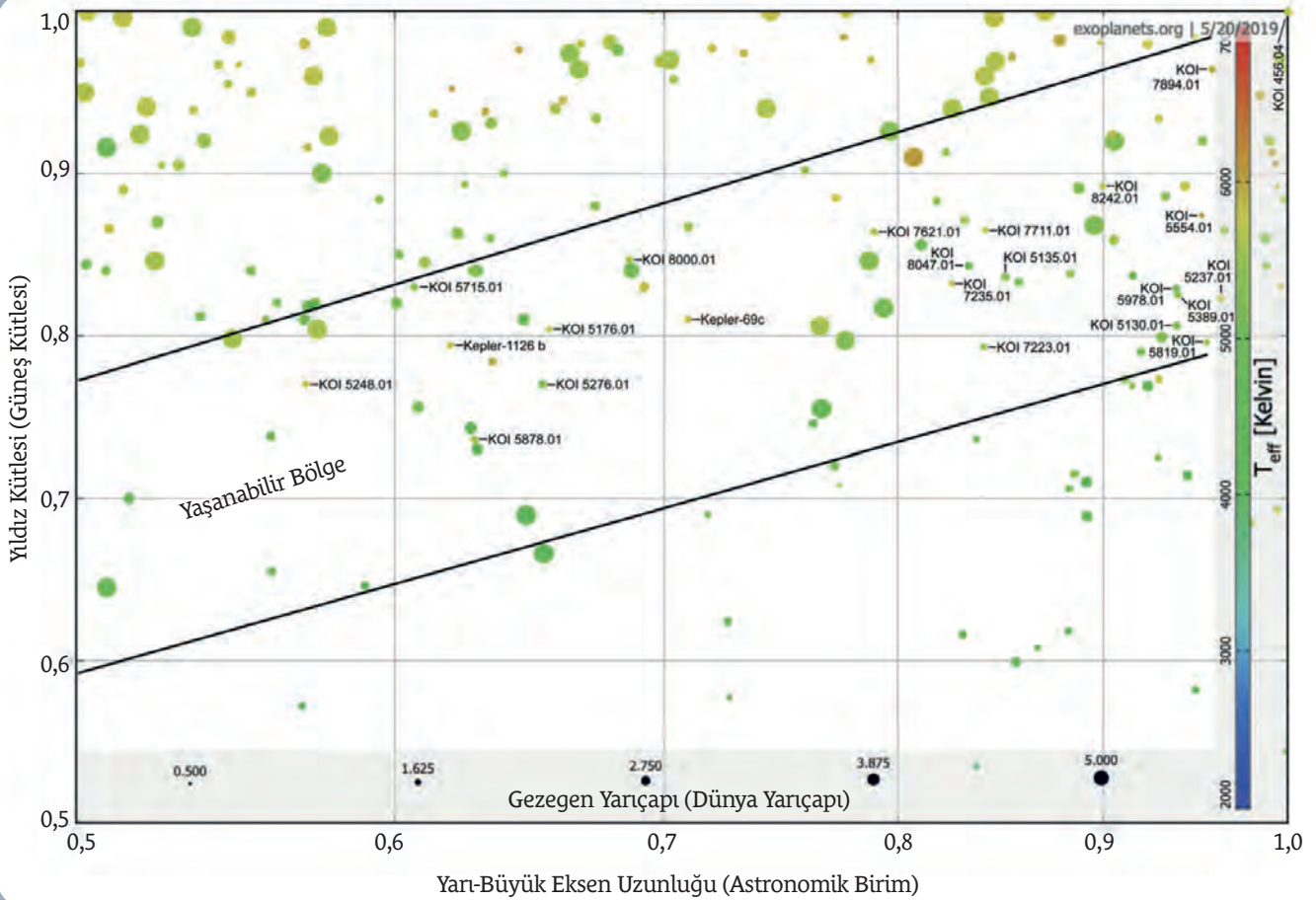
Gezegenlerde yaşanabilirlik koşulları konusunda uzman bir jeobiyolog olan Schulze-Makuch, süper yaşanabilirlik kriterlerini belirlemek ve Güneş Sistemi dışındaki bilinen 4500 ötegezegen arasında tarama yapmak için Max Planck Güneş Sistemi Araştırma Enstitüsünden gökbilimci Rene Heller ve Villanova Üniversitesinden Edward Guinan ile birlikte çalıştı. Yaşanabilirlik, bu gezegenlerde kesinlikle yaşam olduğu anlamına gelmiyor, yalnızca onların hayatın başlamasına ve sürdürülmesine yardımcı olacak koşullara sahip olduklarına işaret ediyor. Araştırmacılar, Kepler Gezegen Arşivi'nden, ev sahibi yıldızların etrafında suyun sıvı formda olabileceği ötegezegenleri seçtiler.



NASA

Güneş, sistemimizin yıldızıdır ve yaklaşık 10 milyar yıllık ömre sahiptir. Dünya'da bilinen formda yaşamın devam etmesi için gerekli koşulların yaklaşık 4 milyar yılda ortaya çıkabileceği tahmin edildiğinden, G yıldızları adı verilen (yıldızların sıcaklıklarına göre yapılan sınıflamada bir alt-tür) Güneş'e benzer birçok yıldızın, yaşamın sürdürülmesi için şartlar oluşma-

dan önce yakıtının bitebileceği öngörülüyor. Araştırmacılar, yıldızları G tayf türünden olan gezegenlere bakmanın yanı sıra, Güneş'ten biraz daha soğuk, daha az kütleli ve daha az parlak olan K cüce yıldızlarına sahip sistemlere de baktılar. K yıldızlarının ömürleri 20 milyar ila 70 milyar yıl olabiliyor. Bu uzun süre, yörünge-deki gezegenlerin daha yaşlı olmasına ve yaşamın



Güneş'ten daha soğuk ve küçük kütleli K yıldızları etrafında yaşanabilir alanda yer alan ve Dünya'dan daha uygun yaşam koşullarına sahip olduğu öngörülen 24 ötegezegen katalog isimleriyle verilmiştir.



hemen hemen aynı şartlarda uzun süre devamlılığına izin veriyor. Bununla birlikte, gezegenlerin yaşanabilir olmaları için jeotermal ısılarını tüketecek kadar yaşlı olmaması ve koruyucu jeomanyetik alanlara sahip olması gerekiyor. Dünya yaklaşık 4,5 milyar yaşında ancak araştırmacılar daha uzun yaşam için gezegenin 5-8 milyar yıl arasında yaşa sahip olması gerektiğini iddia ediyorlar.

Yaşam koşulları için gezegenin boyut ve kütlesi de önemlidir. Dünyadan %10 daha büyük boyutlu olan bir gezegenin daha uygun yaşanabilir alanları olabilir. Kütlesi, Dünya'nın kütesinin yaklaşık 1,5 katı olan bir ötegezegenin radyoaktif bozunma yoluyla iç ısını daha uzun süre tutması ve aynı zamanda daha uzun süre boyunca atmosferini korumak için daha güçlü bir çekim kuvvetine sahip olması beklenir.

Su, yaşamın anahtarıdır ve araştırmacılar, biraz daha fazla suyun özellikle daha fazla nem ve bulutlanmaya yardımcı olacağını savunuyorlar. Daha fazla nemle birlikte Dünya'dan yaklaşık 5 santigrat derece daha yüksek bir ortalama yüzey sıcaklığı da yaşam için daha uygun olacaktır. Bu sıcaklık ve nem tercihi, tropikal yağmur ormanlarında, daha soğuk ve kuru alanlara göre, daha fazla biyolojik çeşitlilik şeklinde Dünya'da görülüyor.

Dünya'dan daha uygun yaşam koşullarına sahip olabilecek gezegenlerin bazı özellikleri:

- K sınıfı bir cüce yıldızın yörüngesinde
- Yaşı 5-8 milyar yıl aralığında
- Kütlesi 1,5 Dünya Kütlesi
- Boyutu Dünya'dan %10 daha büyük
- Ortalama yüzey sıcaklığı Dünya'dan 5°C daha fazla
- %25-30 oranında O<sub>2</sub> içeren nemli bir atmosfer
- Farklı konumlarda parçalı çok sayıda su alanları
- 10-100 gezegen yarıçapı uzaklığında, gezegen kütesinin %1-10 aralığında kütlesi olan doğal uydu
- Plaka tektoniği veya benzer jeolojik geri dönüşüm mekanizması ve koruyucu bir jeomanyetik alan



En uygun 24 ötegezegen adayından hiçbirisi aşırı yaşanabilir gezegenler için tüm kriterleri karşılamıyor ancak biri kritik özelliklerin dördüne sahip, bu da onu yaşam için muhtemelen ana gezegenimizden çok daha elverişli hâle getiriyor.

Araştırmacılar Schulze-Makuch, "Bu süper yaşanabilir gezegenlerin kriterlerini aktarmak kolay değil çünkü biz yaşam için en uygun gezegene sahip olduğumuzu düşünüyoruz. Gezegenimizde çok sayıda karmaşık ve çeşitli yaşam formları var ve bunların birçoğu aşırı ortamlarda hayatta kalabiliyor. Çeşitli koşullara uyum sağlamak önemli ancak bu her şeyin en iyisine sahip olduğumuz anlamına gelmez." dedi.

Ötegezegen araştırmaları, Dünya benzeri gezegenleri keşfetmenin yanında Dünya'dan daha uygun yaşam şartlarına sahip olabilecek yıldız-gezegen sistemlerini de ortaya çıkarmaya başladı. Bu araştırmalarda, yaşam koşullarını belirleyen kriterlerin gözlemleri için gelecekteki uzay teleskoplarının gözlem verileri oldukça önemli katkılar sunacağı benziyor. Elektromanyetik tayfın özellikle kızılötesi bölgesinde yapılacak gözlemler bu alana önemli girdiler sağlayacak gibi görünüyor. Acaba gerçekten Dünya'dan iyisi var mı? ■

#### Kaynaklar

Dirk Schulze-Makuch et al., In Search for a Planet Better than Earth: Top Contenders for a Superhabitable World, *Astrobiology* (2020).  
<https://phys.org/news/2020-10-planets-life-earth.html>



# Milli Uzay Programı Stratejisi ve Yol Haritası Çalıştayı

Dr. Özlem Kılıç Ekici | TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

**T**ürkiye'nin uzay bilimleri programı ile genel havacılık ve uzay araştırmalarından sorumlu olan Türkiye Uzay Ajansı 13 Aralık 2018 tarihinde Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının ilgili kuruluşu olarak kuruldu. Uzay Ajansı, uzay ve havacılık bilimiyle teknolojilerine yönelik orta ve uzun vadeli amaçları, temel ilke ve yaklaşımları, hedef ve öncelikleri, performans ölçütlerini, bunlara ulaşmak için izlenecek yöntemlerle kaynak dağılımlarını da içeren stratejik planlar hazırlayacak.

Bu bağlamda “Milli Uzay Programı”nın yol haritasının oluşturulması çalışmalarına katkı sağlamak amacıyla Milli Uzay Programı Stratejisi ve Yol Haritası Çalıştayı, Türkiye Uzay Ajansı Başkanlığı koordinesinde TÜBİTAK Türkiye Sanayi ve Sevk Enstitüsünün (TÜSSİDE) Gebze kampüsünde 28 Eylül – 8 Ekim 2020 tarihleri arasında uzay alanında faaliyet gösteren çeşitli kurum ve kuruluşlardan uzmanların ve akademisyenlerin katılımı ile gerçekleştirildi.

Çalıştay aşağıda belirtilen dört farklı oturum başlığına odaklanarak düzenlendi.

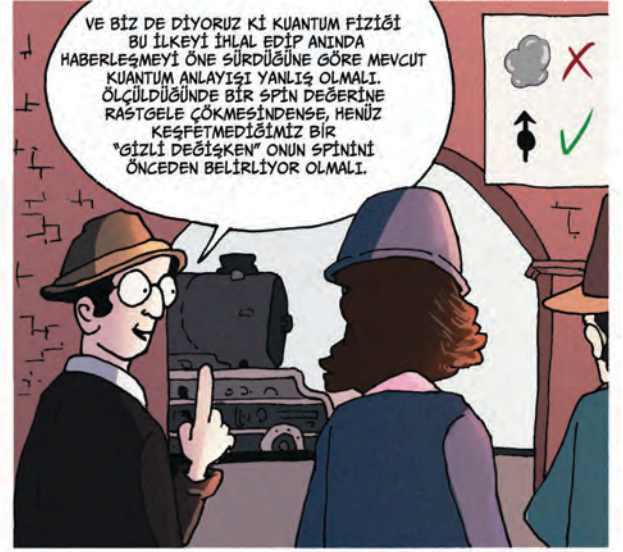
- Uzay Teknolojileri ve Sistemleri (Uzay Kesimi ve Yer Kesimi)
- Fırlatma Teknolojileri ve Malzeme Teknolojileri
- Uzay Bilimleri ve Astronomi, Uzay Havası, Uzay Hukuku ve Uluslararası Organizasyonlarla İlişkiler
- Eğitim ve İnsan Kaynakları, Özel Sektör ve Ekosistemin Geliştirilmesi



Çalıştay sırasında Türkiye’de mevcut durum analizi, ülkemizdeki bu alanda yetkinlik seviyeleri, uygulama alanları ile bu uygulama alanlarında ihtiyaç duyulacak yetkinlik seviyeleri ve ülkemizi bu yetkinlik seviyelerine çıkaracak stratejik hedef ve vizyon çalışmaları yapıldı. Hazırlanacak çalıştay raporunun Türkiye Uzay Ajansı tarafından hazırlanan “Milli Uzay Programı”na önemli bir katkı sağlaması bekleniyor.

Türkiye Uzay Ajansı, uzay ve havacılık alanlarında bilimsel ve teknolojik altyapıların, insan kaynaklarının geliştirilmesi, kapasite ve yeteneklerin artırılması, uzaya bağımsız erişim imkânı sağlayacak tesis ve teknolojilerin kazanılması, uzay ve havacılık bilimiyle teknolojileri alanındaki uzmanlık ve bilgi birikiminden milli sanayinin diğer sektörlerinin de yararlanabilmesi için gerekli çalışmaları yapacak. Ayrıca ticari, bilimsel, araştırma-geliştirme amaçlı uzay operasyonlarıyla insanlı veya insansız uzaya erişim ve uzayın keşfine yönelik operasyonların yapılmasını koordine etme görevini de yürütecek. ■









1934 YILIYDI. BU KONU ÜZERİNE EINSTEIN, PODOLSKY VE ROSEN İLE MÜLAKAT YAPMIŞTİM. ŞİMDİ SİZ ONLARIN ÖNE SÜRDÜĞÜ DÜŞÜNCELERİN YANLIŞ OLDUĞUNU İSPATLADIĞINIZI SÖYLÜYORSUNUZ!



EVET HANİMEFENDİ. MAKALEMDE YILLARDIR TARTIŞILAN MESELEYİ BİR SONUÇA BAŞLADIM SANIRIM.



PEKİ BUNU NASIL YAPTINIZ JOHN STEWART BELL?

EINSTEIN VE ARKADAŞLARI KUANTUM FİZİĞİNİN BAZI GİZLİ DEĞİŞKENLER YARDIMIYLA KLASİK FİZİĞE BENZER BİÇİMDE YENİDEN FORMÜLE EDİLEBİLECEĞİNİ DÜŞÜNÜYORLARDI. BENSE BUNUN İMKANSIZ OLDUĞUNU İSPATLADIM.

EĞER KUANTUM FİZİĞİ DOĞRUYSA KLASİK FİZİĞE BENZER BİÇİMDE YENİDEN FORMÜLE EDİLEMEZ. KUANTUM DÜNYASINDAKİ PARÇACIKLAR HER ZAMAN BELİRLİ ÖZELLİKLERE SAHİP DEĞİLLER.



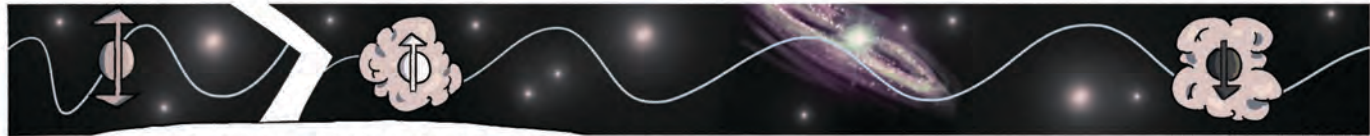
PEKİ PARÇACIKLARIN BİRBİRLERİ İLE İLETİŞİMİ? IŞIK HIZINDAN HIZLI MI HABERLEŞİYORLAR? EINSTEIN BU MÜMKÜN DEĞİL DEMİŞTİ.



ASLINDA ORTADA BİR FİZİK KANUNU İHLALİ YOK, BUNU BENİM DIŞINDA BİRCOK MESLEKTAŞIM DA DIYOR. ŞÖYLE Kİ SİZ VE BEN EVRENİN İKİ AYRI UCUNDA PARÇACIKLARIN SPİN DEĞERLERİNİ ÖLÇELİM. ANCAK BU SIRADA PARÇACIKLARIN SPİNLERİNİ BİZ KONTROL ETMİYORUZ, RAŞTGELE SONUÇLAR BULUYORUZ. AYRICA DOLANIKLILIKTAN YARARLANARAK SİZE IŞIKTAN HIZLI BİR MESAJ GÖNDERMEM DE MÜMKÜN DEĞİL. SİZİN ÖLÇÜM YAPIP YAPMADIĞINIZI BİLE BİLMİYORUM!

ANCAK TEKRAR DÜNYA'DA BULUŞTUĞUMUZDA ELİMİZDEKİ ÖLÇÜM DEĞERLERİNE BAKARAK KARŞILAŞTIRMA YAPABİLİRİZ, DAHA FAZLASINI DEĞİL.

IŞIK HIZINDAN HIZLI MADDE VE ENERJİ GİDEMEZ DIYOR EINSTEIN. BU DURUMDA NE MADDE NE DE ENERJİ TAŞINIYOR.



ORTADA HAREKET EDEN FİZİKSEL BİR SİNYAL YOK! HATTA BAZI ARKADAŞLARIMA GÖRE BU İKİ PARÇACIĞIN DURUMUNU TEK BİR DALGA FONKSİYONU İLE İFADE EDEBİLİRİZ. TEK BİR PARÇACIKTAN BÖLÜNDÜKLERİ İÇİN ASLINDA İLK PARÇACIĞIN DALGA FONKSİYONU İKİSİNİ DE KAPSIYOR, SONUÇTA DALGA FONKSİYONLARININ NE KADAR UZAĞA ERİŞEBİLECEĞİNE DAİR BİR SINIR YOK.



ÇOK ÇOK İLGİNÇ BAY BELL. EN SON EINSTEIN, PODOLSKY VE ROSEN İLE GÖRÜŞMEMDE BU KADAR UFKUM AÇILMIŞTI. UMARIM ÇALIŞMALARLA DEVAM EDERSİNİZ.

KUANTUM DOLANIKLILIĞI, EINSTEIN'IN PARÇACIKLARIN ÖZELLİKLERİNİ ÖLÇÜMLER SONUCUNDA KAZANDIĞI GÖRÜŞÜNE OLAN İTİRAZININ EN BİLİLEN ÖRNEĞİ. EINSTEIN VE ARKADAŞLARI, ÖNE SÜRDÜKLERİ DÜŞÜNCE DENEYİYLE PARÇACIKLARIN BELİRLİ ÖZELLİKLERE ÖNCEDEN SAHİP OLMALARI GEREKTİĞİNİ, YOKSA FİZİK KURALLARININ İHLAL EDİLECEĞİNİ İDDİA ETMİŞLERDİ. ÇÖZÜM KUANTUM FİZİĞİNİ KLASİK FİZİĞE BENZER BİÇİMDE YENİDEN FORMÜLE ETMEKTİ. FAKAT BELL BUNUN İMKANSIZ OLDUĞUNU, EĞER DOĞRUYSA KUANTUM FİZİĞİNİN KLASİK FİZİĞE BENZETİLEMEYECEĞİNİ İSPATLADI. KUANTUM MEKANİĞİ YILLAR İÇİNDE PEK ÇOK TESTTEN GEÇİRİLDİYSE DE BUGÜNE KADAR YANLIŞ OLDUĞUNA İŞARET EDEN TEK BİR SONUÇA DAHİ ULAŞILAMADI. KUANTUM DOLANIKLILIĞI DA PEK ÇOK KEZ DENEYLERE KONU OLDU VE ELDE EDİLEN TÜM SONUÇLAR KUANTUM MEKANİĞİNİN TAHMİNLERİNİ DOĞRULADI.

SON



# Çizge Teorisi

**Büyük Çizgeler  
Daha Küçüklerinin  
Kopyalarıyla  
Oluşturulabilir mi?**

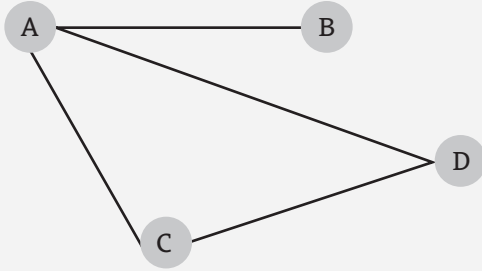
Dr. Tuncay BAYDEMİR [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

**Çizge teorisi (graph theory), çizgeleri (grafları) inceleyen matematik dalı. Çizge, temel olarak düğümler (vertex, node) ve bu düğümleri birbirine bağlayan bağlantılardan (edge) oluşan bir ağ yapısından oluşuyor. Gerçek bir problemi tanımlama, modelleme ve çözme konularında oldukça önemli kolaylıklar sağlayan teori, bu nedenle çoğu bilim dalı ve teknoloji alanında yaygın olarak kullanılıyor.**



Çizge teorisi temelde küme teorisine dayanıyor. Herhangi bir çizge, düğümler ve bağlantılar kümesi olarak ifade edilebiliyor. Yani bir çizge küme şeklinde gösterildiğinde önce düğümler kümesi ardından da bu düğümlerle bağlantıları belirtiliyor. Matematiksel bir ifadeyle  $G=(V, E)$  şeklindeki gösterimde V düğüm kümesini, E ise bağlantı kümesini temsil ediyor ve çizge bu şekilde tanımlanabiliyor.

Örneğin; 4 düğüm ve 4 bağlantıdan oluşan çizge,



$G= (\{A,B,C,D\}, \{(A,B), (A,C), (C,D), (A,D)\})$  şeklinde ifade ediliyor.

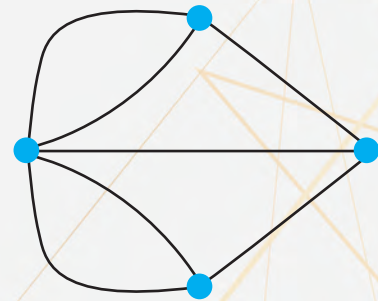
Yol ise geçilen düğümlerin sırasıyla yazılmasıyla ifade ediliyor. Örneğin yukarıdaki çizgede A düğümünden başlayarak önce D, sonra C düğümüne gidiliyorsa bu yol  $\{A, D, C\}$  olarak gösteriliyor. Döngü ise bir düğümden başlayarak yine aynı düğümde biten yol olarak tanımlanıyor.

Günlük hayatta pek çok şeyi çizgelerle tanımlamak ve modellemek mümkün. Birden fazla varlık varsa bunlar arasındaki ilişki rahatlıkla çizgeler kullanılarak ifade edilebiliyor. Bilgisayar mühendisliği ve bilgisayar bilimleri, sosyal ağlar, bilimsel çalışmalar ve bilimsel çalışmalara olan katkılar, kurumlar arası ilişkiler, ürün ve hammadde tedarik ağları, moleküler yapılar, mobil ağlar, ilaç karakterizasyonu, veri organizasyonu, bioformatik sistemler, bulaşıcı hastalıklar, internet servis sağlayıcıları, hava, kara ve deniz ulaşım ağları, elektrik ve elektronik devreler, bilgisayar oyunları ve yapay sinir ağları gibi sayısız alanda çizge teorisi kullanılarak problemler hızlı ve düzgün bir şekilde tanımlanıp çözümüme kavuşturulabiliyor.

## Königsberg Köprüsü Probleminden Teori Doğuyor

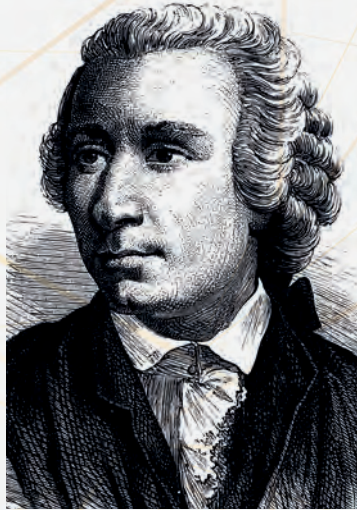
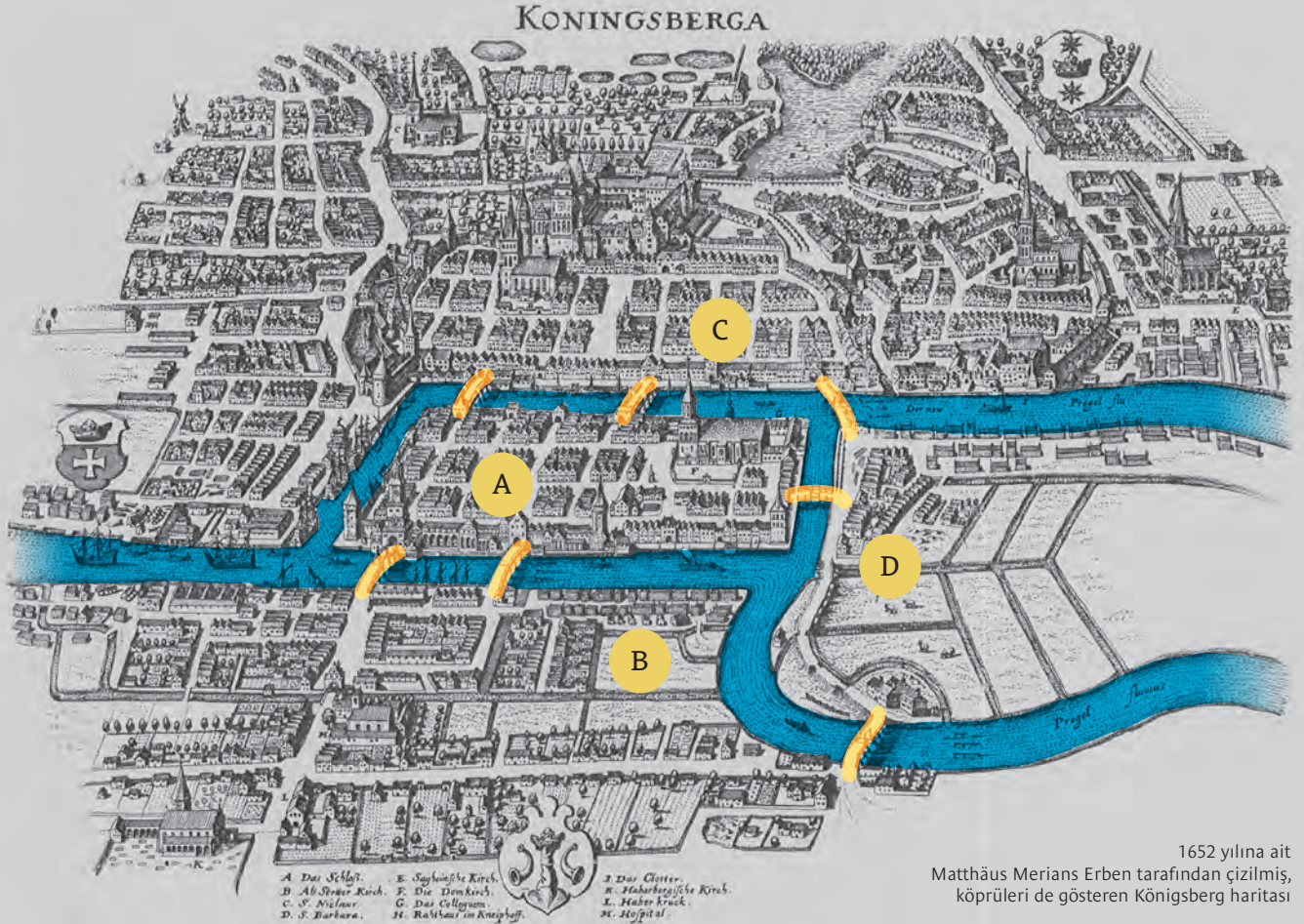
Çizge teorisinin temellerinin tüm zamanların önde gelen matematikçileri arasında gösterilen İsveçli matematikçi ve fizikçi Leonhard Euler tarafından atıldığı kabul ediliyor. 1736 yılında yayımlanan “Königsberg’in Yedi Köprüsü” makalesindeki tarihi öneme sahip problemin çözümü ile birlikte çizge teorisi de ortaya çıkmış oldu.

O dönemde Königsberg kentinde Pregel Nehri’nin kolları olan Eski Pregel ve Yeni Pregel nehirleri bölgeyi dört parçaya ayırıyor ve nehirler üzerinde de bu bölgeleri birbirine bağlayan 7 adet köprü bulunuyordu. Burada çözüm aranılan problem ise bütün köprülerden bir ve yalnız bir defa geçilerek bölgeyi gezmek mümkün olabilir miydi? Bu problem çoğu kişiye tanıdık gelebilir. Ellerimizi kaldırmadan ve her bir bağlantıdan bir defa geçecek şekilde karmaşık gözükken bir şekli çizmenin mümkün olup olmadığını birçoğunuz denemiş olmalısınız.



Königsberg köprü probleminin çizge olarak ifade edilmiş hâli. Her bir bağlantı farklı köprüyü, her bir düğüm ise farklı karasal bölgeyi ifade ediyor.





Leonhard Euler (1707-1783)

18. yüzyılda İsviçreli matematikçi Leonhard Euler, yedi köprünün her birinden tam olarak bir kez geçecek bir yolun var olup olmadığı sorusuyla ilgilendi ve bunun mümkün olmadığını gösterdiği çalışmasıyla çizge teorisinin temelini attı.

Pregel Nehri etrafına kurulu C ve B karaları ile A ve D adacıklarının etrafındaki 7 adet köprünün her birinden yalnızca bir defa geçilen bir yolun olup olmadığı problemi üzerine düşünen Euler, şayet bir düğüme

bir bağlantı ile geliniyorsa bu düğümü terk etmek için farklı bir yola gerek olduğunu söylüyordu. Buradan yola çıkarak her bir düğüme gelen ve giden bağlantı sayısını hesapladı ve buna düğüm derecesi adını verdi. Eğer bir düğümün derecesi tek sayı ise bu düğüm ya başlangıç ya da bitiş noktası olmalıydı.

Euler bu problemin çözümü ile uğraşırken “Euler yolu” teorisini ortaya koydu ve yayımladığı çalışmada böyle bir gezintinin gerçekleştirilemeyeceğini gösterdi. Euler problemin ispatı için güzergâhı düğümler ve bağlantılardan oluşacak şekilde modelledi. Eğer bir yönsüz (yönden bağımsız) çizgede bütün bağlantıları dolaşan bir yol bulunabiliyorsa bu yola “Euler yolu” deniyor. Eğer bu yol başladığı düğümde son buluyor ve tam bir döngü elde ediliyorsa da “Euler döngüsü” olarak adlandırılıyor. Buna göre eğer ki çizgedeki tüm düğümlerin derecesi (o düğüme gelen ve giden tüm bağlantıların

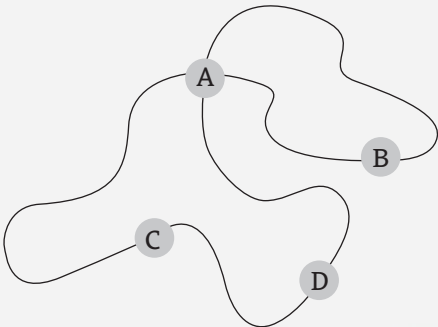


toplamı) çift sayı ise sadece bu durumda Euler döngüsünün varlığından söz edilebiliyor, yani başladığınız düğümden hareketle tüm bağlantılardan bir kez geçerek yeniden başlangıç düğümüne dönebilirsiniz.

Çizgede tek sayılı düğüm dereceleri varsa bunlardan en fazla iki tane olması durumunda bu sefer Euler yolu bulmak mümkün olabiliyor. Yani tek sayılı düğüm derecesine sahip noktadan başlayarak diğer tek sayılı düğüm derecesine sahip noktada bitirilecek şekilde tüm bağlantılardan geçilebilir. Diğer tüm olasılıklarda Euler yolu veya döngüsünün varlığı mümkün olamıyor.

Peki, bir çizgede birden fazla Euler döngüsü bulunabilir mi? 1941 yılında dört matematikçi tarafından bulunan teorem bu araştırmacıların isimlerinin baş harfleriyle adlandırılıyor. BEST teoremine göre, bir çizgedeki Euler döngülerinin sayısını bulmak için, bu çizgedeki tüm düğümlerin derecelerinin bir eksiğinin faktöriyelleri hesaplanıyor ve sonuçlar birbirleriyle çarpılıyor. Örneğin A, B, C, D düğümlerinden oluşan bir çizgede düğüm dereceleri sırasıyla 4, 4, 2, 2 olsun. Tüm düğüm dereceleri çift sayı da olduğu için Euler döngüsünün olduğundan söz edebiliriz. Düğüm derecelerinden bir eksilttiğimizde 3, 3, 1, 1 sayılarını elde ederiz. Faktöriyelerini hesapladığımızda da  $(3! (3 \times 2 \times 1), 3! (3 \times 2 \times 1), 1!, 1!)$  nihayetinde 6, 6, 1, 1 sayılarını elde ederiz. Bu sayıları birbiriyle çarptığımızdaysa çizgede 36 farklı Euler döngüsü olduğunu söyleyebiliriz.

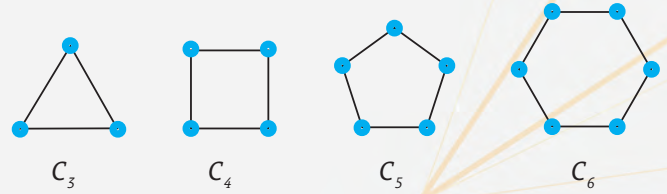
Daha basit olan bir çizgeyi de siz hazırlayıp kaç farklı Euler döngüsü olduğunu gösterebilirsiniz. Bunun için yine A, B, C, D, olarak isimlendirilen 4 düğümden oluşan ve düğüm dereceleri sırasıyla 4, 2, 2, 2 olan bir çizge çizin ve Euler döngülerini bulmaya çalışın! Kaç tane böyle döngü var? Siz kaç tanesini bulabildiniz?



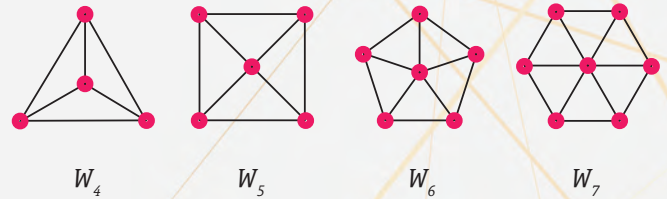
## Bazı Özel Çizgeler

Çizgelerde bir düğümden başlayıp aynı düğümde biten ve aynı düğümden iki kez geçmeyen yollara döngü adı veriliyor. Bir çizgenin içerisinde herhangi bir döngü olup olmadığının bulunması da matematikte önemli problemlerden biri. Bir çizgedeki bağlantı sayısı, düğüm sayısından büyük ya da bu sayıya eşitse o çizgede en az bir döngü bulunuyor.

Düğüm sayısı üç veya daha fazla olan ve tek bir düğümden oluşan çizgelere “döngü çizge” adı veriliyor. Döngü çizgeleri  $C_n$  şeklinde gösteriliyor ve  $n$  düğüm ve hat sayısını ifade ediyor. Döngü çizgelerdeki tüm düğümlerin derecesi birbirine eşit ve 2’dir.



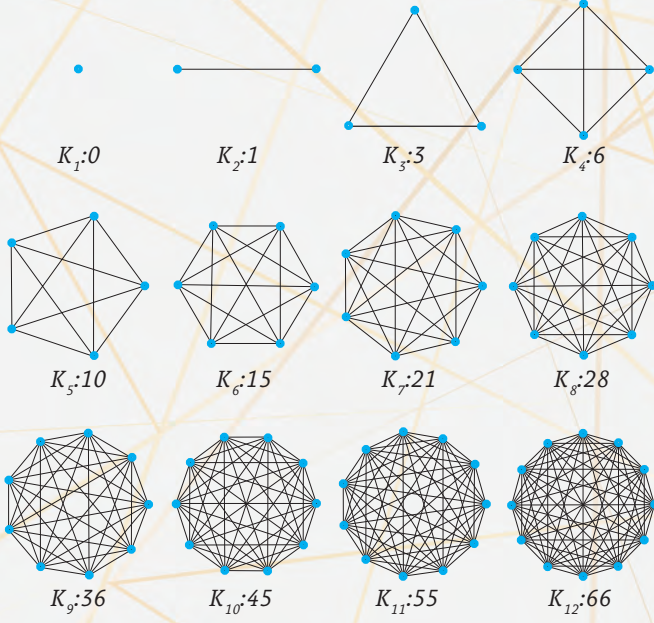
Tekerlek çizgelerse döngü çizgelerin tam ortasına yeni bir düğüm eklenip bu düğümün diğer tüm düğümlere bağlanmasıyla elde ediliyor. Tekerlek çizgeleri  $W_n$  şeklinde gösteriliyor ve bu çizgeler  $n$  düğüm ve  $2(n-1)$  bağlantı içeriyor.



Eğer bir basit çizgede her bir düğüm diğer tüm düğümlerle bir bağlantıya sahipse bu durumda “tamamlanmış çizge” varlığından söz edebiliriz. Tamamlanmış çizgeler  $K_n$  şeklinde gösteriliyor ve  $n$  düğüm sayısını ifade ediyor.



## Aynı Parçalardan Tamamlanmış Çizge Elde Etmek Mümkün mü?



Tamamlanmış çizgelerde tüm düğümlerin derecesi birbiriyle eşit olup toplam düğüm sayısının bir eksiğine karşılık geliyor. Toplam bağlantı sayısı ise  $(n(n-1))/2$  formülüyle bulunabiliyor.

Çizgelerde tipik bir alt gruba ayırma sorusu, bir  $G$  çizgesinin başka bir çizge grubu kopyalarına bölünüp bölünemeyeceğini sorgular. Bu konudaki en eski ve en yaygın bilinen, tahmine dayalı varsayımlardan birisi de 1963 yılında çizge teorisine büyük katkılarda bulunmuş Alman matematikçi Gerhard Ringel'in tamamlanmış bir çizgenin birbirini tekrar eden ve döngü içermeyen parçalara bölünebilmesinin mümkün olduğu üzerine varsayımdır. Bu varsayma göre  $K_{2n+1}$  tamamlanmış çizgesi  $n$  sayıda düğüme sahip parçaların  $2n+1$  kere tekrarlanmasıyla oluşturulabilir.

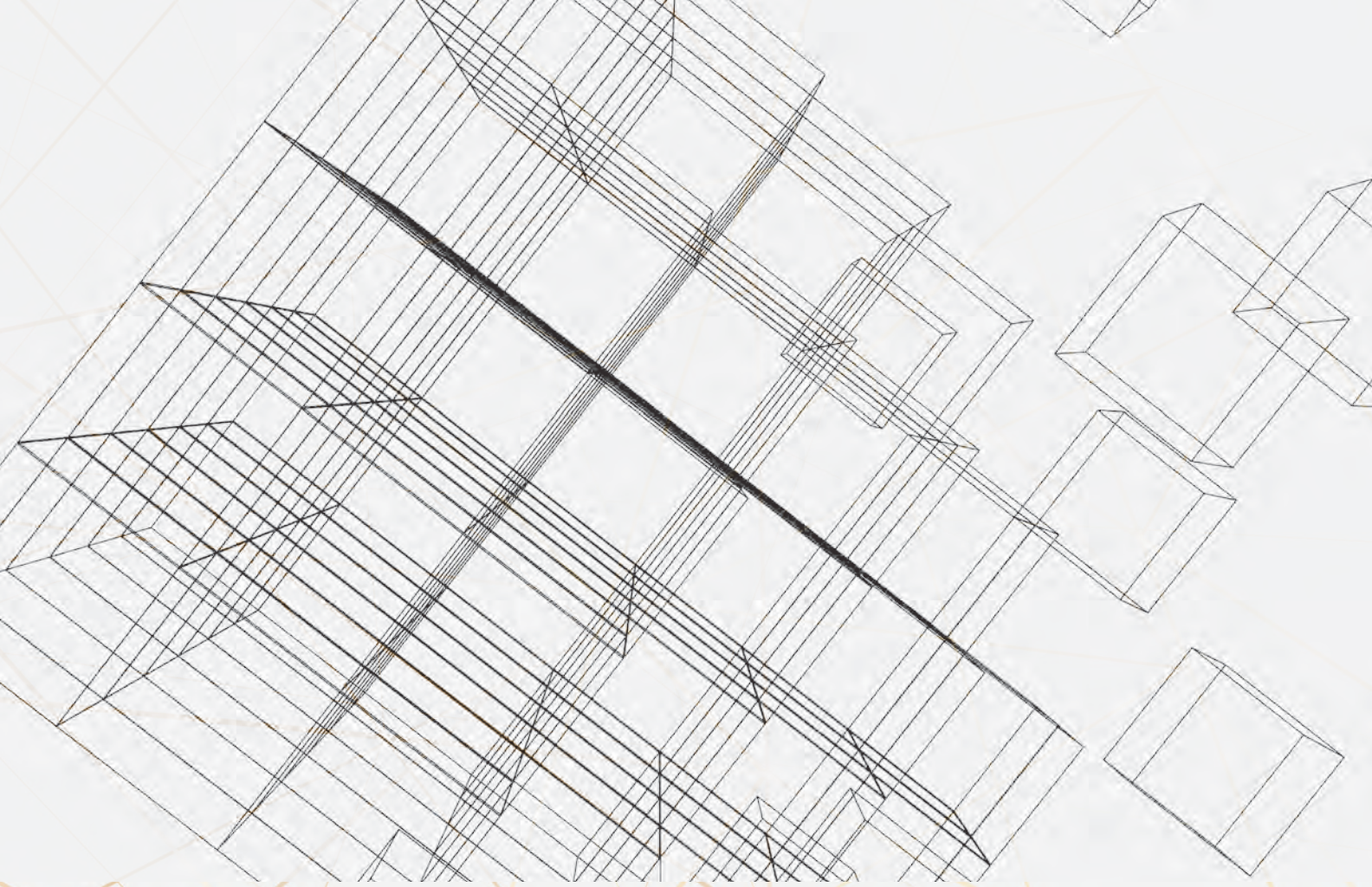


Gerhard Ringel (1919-2008)

Matematik bilimine yaptığı büyük katkıların yanında aynı zamanda ünlü bir entomolog (böcek bilimci) olan Ringel, kelebek toplama ve yetiştirme üzerine çalışmalar da yaptı. Ölümünden bir süre önce 5.000'den fazla örnek içeren oldukça seçkin kelebek koleksiyonunu California Üniversitesi Santa Cruz Doğa Tarihi Koleksiyonları Müzesine bağışladı.

Matematikçiler tamamlanmış çizgelerin büyük ağaçlara (içinde döngü barındırmayan çizgelere) bölünebilmesinin mümkün olup olmadığını uzun yıllardır araştırıyorlar. Burada büyük ağaç olarak ifade edilmek istenen, ağacın boyutunun çizge boyutu ile kıyaslanabilir derecede olduğudur. Konuyla ilgili varsayım ve çözüm bekleyen soru 1963 yılında Ringel tarafından ortaya atıldı ve varsayımına göre tamamlanmış  $K_{2n+1}$  çizgesi  $n$  bağlantıya sahip herhangi bir ağacın kopyalarına ayrıştırılabilirdi. Çizge çözümlemeleriyle ilgili en eski açık varsayımlardan birisi olarak bilinen bu konu üzerinde çeşitli şekillerde ağaçlar kullanılarak farklı çözümler yayımlandı ve bazı kısmi sonuçlar da elde edildi.





Ringel varsayımına göre, belirli türden karmaşık grafikler belirli daha küçük grafiklerin herhangi bir kopyasının tekrarlanmasıyla elde edilebilir. Bunu kafanızda daha iyi canlandırabilmek için bir zemini aynı seramik karolarla tamamen kapladığınızı düşünebilirsiniz. Burada ilk karo nereye yerleştirdiğiniz grafik teorisinde olduğu gibi oldukça önemlidir. Yapılan bu yeni çalışma oldukça kritik bu aşamayı sezgisel ve şaşırtıcı bir şekilde ele alıyor.

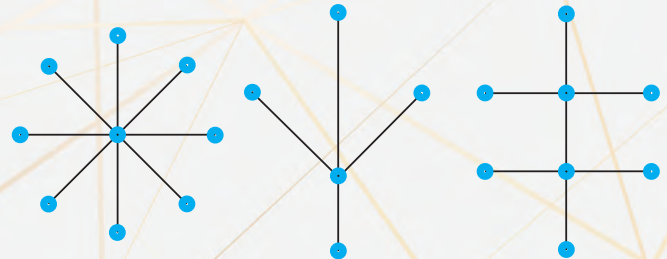
## Kanıtlar Ortaya Konuyor

Yakın zamanda R. Montgomery, A. Pokrovskiy ve B. Sudakov adlı üç matematikçi tarafından yaklaşık 60 yıllık bu problemin çözüldüğü bildirildi. Sonuçlara göre, karmaşık çizgelerin nokta ve çizgi yapıları aslında birbirinin aynısı olan daha küçük parçaların birleşiminden elde edilebiliyor. Bu oldukça eski varsayımın çözüm bulması matematik dünyasında oldukça büyük heyecan uyandırdı.

Matematikçiler karmaşık çizgelerdeki düğümler ve bağlantıların nasıl bir araya geldiklerini uzun yıllardan beri araştırıyorlardı. Daha küçük ve daha basit şekille-

rin daha karmaşıklarının yapı taşları olup olamayacağı konusu ise bu alanda çözülmesi beklenen önemli sorulardan biriydi.

Gerhard Ringel bu türden, basit görünen ama oldukça kapsamlı bir soru ortaya koydu. Öncelikle 3'ten büyük olan tek sayıda düğümlerle başlayın. Her bir düğüm diğer tüm düğümlere bağlanacak şekilde aralarına bağlantılar (kenarlar) çizin. Sonuçta tamamlanmış bir çizge elde edersiniz. Bu çizgeyi elde etmek için aralarında çizgi ile bağlanmış ve kapalı olmayan birimler düşünün. Bu birimler görüntüleri itibarıyla ağaç olarak adlandırılıyor. Yani tüm bir grafik bu ağaçların kendini tekrar etmesiyle elde edilebilir mi?



Farklı ağaç örnekleri



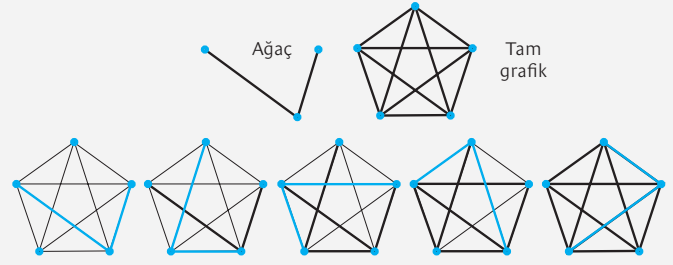
Herhangi bir döngü içermeyen ve bağlantı sayısı düğüm sayısının bir eksiği olan çizgelere “ağaç” çizge deniyor. Ringel’in sorusu tam olarak tamamlanmış çizgeler ve ağaçlar arasındaki ilişkiye dayanıyor. Öncelikle  $2n+1$  yani tek sayıda düğümü olan tamamlanmış bir çizge hayal edin. Daha sonra  $n+1$  sayıda düğüme sahip olası bütün ağaç türlerini düşünün. Bu da elinizde pek çok olasılık var anlamına geliyor ve işler oldukça karmaşıklaşıyor.

Şimdi yapılacak şey ise bu ağaçlardan seçtiğiniz herhangi birisini çizgedeki köşelere ve kenarlara denk gelecek şekilde yerleştirmek. Sonra aynı ağacın başka bir kopyasını çizgenin farklı noktalarına yerleştirerek tüm çizgeyi çakışma olmayacak şekilde kaplamak. Ringel doğru yerden başladığı takdirde ağaçların çizgenin tamamına kusursuz şekilde dōşenebileceğini öngörüyordu. Ringel’in varsayımı düğüm sayısının ne kadar büyük olduğuna bakmaksızın tek sayıda düğüm içeren tüm tamamlanmış çizgeleri kapsıyor. Çizge büyüdükçe uygulanabilecek farklı ağaçların sayısı da astronomik rakamlara ulaşıyor. Peki bu ağaçların her biri kullanılarak tüm çizge nasıl mükemmel bir şekilde elde edilebilir?

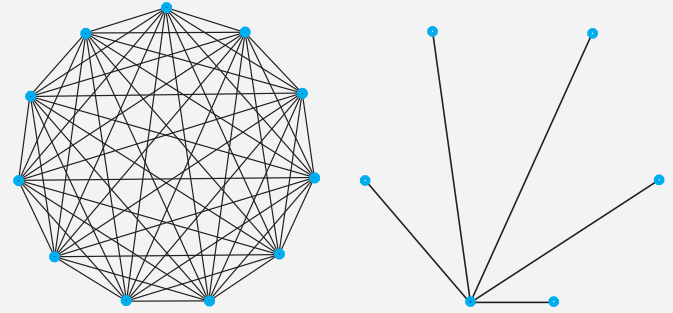
Ringel’in varsayımının doğru olduğunu düşünmek mümkün. Öncelikle bir  $2n+1$  düğümlü çizgenin kenar sayısı  $n+1$  düğümlü ağacın kenar sayısına tam olarak bölünebiliyor. Bu nedenle varsayımın geçerli olabileceğini düşünen matematikçiler konudaki araştırmalarına uzun yıllar ara vermeden devam ettiler.

## Yerleştir ve Döndür

En basit şekilli ağaçlardan biri yıldız şeklinde olanlardır. Bu ağaçlar merkezi bir düğümden çıkan dallar şeklindedir. Matematikçiler bu tür ağaçlarla yapılan çalışmalarda  $n+1$  düğümlü ağaçların  $2n+1$  düğümlü grafikleri kusursuz bir şekilde kaplayabildiğini gösterdiler. Bu da matematikçilere ilerlemeleri için gerekli motivasyonu sağlamak için yeterliydi.



Şimdi de 11 düğümlü bir örnek düşünün. Bu düğümleri dairesel bir şekilde eşit aralıklarla yerleştirin ve her bir düğümlü diğer düğümlerle birleştirerek bir çizge elde edin. Şimdi bu çizge için 6 düğümlü yıldız şeklinde bir ağaç türü düşünün. Ardından bu ağacı köşeler birbiriyle çakışacak şekilde yerleştirin. Sonra ağacı bir sonraki köşeye hareket ettirin. Yıldız şeklindeki ağacı her seferinde bir birim döndürmeye devam edin. Başladığınız yere geri geldiğinizde Ringel’in öngördüğü gibi ağaçlardan hiçbirisi üst üste çakışmadan çizgenin tamamen kapladığını görebilirsiniz.



11 düğümlü tamamlanmış çizge ve onu oluşturmak için kullanılan 6 düğümlü yıldız şeklinde ağaç.

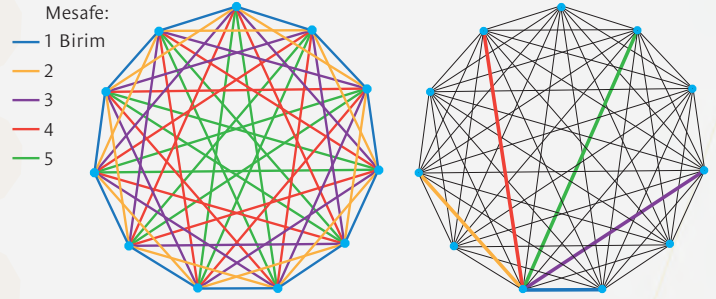
Ağaç bir yıldız şeklindeyse varsayımın gerçeklik payı olabileceğini gören bilim insanları daha karmaşık yapıdaki ağaçların da işe yarayıp yaramayacağını sorgulamaya başladılar. Öyle ki Ringel varsayımını yayımladıktan kısa süre sonra Slovak-Kanadalı matematikçi Anton Kotzig  $2n+1$  düğümlü her tamamlanmış çizgenin  $n+1$  düğümlü herhangi bir ağaç tarafından dōşenebileceğini öne sürdü. Başta bu fikir hayali gibi görünebilir. Rotasyonel işlemin işe yaraması için elbette ağaçların doğru bir şekilde yerleştirilmesi gerekiyor. Yıldız şeklindeki ağaçlarda doğru yerleştirme yapmak oldukça kolay ancak farklı şekil ve uzunluklarda birçok dalı olan ağaçları nasıl doğru şekilde yerleştireceğinizi hayal etmek oldukça zor bir hâl olabilir.



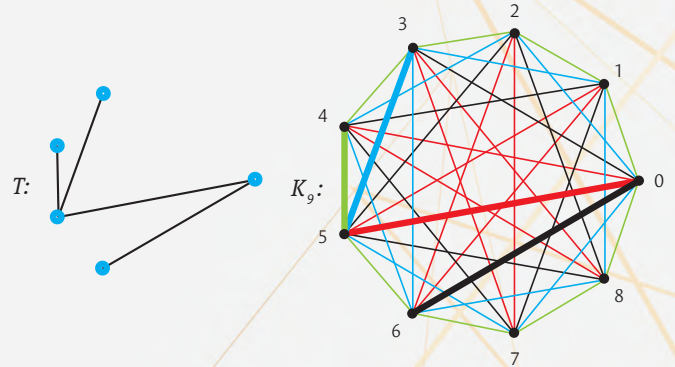
## Renk Kodları Kullanmak

Matematikçiler Ringel'in varsayımını Kotzig'in döndürme yöntemi ile çözmek için kolay bir yöntem uyguladılar. Farklı renklerin kod olarak kullanılması ile işlem oldukça kolay uygulanabilirdi.

Renk kodlaması karmaşık şeyleri düzenlemek ve farklılığı algılamak için etkili bir yöntem. Aynı zamanda çizgeye ilk ağacı yerleştirmenize ve işlemi sürdürmenize de kolaylıklar sağlıyor. Bir daire üzerine yerleştirilen 11 düğümlü tamamlanmış bir çizgeyi yeniden düşünelim. Burada dikkat edilmesi gereken nokta bağlantıların nasıl kodlanacağıdır. Bu mesafeyi bir düğümden diğerine gitmeniz için gereken çember etrafındaki kenar sayısı olarak tanımlayabiliriz. Çemberin içinden herhangi bir kısa yol olmadığını düşünüyoruz. Böylece bağlantılar 1 ile 5 arasında renk kodlarına sahip olacak. Farklı renk kodlamasına sahip bağlantılar 11 köşeli çizgeye uygun olarak yerleştirildiğinde aşağıdaki şekil elde edilecektir.



Ringel ve Kotzig varsayımlarını öne sürdükten kısa süre sonra Kotzig çizgede kullanılan renklendirme modelinin ağacın ve yerleştirmesinin nasıl yapılması gerektiğine yönelik bir kılavuz olarak kullanılabileceğini fark etti. Böylece ağaç aynı renkteki bağlantıları kaplayacak ve hiçbir şekilde aynı renkli bölgeyi iki kez kaplamayacaktı. Matematikçiler bu yerleşimi “ağacın gökkuşağı kopyası” diye adlandırıyorlar. Renklendirme işleminde  $n$  adet farklı renk ve  $n+1$  adet düğümden oluşan en az bir olası gökkuşağı kopyası bulunabilir. 1960’ların sonlarına doğru matematikçiler ağacın gökkuşağı kopyasının başlangıç noktasını bulmayı sağladığını ve bu noktadan başlayarak ağacı döndürmek yoluyla şekli kaplayabileceklerini anladılar.



$K_9$  çizgesi ve 4 bağlantılı bir T ağacının gökkuşağı kopyası. Ağacın düzgün bir şekilde döndürülmesiyle tamamlanmış çizge elde edilebiliyor.

Bundan sonra yapılacak şey  $2n+1$  sayıda düğüm içeren tamamlanmış çizgenin  $n+1$  düğümden oluşan tüm olası ağaçların gökkuşağı kopyaları ile kaplanabileceğini kanıtlamaktır. Uğraşlar yaklaşık 40 yıl sürdü ancak Sudakov ve arkadaşları sonunda gerekli kanıtı ulaştılar ve bu önermenin büyük  $n$  değerleri için de geçerli olduğunu bildirdiler.

## Mükemmel Yerleşim

11 düğümlü tamamlanmış bir grafik ve 6 düğümlü bir ağacı tekrar düşünün. Grafiğin tamamını 5 farklı renkle ifade edebilirsiniz. Elinizdeki ağacın da 5 farklı renkte bağlantısı olacaktır. Sizden istenen şey çizgenin içindeki ağacın gökkuşağı kopyasını bulmak.

Ağacın kenarlarını çizgeye teker teker yerleştirin. İlk bağlantıyı yerleştirmek oldukça kolay görünebilir. Ancak diğer bağlantıları yerleştirmek ve ağacı elde etmek o kadar da kolay olmayacaktır. Basit şekilli ağaçların gökkuşağı kopyalarını bulmak oldukça kolay olabilir. Ancak karmaşık ağaç yapılarında bu işlem bir hayli zor. Doğru yerleştirmesi en zor ağaçlardan birisi tek bir düğümden birleşen ve düzensiz bir şekle sahip olanlardır. Yerleştirme kolaylığı bu gibi karmaşık ağaç şekilleri söz konusu olduğunda ortadan kalkıyor.

İşin zorluğunu daha iyi anlamak için şimdi de 11 bağlantısı olan bir ağaç düşünelim. Bu bağlantılardan 6 tanesi merkezi bir tepe noktasında birleşsin. Geri kalan bağlantılar da çoğunlukla bir noktadan bağlansın. Burada yerleştirilmesi en zor nokta altı bağlantı içeren tepe noktası. Matematikçiler bu bölümü ağacın geri kalanından ayırdılar ve ilk önce onu yerleştirdiler. Bu işlem basit olarak modüler bir mobilyayı parçalarına ayırıp yeniden tekrar birleştirmek gibi düşünülebilir. Sonra yıldıza benzeyen şeklin çizgenin içerisine yerleştirilebileceği olası

tüm bölgeler tespit edildi ve rastgele bir tanesi başlangıç noktası olarak seçildi. Böylece çizgenin geri kalan kısmının da rastgele olması sağlandı. Bu adımdan sonra yapılması gereken ağacın geri kalan kısmının kalan bölgelere doğru bir şekilde yerleştirilmesini sağlamaktır.



11 bağlantıya sahip karmaşık bir ağaç

Kullandıkları yöntem ve çalışmaları sayesinde klasik metotlarla çözülemeyen oldukça eski bir problemi çözen araştırmacılar, bir ağacın en zor kısımları yerleştirildiğinde geriye kalan rastgele kısımları boştaki bölgelere düzgün bir şekilde yerleştirmenin ve ağacın gökkuşağı kopyasının bu şekilde gösterilebileceğinin her zaman bir yolu olduğunu gösterdi. Sonuçlar  $2n+1$  düğümlü her tamamlanmış grafikte  $n+1$  düğümlü her ağacın gökkuşağı kopyasını bulmanın kesin bir yolunu henüz tam olarak göstermiyor ama bir gökkuşağı kopyasının bulunduğunu kanıtlıyor ve benzer çözülmemiş problemler için de yeni çözüm yolları sunuyor. ■

### Kaynaklar

Montgomery, R., Pokrovskiy, A., Sudakov, B., "A proof of Ringel's Conjecture", arXiv:2001.02665, 2020.

Seker, S.E., "Çizge Teorisi (Graph Theory)", YBS Ansiklopedi, Cilt 2, Sayı 2, s. 17-29, 2005.

<https://www.quantamagazine.org/mathematicians-prove-ringels-graph-theory-conjecture-20200219/>

Heinold, B., "A Simple Introduction to Graph Theory", [https://www.brianheinold.net/graph\\_theory/A\\_Simple\\_Introduction\\_to\\_Graph\\_Theory\\_Heinold.pdf](https://www.brianheinold.net/graph_theory/A_Simple_Introduction_to_Graph_Theory_Heinold.pdf), 2020.

<https://www.youtube.com/watch?v=paMcKZlcv78>

<https://www.youtube.com/watch?v=PYAxAUUKZ84&list=PLcNWqzWzYG2vmvMLwSpza7IyV0oqoGLjg>

<https://www.youtube.com/watch?v=AwsMTEl79wI>

<https://www.britannica.com/topic/graph-theory>

<https://www.youtube.com/watch?v=kDgVBk7BiEs>





# 2020 Nobel Bilim Ödülleri Açıklandı

İlay Çelik Sezer [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

*Her yıl olduğu gibi bu yıl da merakla beklenen Nobel Ödülleri geçtiğimiz ayın başlarında açıklandı. Burada kısaca değineceğimiz her bir Nobel Bilim Ödülü ile ilgili ayrıntılı yazıları ilerleyen sayılarımızda sizlere sunuyor olacağız.*



**Harvey J. Alter**

Ulusal Sağlık Enstitüsü, Bethesda, Maryland,  
ABD



**Michael Houghton**

Alberta Üniversitesi, Edmonton,  
Kanada



**Charles M. Rice**

Rockefeller Üniversitesi, New York,  
ABD

## Nobel Fizyoloji veya Tıp Ödülü

5 Ekim tarihinde açıklanan Nobel Fizyoloji veya Tıp Ödülü Harvey J. Alter, Michael Houghton ve Charles M. Rice adlı üç bilim insanına verilecek. Karolinska Enstitüsü bünyesindeki Nobel Kurulu, araştırmacıların “hepatit C virüsünün keşfine yaptıkları katkılar dolayısıyla” ödüle layık görüldüklerini açıkladı.

Nobel Fizyoloji veya Tıp Ödülü’ne layık görülen üç bilim insanı kariyerleri süresince kan yoluyla bulaşan hepatit hastalığıyla mücadeleye yönelik sonuca ulaştıran önemli katkılarda bulundular. Kan yoluyla bulaşan hepatit hastalığı tüm dünyada insanların siroza ve karaciğer kanserine yakalanmasına sebep olan önemli bir küresel sağlık sorunu.

Harvey J. Alter, Michael Houghton ve Charles M. Rice’in çığır açıcı keşifleri sayesinde Hepatit C virüsü adı verilen yeni bir virüs tespit edildi. Onların çalışmalarından önce Hepatit A ve B virüslerinin keşfi bu konuda önemli adımlar olmuştu ancak kanla bulaşan hepatit vakalarının çoğunun açıklaması yapılamıyordu. Hepatit C virüsünün keşfi açıklanamayan bu kronik hepatit vakalarının kökenini açığa çıkardı ve milyonlarca insanın hayatının kurtarılmasını sağlayan kan testlerini ve yeni ilaçları mümkün kıldı.





**Roger Penrose**  
Oxford Üniversitesi,  
Birleşik Krallık



**Reinhard Genzel**  
Max Planck Dünyadışı Fizik Enstitüsü, Garching,  
Almanya ve California Üniversitesi, Berkeley,  
ABD



**Andrea Ghez**  
California Üniversitesi, Los Angeles,  
ABD

## Nobel Fizik Ödülü

6 Ekim’de yapılan açıklamaya göre İsveç Kraliyet Bilimler Akademisi 2020 Nobel Fizik Ödülü’nün yarısının, “kara delik oluşumunun genel görelilik kuramının doğrudan bir sonucu olduğuna ilişkin ispatı dolayısıyla” Roger Penrose’a; diğer yarısının ise “gök adamızın merkezinde yer alan ve devasa kütleliyle etrafındaki yıldızların yörüngesini belirleyen gök cismini keşfetmeleri dolayısıyla” Reinhard Genzel ve Andrea Ghez’e verilmesine karar verdi.

Roger Penrose, kara deliklerin Albert Einstein’ın genel görelilik kuramının doğrudan bir sonucu olduğunu ispat ederken dâhiyane matematiksel yöntemler kullandı. Einstein’ın kendisi, içlerine giren her şeyi yakalayan ve ışığın bile kaçamadığı bu devasa kütleli kara deliklerin var olduğuna inanmıyordu. Einstein’ın ölümünden on yıl sonra, 1965’in Ocak ayında, Roger Penrose kara deliklerin oluşmasının mümkün olduğunu ispatladı ve onları ayrıntılı olarak betimledi; buna göre kara delikler

merkezlerinde doğanın bilinen bütün yasalarının geçersiz hâle geldiği bir sıra dışılık barındırıyor. Penrose’un çığır açıcı makalesi hâlâ Einstein’dan bu yana genel görelilik kuramına yapılan en önemli katkı olarak kabul ediliyor.

Reinhard Genzel ve Andrea Ghez ise gökadamızın merkezinde, yıldızların yörüngelerini belirleyen görünmez ve aşırı büyük kütleli bir cisim keşfetti. Bunun şu anda bilinebilen tek açıklaması ise gökadamızın merkezinde devasa kütleli bir karadeliğin varlığı. Genzel ve Ghez, yıldızlararası gaz ve toz bulutlarının içerisinde gökadamızın merkezini görmeyi sağlayan yöntemler geliştirdi. İkili kendilerini uzun vadeli araştırmalara adanarak eşsiz cihazlar üretti. Teknolojinin sınırlarını zorlayarak Dünya atmosferinin neden olduğu görüntü bozulmalarını telafi edecek yeni teknikler de geliştirdiler. Yaptıkları öncü çalışmalar gökadamızın merkezinde devasa kütleli bir kara delik bulunduğuna dair şimdiye kadarki en ikna edici kanıtları sağladı.

# Nobel Kimya Ödülü

7 Ekim günü, İsveç Kraliyet Bilimler Akademisi'nin 2020 Nobel Kimya Ödülü'ne, "genomda değişiklikler yapmaya yarayan bir yöntem geliştirmiş olmalarından dolayı" Emmanuelle Charpentier ile Jennifer A. Doudna'nın layık görüldüğü duyuruldu.

Emmanuelle Charpentier ve Jennifer A. Doudna gen teknolojisinin en güçlü araçlarından birini keşfetti: CRISPR/Cas9 genetik makası. Bilim insanları bu aracı kullanarak hayvanların, bitkilerin ve mikroorganizmaların DNA'sında çok yüksek bir hassasiyetle değişiklikler yapabiliyor. Bu teknoloji yaşam bilimlerinde devrim niteliğinde bir etki oluşturdu.

Charpentier ve Doudna'nın 2012'de CRISPR/Cas9 genetik makasını keşfetmesinden bu yana bu teknolojinin kullanımında âdeta bir patlama yaşandı. Moleküler biyolojinin bu güçlü aracı temel araştırmalarda pek çok önemli keşif yapılmasına katkı sağladı. Bitki araştırmacıları bu teknoloji sayesinde küflere, tarım zararlılarına ve kuraklığa dayanıklı tarım ürünleri geliştirdi. Tıp alanında da bu teknolojiden faydalanılarak geliştirilen yeni kanser tedavilerinin klinik denemeleri sürüyor ve kalıtsal hastalıkları tedavi etme hayalinin gerçekleşmesi artık çok yakın. ■



**Emmanuelle Charpentier**  
Max Planck Patojen Bilimleri Birimi, Berlin,  
Almanya



**Jennifer A. Doudna**  
California Üniversitesi, Berkeley,  
ABD

## Kaynak

<https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2020/summary/>  
<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2020/summary/>  
<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2020/summary/>



# Tekno-Yaşam

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



## Aracınızı Akıllandırın

Neredeyse tüm otomobil firmaları otonom araçlar üzerine çalışma da henüz tam otonom sürüş sağlayan bir otomobil satışa sunulmadı. Tam otonom sürüş için en az 4. düzey bir otomobil geliştirmek gerekiyor. Bugün satılan son teknoloji araçlar ise ancak 2. düzeydeler. Aslına bakarsanız otonom araçların geliştirilmesi hayli yavaş ilerliyor ve şu ana kadar satışa sunulan otomobiller yalnızca birkaç dakikalığına direksiyonu bırakmanıza izin veriyor. Daha fazlası için hem mevcut yazılımlar istenilen düzeyde değil hem de donanım maliyeti araç başına milyonlarca lirayı bulabiliyor. OpenPilot adındaki proje ise mevcut aracınızı akıllandırma-ya odaklanmış. 2015'te geliştirilmeye başlanan OpenPilot zaman içinde açık kaynak hâline gelerek dünyanın dört bir yanından otonom araç tutkunlarının desteğini aldı. OpenPilot'u geliştiren Comma.ai adlı firmanın çıkarmış olduğu Comma Two adlı cihaz 1000 dolara otomobilinizi güncel otonom araçların düzeyine çıkarmayı vaat ediyor.



Belirli otomobil marka ve modelleriyle uyumlu olarak çalışan cihaz, ön cama monte ediliyor ve aracın OBD portuna bağlanarak otomobili kontrol ediyor. Bugüne kadar OpenPilot'u kullanan otomobiller toplamda 40 milyon km'den fazla yol yaptılar. Üstelik bunun yaklaşık yarısı otonom sürüş olarak gerçekleşti. Cihaz yapay zekânın iyileştirilmesi için mobil internet bağlantısıyla araçtan topladığı verileri merkezi bir sisteme iletiyor. Böylece sistem her geçen gün daha da iyileşiyor. OpenPilot açık kaynağın gücünü arkasına alarak makul bir fiyata otomobilinizi 2. düzey otonom sürüş düzeyine taşımanızı sağlıyor. Elbette sistem tüm marka ve modellerle çalışmıyor ancak açık kaynak olmasının avantajıyla zamanla yeni markaları ve modelleri de destekleyecektir.

<https://comma.ai>

## iPhone 12

Apple iPhone 12 modelini tanıttı. 5g desteği; daha ince, daha hafif ve daha küçük tasarımı, kırılmalara karşı güçlendirilmiş ekranı gibi özellikleriyle bu yeni çıkan model var olan telefonunuzu değiştirmeniz için pek de motive edici sayılmaz. Ancak büyük telefonlardan hoşlanmayanlar için bir de mini modeli tanıtılan iPhone 12 mevcut telefonu eskidiği için yeni telefon arayışında olanlar için iyi bir alternatif olabilir. Öte yandan iPhone 12'de kullanılan A14 Bionic 5 nanometrelik çip teknolojisi hayli ilgi çekici. Sadece 25 atom genişliğinde transistörlerin kullanıldığı çipler çok daha fazla işlem gücü sağlıyor. Bu çipleri üretmek için gerekli teknoloji onlarca Türk mühendisin de çalıştığı Hollandalı ASML firması tarafından sağlanıyor. A14 bir önceki nesille aynı enerjiyi tüketmesine rağmen %15 daha hızlı.

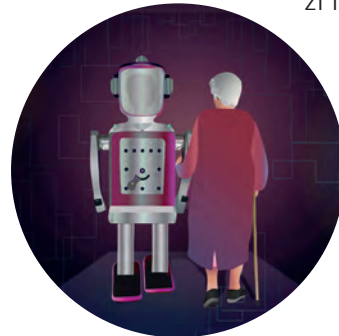
<https://www.apple.com/iphone-12>



## Yaşlı Dostu Robotlar

COVID-19 nedeniyle belli bir yaştan üzerindeki yakınlarımızla temastan uzak durmaya çalışıyoruz. Ancak onların yaşadığı sosyal izolasyonu da gidermek gerek. Bu durumda robotlar bize yardım edebilir. ABD, Danimarka, İtalya ve Japonya gibi ülkelerde özellikle yalnız yaşayan veya bakım evlerinde kalan yaşlılara robot arkadaşlar gönderiliyor. Bu robotların bazıları insansı görünümde ve yanında bulunduğu kişiyle sohbet edebiliyor, ona kitap okuyor veya şakalar yapıyor. Bazı robotlarsa evcil hayvan gibi davranıyor, zaman içinde yanında bulunduğu kişiyi tanıyor ve onun hoşuna gidecek davranışlar sergilemeye başlıyor. Robotlar genel olarak yaşlıları memnun etse de elbette gerçek bir insanın yerini tutmuyor. Bu tür robotları eleştirenler de insanların robotlara güvenerek yakınlarını daha az arayıp soracağından endişe ediyor. Hâliyle, eksikliğimizi hissettirmemek için uzaktan

da olsa aile büyüklerimizle iletişiminizi sıkı tutmak bu noktada çok değerli.



<http://bit.ly/yasli-robot>





## Sosyal Soğuma

Büyük veri çağında kullandığımız veya kullanmadığımız birçok cihazın bizimle ilgili bilgiler toplaması insanların farklı davranışlar sergilemesine neden oluyor. Bir ürünü sepetinize eklemeniz ve/veya vitrindeki bir elbiseye bakmanız sizin kişiliğinizin tespit edilmesinde kullanılabiliyor. Birçok veri kaynağından toplanan bilgiler derlenerek sizinle ilgili tahminler yapılıyor. Böylece inançlarınız, ne yiyip içtiğiniz, geçmişte yaşadığınız travmalar, karakter yapınız, hastalıklarınız, hobileriniz ve sosyoekonomik düzeyiniz gibi birçok bilgi ortaya çıkarılabiliyor. Elbette bu sınıflandırmalar o kadar da doğru çalışmıyor ancak insanlar böyle bir sınıflandırmanın yaygınlaşmaya başladığını fark edince davranışlarını değiştirmeye başlıyor. Çünkü farkına varmadan yaptıkları masum davranışların geleceklerini etkilediğini düşünüyorlar. Örneğin arkadaşınızın gönderdiği bir bağlantıya tıkladığınızda bu erişimin kayıt altına alındığını ve ileride başını-

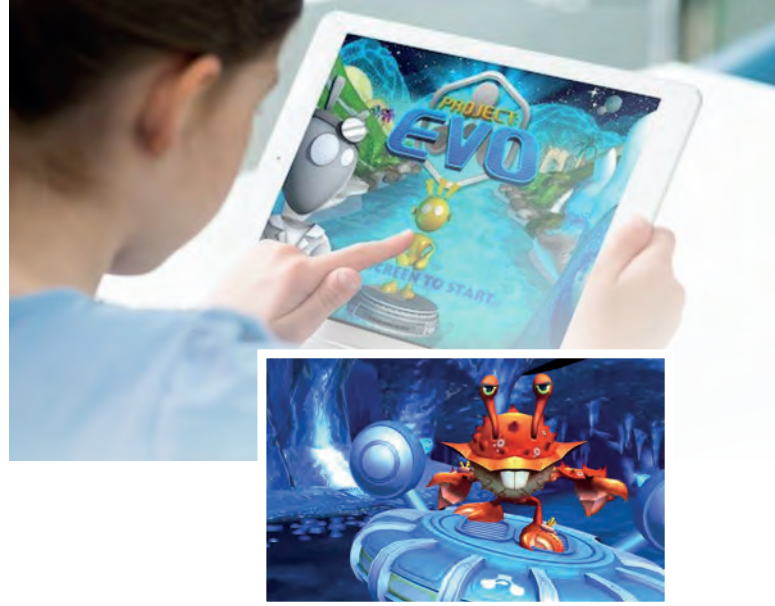
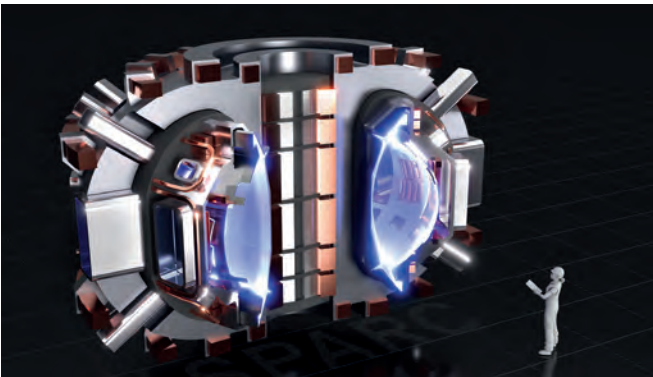
za iş açabileceğini düşünerek bu eylemden vazgeçiyorsunuz. New York'ta doktorlar üzerinde yapılan bir çalışmada doktorlara performans puanı verilmeye başlanınca, doktorların düşük puan almamak için ilerlemiş kanser vakalarına bakmak istemedikleri ortaya çıktı, çünkü hastanın muhtemelen ölecek olması hekimin düşük puan almasına neden olacaktı. Çin gibi ülkelerin bu tür puanlama sistemlerini yaygınlaştırması sosyal soğuma olarak adlandırılan bu fenomenin her geçen gün artmasına neden oluyor. Artık insanlar büyük verinin etkisiyle daha az risk alıp topluma mesafeli durmaya başladı. Peki sosyal soğumayı engellemenin bir yolu var mı? Bugün için kayda değer bir cevabımız olmasa da önümüzdeki yıllarda bu konu tekrar tekrar gündemimize gelmeye devam edecek gibi görünüyor.

<https://www.socialcooling.com/>

# Nükleer Enerjide Güneş Modeli

Füzyon yöntemiyle enerji üreten füzyon nükleer enerji reaktörlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar hız kazandı. *Journal of Plasma Physics* dergisinde yayımlanan bir makaleye göre MIT'nin Plazma Bilimi ve Füzyon Merkezinden bilim insanlarının kurduğu Commonwealth Fusion Systems adlı firma yeni bir füzyon reaktör modeli geliştirdi. Geleneksel nükleer reaktörler nükleer fisyon yöntemiyle yani atomların parçalanmasıyla enerji üretiyor. SPARC adındaki yeni reaktörse Güneş gibi hidrojen atomlarının milyonlarca derece sıcaklığa kadar ısıtılarak çarpıştırılmasıyla enerji üretiyor. Böylece hem uranyum gibi az bulunan maddelere ihtiyaç duyulmuyor hem de radyoaktif atık miktarı daha az oluyor. Normalde füzyon reaktörü geliştirmek pahalı ve uzun zaman alan bir süreç. 34 ülkenin katılımıyla Fransa'da kurulması planlanan ITER füzyon reaktörü inşaatı 2013'te başladı ve 2035'te tamamlanması hedefleniyor; reaktörün toplam maliyetinin 22 milyar dolar civarında olacağı öngörülüyor. SPARC ise çok daha ucuz ve hızlı bir şekilde geliştirilecek. Öyle ki araştırmacılar önümüzdeki yıl inşaatı başlayıp 2024'te tamamlamayı hedefliyor. Bu süre biraz iyimser olsa da projenin başarılı olması durumunda önümüzdeki 10 yıl içerisinde nükleer reaktör teknolojisinde önemli bir aşamaya geçilmiş olacak.

<https://nyti.ms/3lexjDK>



## Dijital İlaç Olarak Bilgisayar Oyunu

Doktor çocuğunuz için bir doz bilgisayar oyunu yazarsa şaşırmayın çünkü artık ilaç olarak tescillenmiş bir bilgisayar oyunu var. Endavour adlı dijital oyun ADHD (dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu) için hazırlanmış ve ilaç olarak kullanılabilen bir oyun. Amerikan İlaç ve Gıda Kurumu (FDA) tarafından doktorların ilaç olarak reçetelemesine onay verilen Endavour, 8-12 yaş arası çocukların ADHD hastalığını yenmesine yardımcı oluyor. Yapılan klinik deneylerde bir ay boyunca haftada beş gün 25 dakika bu oyunu oynayan katılımcıların üçte birinde iyileşme görülmüş. Bu çalışmaların oyunun geliştiricisi tarafından desteklenen doktorlarca yapılmış olması ve oyunun etkilerinin bir ay içerisinde kaybolması gibi durumlar akıllarda soru işareti bıraksa da bir oyunun resmen ilaç olarak kullanılmasına onay verilmesi önemli bir gelişme. Bundan sonraki süreçte farklı konularda çok daha etkili ilaç-oyunlar geliştirilebilir. Yakın zamanda oyun geliştirme firmaları doktor aranıyor ilanı yayınlarsa şaşırmayın. Oyunun 5 dakikalık bir deneme sürümünü oynamak isterseniz Apple AppStore'da EndeavorRx – ADH adıyla aratıp mobil cihazınıza kurabilirsiniz.

<https://www.endeavorrx.com>



# Doğa Koruma Çalışmalarında Temsilci

İlay Çelik Sezer [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi





# Türler

Canlı türlerinin hızlı bir şekilde yok olmaya başlaması insanlığın geleceğini tehdit eden en önemli sorunlardan biri. Yapılan bir araştırmaya göre, türlerin yok oluş hızı geçtiğimiz yüzyıl boyunca yüz kat kadar artış göstermiş. Bu durum doğrudan tür kayıplarını önlemeye yönelik çalışmaları önemli birer çevre koruma hedefi hâline getiriyor. Koruma stratejilerinin belirlenmesi ise başlı başına bir araştırma alanı oluşturuyor. Zira sınırlı kaynaklarla yapılabilecek en faydalı korumanın sağlanabilmesi gerekiyor. Dolayısıyla, hem koruma araştırmalarında hem de koruma uygulamalarında uzmanlar bazen ekosistemlerin ya da ekosistem birimlerinin tamamını incelemek ve bunların bütününe yönelik tedbirler almak yerine, bütünü temsilen, bazı “temsilci türler”e odaklanabiliyor. Genel bir başlık olan temsilci tür kavramı, farklı sebeplerle ekosistemi temsil ettiği kabul edilen farklı kategoriler barındırıyor. Temsilci türler, doğal yaşam alanlarının gitgide daha fazla işgal edildiği ve dolayısıyla doğa koruma çalışmalarının hem ekonomik hem de politik açıdan her geçen gün daha da zorlaştığı günümüzde, koruma çalışmaları için kolaylık sağlayabilen hedefler olarak karşımıza çıkıyor.





**I**nsan nüfusunun hızlı artışı, insanların çevreye duyarsız yaşam tarzları ile aşırı ve hızlı tüketim alışkanlıkları, doğrudan ve dolaylı etkileriyle dört bir koldan doğal yaşam alanlarını tehdit ediyor. Hızla artan ve üstelik bir kısmı ihtiyacından çok daha fazla kaynak tüketen dünya nüfusunu besleyebilmek için giderek daha fazla tarım ve otlatma alanına ihtiyaç duyuluyor ve bu ihtiyaç yoğunlukla doğal alanların dönüştürülmesiyle karşılanıyor. Beslenme dışındaki ihtiyaçlar için gereken birçok hammadde de yine doğal alanlara zarar verilerek elde ediliyor. Yerleşim alanları da giderek büyüyor ve doğal alanları işgal ediyor. Tüm bunlar, canlı türlerinin yaşam alanlarının, yani habitatlarının yok olması

anlamına geliyor. İnsan etkinliklerinin ortak sonucu olan çevre kirliliği ve küresel iklim değişimi gibi çevre sorunları da doğal yaşam alanlarındaki koşulları canlı türlerinin uyum sağlayamayacağı bir hızla değiştirerek türlerin hızla yok olmasına neden oluyor. Öyle ki bilim insanları gezegenimizde altıncı büyük toplu tür yok oluşunun günümüzde yaşandığını düşünmeye başladı.

Canlı türlerinin yok olması insanlar için kuşkusuz manevi anlamda bir kayıp ifade ediyor. Ancak kaybunun sınırlı değil. Diğer canlı türlerinin yok olması dünyada insan yaşamının devamlılığı için de bir tehdit oluşturuyor. Çünkü her ne kadar modern yaşamda doğadaki

diğer canlılarla doğrudan bir ilişki içindeymiş gibi görünmese de aslında yaşamımız pek çok açıdan devamlılığını başka canlıların sağladığı ekosistem hizmetleri adı verilen süreçlere bağlı. Ekosistem hizmetlerinin devamlılığı da ekosistemlerin sağlıklı bir şekilde işleyişine; bu da ekosistemlerin bünyesindeki biyoçeşitliliğin korunabilmesine bağlı. Bir ekosistemdeki canlı türleri birbirleriyle ve içinde bulundukları fiziksel ortamla karmaşık ilişkiler içindedir ve her bir unsur diğerleriyle bir şekilde bağlantılıdır. Dolayısıyla, ekosistemdeki canlı ve cansız unsurlardan birinin tahribata uğraması sistemin tamamını etkiler. Bu yüzden ekosistemlerin bütünlüğünün korunması önem taşıyor.



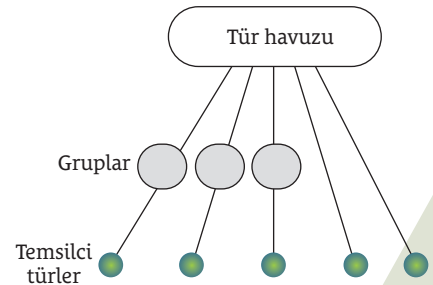
## Temsilci Tür Kavramı

Biyolojinin, bitki ve hayvan türlerinin yok olmasını durdurmayı ya da geciktirmeyi ve habitat tahribatını önlemeyi ya da yavaşlatmayı amaçlayan araştırma alanına koruma biyolojisi deniyor. Canlı popülasyonları, türleri ve habitatları dünyanın o kadar çok yerinde tehlike altında ki ilgili uzmanlar ve yetkililer koruma çabalarının nereye odaklanması gerektiğine ilişkin giderek daha güç kararlar vermek zorunda kalıyor. İdeal olarak doğa korumaya ilişkin, özellikle de uzun vadeli sonuçları olan önemli kararlardan önce çok ayrıntılı araştırmalar yapılması gerekiyor. Ancak bunu çoğu zaman imkânsız hâle ge-

tiren başlıca dört etmen var: biyoçeşitlilik krizi devasa boyutlarda, korumaya yönlendirilen maddi kaynaklar son derece kısıtlı, politik kararların hızlı bir şekilde verilmesi gerekiyor ve unsurlar arasındaki karmaşık ilişkiler ekosistemlerin her yönüyle doğru bir şekilde değerlendirilebilmesini önüyor. Sonuç olarak doğa koruma alanında çalışan bilim insanları problemleri belirlemeye ve çözmeye yönelik kestirme yollar kullanmak zorunda kalabiliyor. Çevresel değişimi izlemek amacıyla uydu görüntülerinin kullanılması, popülasyonların insan kaynaklı baskılara verdiği yanıtın modellenmesi, ilgili insanlarla iletişime geçilerek bilgi toplanması, canlı türlerinin dağılımına ve karşı karşıya kaldıkları tehditlere ilişkin uzman görüşlerinin bir araya getirilmesi ve canlı türlerinin belirli alt kümelerine, yani temsilci türlere (ya da tür gruplarına) odaklanması bu kestirme yollardan bazıları. İşte bu yazımızda bu son saydığımız temsilci türlere odaklanmak istedik.

Temsilci türler başka türlerin varlığının temsilcisi olarak işlev görebilir ve korunan alanları nerede oluşturmamız gerektiği konusunda, ekolojik toplulukların (belirli bir alanda birlikte yaşayan ve etkileşen canlı türlerinin oluşturduğu birlik) insan kaynaklı değişimlere verdiği yanıtı ölçümlemekte ve doğa korumayla

ilgili farkındalığın artırılmasında yardımcı olabilirler. Bir tanuma göre, bir doğa koruma hedefini gerçekleştirebilmek için çevredeki diğer türleri ya da çevrenin farklı yönlerini temsilen kullanılan türlere temsilci türler adı veriliyor. Tek bir tür yerine canlı sınıflandırmasındaki daha üst hiyerarşik kategorilerin, örneğin cinslerin ya da ailelerin kullanılmasını gerektiren durumlar da olabiliyor. O zaman da temsilci olarak kullanılan canlı kategorisine temsilci takson deniyor. Takson canlı sınıflandırmasında farklı hiyerarşik düzeylerdeki her bir kola verilen genel isimdir. Örneğin her canlı türü bir takson oluşturduğu gibi her bir aile, her bir sınıf da birer takson oluşturur.



Bu şemada koruma çalışmasında odaklanılan tür havuzu, bu havuzdaki tür grupları ve temsilci türler arasındaki hiyerarşik ilişki gösteriliyor. Temsilci türler tür havuzunun tümünü ya da bu havuzun alt kümeleri olan tür gruplarını temsilen kullanılabilir. Alternatif olarak da tür gruplarının kendileri tür havuzunu temsil edebilirler, yani bütünü temsilen tek bir tür yerine tür grupları da kullanılabilir.



## Sistemantik Koruma Planlamasında Temsilci Türler

Tüm dünyada hissedilen biyoçeşitlilik krizi insanları, canlı türlerini ve habitatları koruma konusunda stratejik biçimde düşünmeye sevk etti. Bu gereklilik de sistemantik koruma planlaması adı verilen bir disiplinin ortaya çıkmasına neden oldu. Koruma biyolojisinin bir alt araştırma ve uygulama alanı olan sistemantik koruma planlaması, doğa korumanın belirli bir yönüne, biyoçeşitliliği, doğal alanlarda varlığını tehdit eden süreçlerden ayırmaya yarayan koruma alanlarının oluşturulması ve sürdürülmesine odaklanıyor. Geç-

mişte koruma alanlarının seçiminde çoğunlukla bilimsel veriler değil de gelişigüzel tercihler belirleyici oluyordu. Aslında bu kısmen de olsa bugün bile devam eden bir sorun. Sistemli bir şekilde belirlenen koruma alanlarına kıyasla, sistemantik planlama yapılmadan oluşturulan alanlar çoğunlukla yetersiz çözümler sunuyor. Örneğin yapılan bir araştırmada, akademik yayınlarda raporlanmış ya da önerilmiş 222 koruma alanı arasından politik platformlarca belirlenmiş olanların, sistemantik biçimde belirlenmiş olanlara ve bilimsel çalışmalarla belirlenmiş minimum yüzölçümü tavsiyelerine göre önemli ölçüde küçük yüzölçümüne sahip olduğu, bu durumun da bu alanlardaki koruma hedeflerinin gerçekleştirilmesini zorlaştıracığı saptanmış. Sistemantik koruma planlaması yaklaşımı günümüzde ana akım koruma

çalışmalarının merkezinde yer alıyor. Ancak koruma eylemlerini gerçekleştirmek için önemli coğrafi alanların belirlenmesi, korunan alanların yönetilmesi ve korumanın teşvik edilmesi pek çok durumda seçilmiş canlı türlerinin ya da tür gruplarının dâhil edildiği etkin kısayolların kullanımını gerektiriyor. Bu yüzden de koruma hedeflerinin gerçekleştirilebilmesi için diğer türleri temsil eden temsilci türler sıklıkla kullanılıyor.

Temsilci türler kullanım amaçları birbiriyle çok az örtüşecek biçimde üç kategoride sınıflandırılabilir: 1. koruma açısından önem taşıyan alanların belirlenmesinde kullanılanlar, 2. çevresel değişimlerin biyolojik sistemler üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde kullanılanlar, 3. halkla ilişkiler kapsamındaki etkinliklerde kullanılanlar. Yazımızın

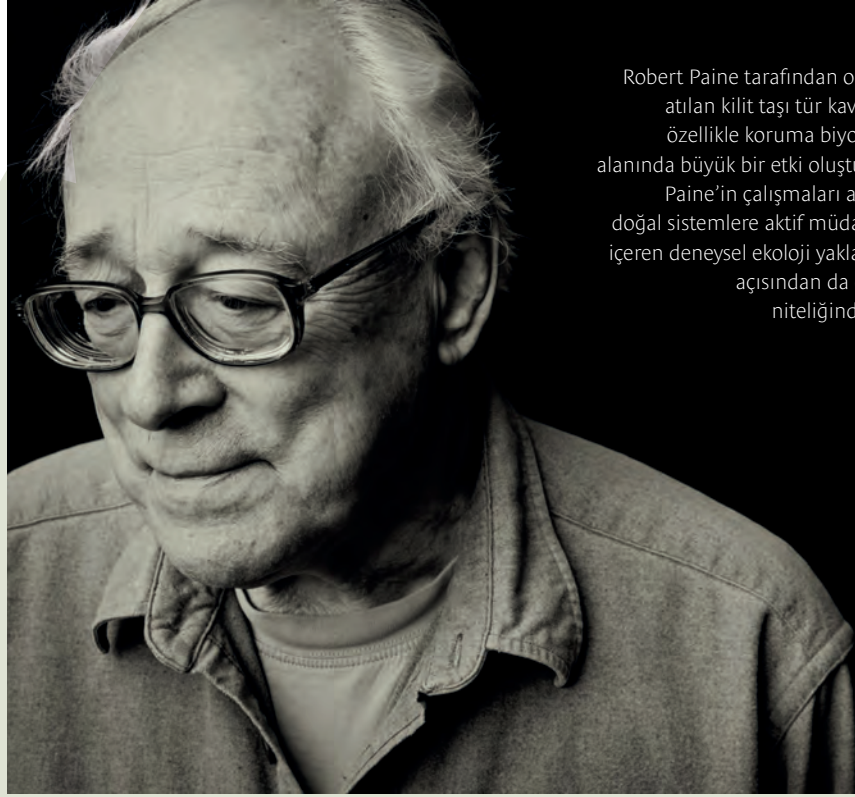


devamında ayrıntılarını bulacağınız temsilci tür çeşitlerinden kilit taşı türler, şemsiye türler, temel türler, ekosistem mühendisleri yukarıdaki üç kategorinin daha çok ilkinde; belirteç türler daha çok ikincisine; bayrak türler ise üçüncü kategoriye giriyor.

Aslında temsilci türlerin kategorileri ve ilgili terminolojinin kullanımı konusunda ciddi bir karmaşa söz konusu. Pek çok terim rastgele ya da anlamı muğlak kalacak biçimde kullanılabiliyor. Bazen de kimi terimler birbirinin yerine kullanılıyor. Üstelik bu karmaşa sadece bilim dışı metinlerde değil bilimsel yayınlarda da zaman zaman yaşıyor. Öyle ki bu konularda uzun yıllar çalışmış bir bilim insanı olan ekolog Tim Caro, sadece bu konuyu ele alan bir kitap yazma ihtiyacı bile duymuş ki yazımızı hazırlarken bu kitaptan da çokça yararlandık.

## Kilit Taşı Türler

Bir ekosistemin işleyişi ve bileşen türlerinin bütünlüğü kısmen sadece tek bir türün varlığına bağlı olduğunda koruma çabalarını söz konusu türün üzerinde yoğunlaştırarak ekolojik topluluğun tamamını muhafaza etme imkânı doğabilir. Ekoloji kuramında bu şekilde, varlığı ve yokluğu başka pek çok türün dağılımını ve çokluğunu etkileyen “güçlü etkileşen türler” kavramı vardır. Bunların en bilineni ise ekolog Robert Paine tarafından 1966-1969 yıllarında öne sürülen “kilit taşı tür” kavramıdır. Kilit taşı tür



Robert Paine tarafından ortaya atılan kilit taşı tür kavramı özellikle koruma biyolojisi alanında büyük bir etki oluşturdu. Paine'in çalışmaları ayrıca doğal sistemlere aktif müdahale içeren deneysel ekoloji yaklaşımı açısından da öncü niteliğindeydi.

adı, taşlardan örülü bir kemerde tek başına tüm yapıyı sabitleyen ve yıkılmasını önleyen en tepedeki kilit taşı ile analogi kurularak verilmiştir. Paine ABD’de, Washington Eyaleti’nde bulunan Mukkaw Körfezi’ndeki gelgit kuşağında yaptığı araştırmalar sırasında bir deniz yıldızı türü olan *Pisaster ochraceus*’un makro-omurgasız türlerinin çeşitliliği üzerinde devasa bir etkisi olduğunu, çünkü denizyıldızlarının o alandaki baskın çökelobur (çürüyen bitki-hayvan artıkları ve dışkı ile beslenen) midye türü olan *Mytilus californianus* popülasyonunu kontrol altında tuttuğunu keşfetti. Paine, kıyı şeridinin yukarı kısmında *M. californianus*, *Balanus cariosus* ve *Mitella polymorpha* türlerini ve daha aşağı kısmında bunlara ek olarak *B. glandula*, bir anemon türü, iki kiton türü, iki

deniz minaresi türü, dört bentik (dipte yaşayan) alg türü, bir sünger ve bir deniz tavşanı türü (toplamda 15 tür) gözlemledi. *Pisaster*’leri ortamdan uzaklaştırdığı deney alanlarında tür çeşitliliğinin azaldığını (sekiz türe düştüğünü) çünkü *Mytilus*’ların bir arada toplandığı şeritlerin ve oraya buraya saçılmış *Mitella* öbeklerinin diğer türlerin çoğuna yer bırakmadığını gözlemledi. Washington ve Oregon kıyı şeridinde bulunan alanlarda daha sonra yapılan çalışmalar bu bulguları doğruladı ancak *Pisaster*’in *Mytilus*’u alçak gelgit alanlarında engellemesinin sadece dalgalara açık burunlarda geçerli olduğu saptandı.

Kilit taşı avcı türlere ilişkin ikinci bir klasik örnek de su samurları. Su samurları (*Edhydra lutris*) deniz





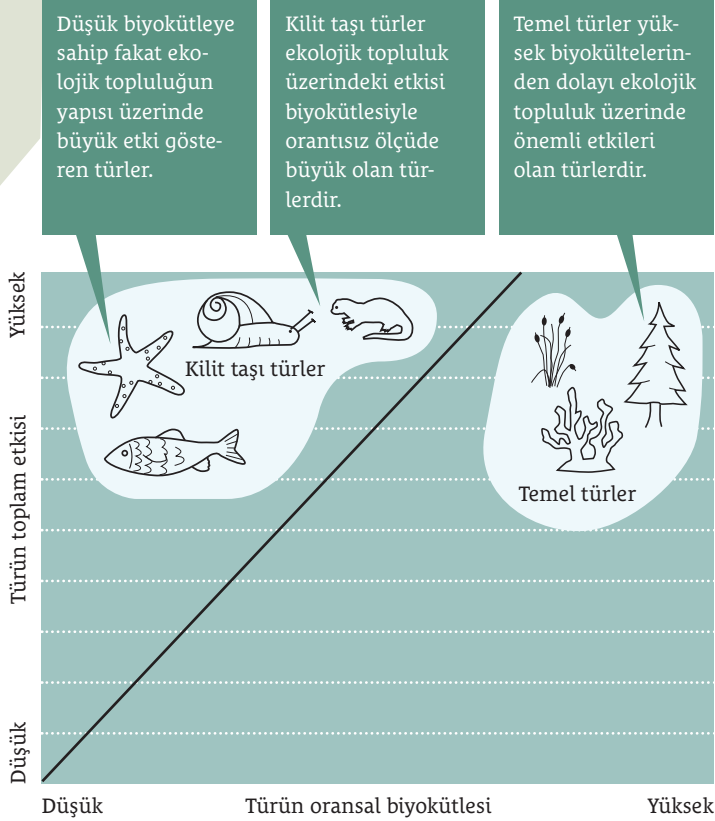
Avrupa ada tavşanları Güney İspanya'da yırtıcı kuşların çeşitliliği için bir av kaynağı sağlayarak bir kilit taşı tür işlevi görüyor.

kestanelerini (*Strongylocentrotus* türleri) ve başka durağan deniz omurgasızlarını yer; deniz kestaneleri de kelp (bir çeşit yosun) türlerinin ve başka makroalglerin doymak bilmez avcılarıdır. James A. Estes ve David O. Duggins adlı ekologlar, Aleut Adaları'nda su samuru barındıran ve barındırmayan kıyı şeritlerini ve ayrıca su samurlarının daha önce aşırı avlanma sonucu yok olup sonra yakın zamanda tekrar kolonileştirdiği alanları karşılaştırdıklarında su samurunun varlığının deniz kestanelerinin biyokütlesinde (söz konusu alandaki canlı bireylerin toplam kütlesi) düşüşle ve kelp ormanlarında bollukla ilişkili olduğunu keşfetti. Su samurlarının bulunmadığı ekolojik topluluklar ise deniz kestaneleri tarafından istila edilmiş ve büyük ölçüde ormansızlaşmış hâldeydi. *Pisaster* ve su samuru deniz ekosistemlerinde besin zincirinin en tepesinde yer alan avcıların potansiyel kilit taşı rollerini en iyi betim-

leyen iki örnek. Öte yandan *Pisaster* örneği aynı zamanda kilit taşı türlerin etkilerinin bağlama dayalı olduğuna da işaret ediyor. O günden bugüne pek çok araştırmada da kilit taşı türlerin bağlama dayalı olduğunu destekleyen bulgular elde edildi. Yani kilit taşı türler yaşama alanlarının tamamında ve her zaman baskın kontrol etmenleri olmayabilir; kilit taşı tür rolünü sadece belirli şartlar altında ortaya koyabilirler.

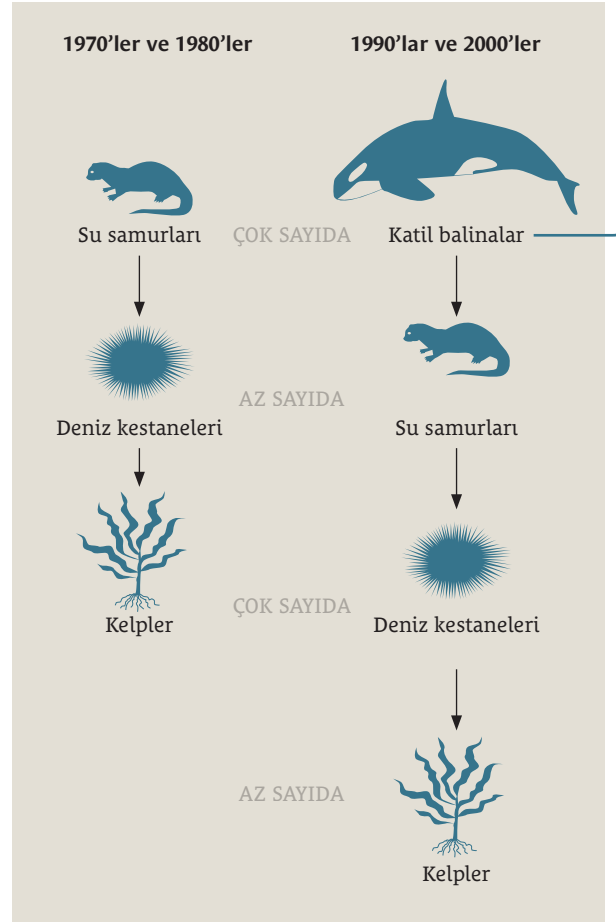
Başlangıçta besin zincirlerinin tepesinde bulunan avcı türler için oluşturulan kilit taşı tür kavramı zamanla içinde bulundukları ekolojik toplulukları çok farklı şekillerde etkileyen başka türleri de kapsayacak biçimde genişletildi. Kanada'da bulunan Hudson Körfezi'nde bitkileri tüketerek bulundukları araziye değiştiren kar kazları; Güney İspanya'da yırtıcı kuşların çeşitliliği için bir av kaynağı sağlayarak kilit taşı av işlevi

gören Avrupa ada tavşanları; neotropikal bölgelerdeki çok sayıda meyveobur hayvan türünün besin kaynağı olarak kilit taşı rolü oynayan mutualist incir ağaçları; kilit taşı tohum yayıcılar olarak işlev gören bazı karıncalar ve kemirgenler; kilit taşı tozlaştırıcılar olan meyve yarasaları; kilit taşı ayrıştırıcılar sayılan mikorizal (bitkilerin kökleriyle ortak yaşam ilişkisi içinde olan) mantarlar; toprağı ve besinleri sürekli dağıtan ekosistem mühendisi tabir edilen türler bunlar arasında. Kilit taşı tür kavramının kullanımının bu kadar çeşitlenmesi farklı kilit taşı türler arasında tek bir ortak nokta bıraktı: Kilit taşı türler ekolojik topluluğun yapısı ve işlevi üzerindeki etkileri açısından diğer türlerin çoğuna göre ön plana çıkarlar ve ortadan kaybolmaları ekolojik topluluğun kayda değer bir kısmının yok olmasına neden olabilir. Kilit taşı rollerin bu çeşitliliği biyologları kilit taşı türler için kriterler belirleme çabalarına sevk etti. 1990'lı yıllarda yapılan bir konferans sonucunda özellikle yazımızda ayrı bir başlıkta açıkladığımız temel tür ile kilit taşı tür kavramı dikkatle ayırt edildi. Buna göre temel türlerin tersine kilit taşı türler parçası oldukları ekosistem üzerindeki güçlü etkilerini düşük biyokütlelerine rağmen gösteriyor. Konferans sonucunda kilit taşı tür için "parçası olduğu ekolojik topluluk ya da ekosistem üzerindeki etkisi birey sayısı ile orantısız şekilde büyük olan", yani az sayıda bireyle çok büyük bir etki oluşturan tür şeklinde yeni bir tanım önerildi.



Kilit taşı ve temel türlerin farkının şematik gösterimi. Toplam etkisi tam olarak çokluklarıyla orantılı olan türler siyah çapraz çizginin üstüne düşer. Hem temel hem de kilit taşı türlerin ekolojik topluluk üzerinde büyük etkiye sahiptir ancak kilit taşı türlerin biyokütlesi oransal olarak düşüktür.

Bu kıyı ekosisteminde besin zincirinin en tepesindeki avcı tür son 45 yıl içinde değişti.



Su samurları, kelpin doymak bilmez tüketicileri olan deniz kestanelerini yer, dolayısıyla kelpin bolluğunu artırır. Kelp ise çok sayıda canlıya habitat oluşturur. Dolayısıyla su samurları sahilde yaşayan ekolojik toplulukların yapısı üzerinde, dolaylı da olsa orantısız ölçüde büyük bir etkiye sahiptir ve kilit taşı türler iyi bir örnek teşkil eder. Aleut Adaları'ndaki bir kıyı ekosisteminin besin zinciri son 45 yıl içinde bu şemada gösterilen biçimde bir değişime uğradı. Soldaki besin zinciri, kelp ormanı ekosisteminin 1970'lerde ve 1980'lerde, su samurları azalmaya başlamadan önce nasıl işlediğini; sağdaki ise katil balinalar besin zincirinin en tepedeki avcısı olarak sisteme eklenince ekosistemin nasıl değiştiğini gösteriyor.

Yellowstone Milli Parkı'na tekrar kazandırıldıktan sonra biyoçeşitliliğin iyileşmesi yönünde büyük katkı sağlayan kurtların ülkemizin Kuzey Doğu Anadolu Bölgesi de dahil dünyanın pek çok yerindeki ekosistemlerde yine kilit taşı rol oynadığı düşünülüyor.





Kilit taşı tür işlevi gören türlerin bir örneği de mutualist temizlikçi balıklar. Deneysel çalışmalarda başka balıkların üzerindeki parazitleri temizleyen temizlikçi balıkların mercan resiflerinde kilit taşı rol oynadığı gösterildi. Temizlikçi balıkların ortamdan uzaklaştırılması da resif balık türü zenginliğinde düşüşe sebep oldu. Yine Güney Afrika'nın karakteristik bitki örtüsü finbos'larda bitki tohumlarının yayılmasını sağlayan karıncaların bitkisel toplulukların yapısı üzerinde önemli etkileri olduğu gösterildi. İstilacı karıncaların tohum yayan mutualist karıncaların yerini aldığı bölgelerde, yangınlardan sonra bitki topluluklarında tür zenginliğinin azaldığı görüldü.



Arjantin karıncası (*Linepithema humile*) pek çok coğrafi bölgede karınca topluluklarını istila edip dağıttı. Güney Afrika'daki finbos'larda istilacı Arjantin karıncaları, tohum yayan kilit taşı karınca türlerinin yerini alıyor ve finbos'ların sahip olduğu sıra dışı bitki çeşitliliğini tehdit ediyor.



Afrika fili de kilit taşı türlerine bir başka örnek. Filler beslenme etkinlikleriyle çalılırları ve küçük ağaçları yok ederek ağaçlık habitatları açık çayırlıklara dönüştürme yönünde bir etki oluşturur. Ağaç kabuğuyla beslenen filler büyük yetişkin ağaçları bile yok edebilir. Çalılık ve ağaçlık habitatlar istila edildikçe yangınların sıklığı artar ve bu da ağaçlıkların çayırlıklara dönüşümünü hızlandırır. Ancak bu dönüşüm filler için dezavantajlı bir durum oluşturur çünkü çayırlar filleri beslemek için yeterli değildir, dolayısıyla ağaçlar azaldıkça filler de açlık çekmeye başlar. Çayırlıklarda otlayarak beslenen başka hayvanlar ise fillerin bu etkinliğinden fayda görür.

## Kilit Taşı Türle Ekosistem Restorasyonu: Büyük Yellowstone Ekosistemi Örneği

Besin zincirlerinin en tepesinde yer alan avcı türlerin pek çok ekosistemde ortadan kaybolması sorunu söz konusu olduğu için büyük etçillerin (olası kilit taşı rollerinden dolayı) ekosistemlere yeniden dâhil edilmesi doğa koruma camiasında hayli tartışılan bir konu. Bu konudaki belki de en meşhur uygulama kurtların Büyük Yellowstone ekosisteminde tekrar dâhil edildiği çalışma oldu. 1995-1996 yıllarında ABD'nin milli park statüsündeki bu koruma alanına, ortadan kaybolmalarından 70 yıl kadar sonra 31 kurt bırakıldı. Kurtlar temelde buradaki Kanada geyiklerini avlıyordu. Kurtların geri gelmesi bu geyiklerin sayılarında istikrarlı bir düşüşe neden oldu. Geyikler kurtların gelişine davranışsal tepkiler de verdi. Örneğin habitatları daha ormanlık alanlara kaydı. Bu da geyiklerin beslendiği ağaçları, özellikle onların sevdiği bir besin kaynağı olan aspen ağaçlarını etkiledi. Geyikler akarsu kıyılarından eskisine göre daha fazla kaçınmaya başlayınca, 2006 ilkbaharında akarsu kıyılarındaki aspen ağaçları büyüyerek geyiklerin otlayabileceği yüksekliğin üzerine çıktı. Kurtlar ayrıca sığın deneni geyik türlerini de avlıyordu. Kanada geyikleri gibi sığınlar da kışın en fazla söğüt yapraklarını yiyor. Söğütler ise kuşlar için önemli bir yaşam alanı. Söğütlerin, sığın yoğunluğunun insanların avlaması sonucu sınırlandırıldığı yerlerde korunan alanlardakine göre daha uzun olduğu görülüyor. Bu da kuş türlerinin zenginliği, yuvalama yoğunlukları ve kuş biyoçeşitliliğine ilişkin başka ölçütler açısından olumlu sonuçlar doğuruyor. Bunlara ek olarak kurtlar kır kurtlarını (köpekgillerden bir tür) da öldürüyor. Kurtların ekosisteme geri getirilmesi kır kurdu yoğunluğunda %39 düşüşe neden oldu. Bu da Amerikan antiloplarının yavru ölümlerini azalttı. Kurtlar ayrıca boz ayılar ve kuzgunlar gibi leşçil hayvanlar için de yıl boyunca hayvan leşleri sağlıyordu. Sonuç olarak kurtların geri getirilmesi Büyük Yellowstone ekosistemi önemli ölçüde iyileştirdi.

Doğal ekolojik topluluklarda kilit taşı türler nadir bulunan unsurlar da olabilir, yaygın bulunup fark edilmeyen unsurlar da. Günümüzde az sayıda karasal ekolojik topluluğu kilit taşı türlerin düzenlediği ancak denizel topluluklarda kilit taşı türlerin daha yaygın olabileceği düşünülüyor. Ayrıntılı incelemeler yapmadan besin ağlarındaki kilit taşı türleri ayırt etmenin basit bir yolu yok. Burada önemli olan husus az sayıda bireye sahip kimi türlerin ekolojik topluluk yapısı üzerinde güçlü etkileri olabileceği, dolayısıyla toprak yöneticilerinin ve koruma uzmanlarının ekolojik topluluklardaki hem yaygın görülen hem de nadir görülen türleri dikkate almaları gerektiği. Hangi türün kilit taşı tür özelliği taşıdığı, deneysel incelemelerle besin ağı hakkında ayrıntılı bilgiler elde edilmeden belirlenemez.

## Şemsiye Türler

Biyolojik bir koruma alanının uzun vadeli başarısı, barındırdığı canlı türlerinin popülasyonlarını yaşatıp yaşatamadığına göre değerlendirilir. Koruma planlamacıları bir koruma alanının büyüklüğü ve şekliyle ilgili kafa yorarlara çünkü daha büyük koruma alanları, bünyelerinde daha büyük popülasyonlar barındırabilir ve bazı alan şekilleri popülasyonların uzun vadeli devamlılığını diğerlerine göre daha iyi destekler. Ne var ki çok sayıda farklı türün popülasyonlarının büyüklüklerini ve yaşayabilirliğini değerlendirip bu değerlendirmeleri korunan alanın tasarımıyla ilişkilendirmek uygulamada pek mümkün değildir. Bazen



Kuzey yarımkürede yaşayan sekiz ayı türünden biri olan bozayı (*Ursus arctos*), Türkiye'nin de içinde bulunduğu Avrupa, Ortadoğu, Batı Asya gibi geniş bir coğrafyada yaşar. Bir bölgede bozayı gibi büyük yırtıcı memeli hayvanların varlığı, oradaki ekosistemlerin doğallığı, olgunluğu, zenginliği ve sağlıklı işleyişinin en önemli göstergelerinden biridir. Bozayıların varlığı, onun beslendiği bitki ve hayvan türlerinin de aynı yerde, yeterli miktarda olduğu anlamına gelir. Bu yüzden bozayıların şemsiye tür niteliği taşıdığı söylenebilir.

planlamacılar bunun yerine “şemsiye tür” adı verilen özel türlere odaklanılır. Bu şemsiye türün sürdürülebilir bir popülasyonunun kapladığı alanın diğer türlerin de sürdürülebilir popülasyonlara sahip olabilmesine yetecek bir yaşama alanı sağlamasını umarlar. Böylece bir türün popülasyonunun kapladığı alan ve bu alanın şekli ve büyüklüğü, arka plandaki diğer türlerin de sürdürülebilir popülasyonlarının yaşayabileceği yerleri kısa yoldan belirlemekte kullanılır. Şemsiye türler için ilkesel bir gereklilik, türün yaşam alanının büyüklüğünün simpatrik (aynı yerde yaşayan) türlerinkine göre geniş olması ve böylece şemsiye türe ait bir popülasyonun yaşama alanının diğer türlerin habitat gereksinimlerini karşılayabilmesidir. Buna göre göç eden türler bu konuda özellikle etkili olabilir. Örneğin, Afrika antilobunun (*Connochaetes taurinus*) bir yıllık yaşama alanı, Tanzanya'daki Serengeti ve Ngorongoro koruma alanlarının sınırlarını belirlemekte kullanılmıştı.

Eğer bir şemsiye tür aynı zamanda bir kilit taşı tür ise bu türün popülasyon bütünlüğü diğer türler için de popülasyon bütünlüğünü garanti altına alabilir.

Popülasyonunun büyük olması bir şemsiye türün izlenmesini kolaylaştıran bir etmen. Bir şemsiye türün geniş bir coğrafi yayılım göstermesi de olumlu bir özelliktir. Çünkü bu türün görüldüğü birçok farklı bölge varsa, belirli bir alanda diğer türler için sağladığı korumanın etkinliğine dayanılarak bu tür, başka alanlarda da benzer amaçla kullanılabilir. Ayrıca spesifik habitat gereksinimleri olan bir şemsiye tür özellikle faydalı olabilir. Çünkü bu durumda söz konusu tür, örneğin yeterli sayıda meyveli ağaç ya da yuva yapmaya elverişli yerler bulabilmek için daha geniş alanlara ihtiyaç duyacak ve bu geniş alan da daha fazla türün ve her bir türdeki bireylerin yaşam alanlarıyla daha çok çakışarak korunmalarına yardımcı olacaktır.



Koruma uygulamalarında genellikle tek bir tür şemsiye tür olarak seçiliyor ancak ekolog Robert J. Lambeck aynı anda birkaç türü şemsiye tür olarak kullanmanın bir arazinin uzamsal ve bileşimsel özelliklerini ve bunlara uygun yönetim biçimlerini belirlemek için daha sağduyulu bir yaklaşım olacağını, zira hiçbir türün tek başına bu özelliklerin hepsine birden hassas olamayacağını öne sürdü. Lambeck bunun için birden fazla kıstasla hareket edilmesi gerektiğini iddia ederek en çok alana ihtiyacı olan bir şemsiye tür, yaşadığı alanda en uzak mesafelere yayılan bir başka şemsiye tür ve bir kaynak darboğazının en çok sınırlandırdığı yine başka bir tür belirlemeyi önerdi. Bu yaklaşımda süreçlerle kısıtlanan, her biri çevresel ya da insan kaynaklı belirli bir tehdide karşı en çok hassasiyet gösteren birden fazla tür şemsiye tür olarak belirleniyor. Ancak Lambeck'in bu yaklaşımı türleri kısıtlayan etmenlere ilişkin bilgi gerek-

tiriyor ve dolayısıyla üzerinde yoğun çaba harcanması gereken bir süreci de beraberinde getiriyor.

Şemsiye türler bazen insan etkisinin çok az olduğu koruma alanlarının tasarlanmasında kullanılıyor. Dolayısıyla insan kaynaklı rahatsız edici etkilere hassas olmaları şemsiye türlerin seçimi için bir gereklilik değil. Yine de insan kaynaklı etkilere hassas olan şemsiye türler, daha az hassas olan diğer türler için de uygun olan habitatların belirlenmesinde faydalı olacaktır.

## Ekosistem Mühendisleri

Ekosistem mühendisi olarak adlandırılan türler tıpkı kilit taşı türler gibi parçası oldukları ekolojik topluluğun yapısı üzerinde belirleyici etkiye sahiptir ancak bu etkiyi daha farklı bir şekilde gösterirler. Ekosistem

mühendisleri, yaşadıkları ortamdaki canlı ve cansız varlıkların fiziksel durumlarında değişikliğe neden olarak çeşitli kaynakların başka canlılar için elde edilebilirliğini kontrol ederler.

Ekolog Clive G. Jones ekosistem mühendislerini iki kategoriye ayırıyor: çevrelerini kendi fiziksel yapıları (örn. kendi canlı ya da cansız dokuları) aracılığıyla değiştiren (otojenik) mühendisler ve mekanik olarak ya da başka yollarla çevrelerindeki canlı ya da cansız materyallerin fiziksel durumunu değiştiren (allojenik) mühendisler. Otojenik mühendislerin bir örneği günlük ve yıllık sıcaklıkları dengede tutan, yaprak dökerek toprağa besin sağlayan, evapotranspirasyonu (bir ortamda bitkilerin terlemesi ve genel buharlaşmayla oluşan toplam su kaybı) azaltan, içinden geçen akarsulardaki su akışını dengeleyen ve ölü yaprakları kuşlar için yuva yapmaya uygun boşluklar oluşturan bir ağaç örtüsüdür. Allojenik mühendislerin



Serçe baykuşu yerel şemsiye türleri iyi bir örnektir, üreme yerleri çok sayıda kuş, kelebek ve ağaç türüyle çakışır.





en tipik bir örneği ise barajlar kurarak uzun ömürlü sulak alanlar oluşturan kunduzdur. Arazileri şekillendirme konusunda en uzmanlaşmış türlerden biri olan kunduz ağaçları keser, akarsu yataklarında barajlar inşa eder ve çevredeki araziye su altında bırakır. Kunduz barajları sulak alanın arazide kapladığı alanı genişletir, ilgili havzadaki hidrolojik rejimi değiştirir, çökeltilerin, organik maddelerin ve besinlerin tutulmasını sağlar. Ağaçların seçici bir şekilde kesilmesi bitki topluluğunu parçalı hâle getirir ve yiyecek olarak tercih edilen ağaç türlerinin bolluğunu azaltır. Tüm bu etkiler ise araziye farklı ekosistemler kazandırır.

## Temel Türler

Temel türler, ya da diğer bir adlandırmayla baskın türler, bollukları sayesinde parçası oldukları ekolojik topluluğun yapısı üzerinde büyük bir etki gösteren türlerdir. Bunlar doğrudan biyoçeşitliliği artırmaktan



Kelpler pek çok tür için habitat oluşturup biyoçeşitliliği destekleyerek temel tür işlevi; su samurları da kelpi tüketen türlerin popülasyonlarını kontrol altında tutmak suretiyle kelp ormanlarının devamlılığını sağlayarak kilit taşı tür işlevi görür.

çok, ya kilit taşı türlerin yaptığı gibi baskın rakipleri tüketmek ya da ekosistem mühendislerinin yaptığı gibi diğer türler için kaynakların elde edilebilirliğini değiştirmek suretiyle diğer türler için istikrarlı koşullar oluşturan türlerdir. Temel türler tipik olarak besin piramidinin alt seviyelerinde yer alıyor, genellikle bir ekolojik toplulukta baskın olarak bulu-

nan tek bir bitki türü oluyor ve dolaşısıyla belirli bir rakım, su derinliği, nemlilik, tuzluluk ve toprak tipiyle sıkı biçimde ilişkili oluyor.

Kelp yatakları, mangrov ormanları, midye yatakları, kızılağaç ormanları gibi çok sayıda ekosistem temel türler kullanılarak tanımlanır, bu yüzden de kamuoyu bu türlerin pek çoğuna aşinadır. Bu da aslında koruma çabalarının sıkça bu türler üzerinde yoğunlaştırılmasını destekleyen bir durumdur.

Temel türlerin biyoçeşitliliği desteklediği düşünülüyor çünkü rakipleri saf dışı bırakıyor ve böylelikle tür çeşitliliğini azaltıyor olsalar da daha küçük çok sayıda tür için habitat sağlıyorlar, bu da net etkilerinin pozitif olduğunu düşündürüyor. Örnek vermek gerekirse gelgit kuşağı midyeleri deniz yosunlarını ve kaya midyelerini kayalık kıyılarda yerlerinden ediyor ancak çok sayıda omurgasız türü için ha-

Ekosistem mühendisi türlerin en tipik bir örneği barajlar kurarak yaşadıkları ortamı dönüştüren kunduzlardır. Kunduzlar ağaçları keser, akarsu yataklarında barajlar inşa eder ve çevredeki araziye su altında bırakır. Kunduz barajları sulak alanın arazide kapladığı alanı genişletir, ilgili havzadaki hidrolojik rejimi değiştirir, çökeltilerin, organik maddelerin ve besinlerin tutulmasını sağlar.





bitat sağlıyor. Yine, kelp ormanları rakiplerini saf dışı bırakıyor ancak büyük bir ekolojik çeşitliliği destekliyor. Bu son örnek gösteriyor ki kilit taşı avcılar (bu durumda kelp-lerin bolluğunu artıran su samuru) temel türleri (bu durumda kelp-ler) doğrudan ya da dolaylı olarak etkilediklerinde ekolojik topluluk üzerinde çarpıcı etkiler oluşturabilirler.

Sayıca avantajlı oluşlarından dolayı temel türleri tanımak genellikle kolay görünse de temel türlerin etkileri çoğunlukla ancak ortadan kaybolduklarında fark ediliyor. Kuzeydoğu ABD’de saf topluluklar hâlinde, güneydoğu ABD’de akarsu boylarında başka ağaçlarla karışık topluluklar hâlinde olmak üzere toplam 1 milyon hektar alan kaplayan Kanada sugası bunun bir örneği. Kanada sugaları 1980’lerden itibaren egzotik bir zararlı olan bir çeşit yaprak bitinin saldırısına maruz kaldı. Her yaştan ağaç, yaprak biti tarafından ilk saldırıya uğradıktan sonraki 4 ila 15 yıl içinde ölüyordu. Bunun üzerine Kanada sugaları yerini kuzeyde huş ağaçlarına (*Betula* türleri), meşelere (*Quercus* türleri) ve akça ağaçlara (*Acer* türleri), güneyde ise laleağaçlarına (*Liriodendron* türleri) bırakmaya başladı. Bu değişimlere karınca ve kuş türlerindeki kayıplar, toprağa ilişkin ekosistem süreçlerinde değişimler, hidrolojik değişimler, akarsulardaki sucul omugasız biyoçeşitliliğindeki kayıplar eşlik etti. Kanada sugasının ortadan kaybolması sonucunda oluşan bu değişimleri önceden kestirmek ise kolay değildi.



Kanada sugasının yaprak biti istilası nedeniyle yerini başka ağaçlara bırakması sonucunda ekosistemde oluşan değişimler, bu türün aslında bir temel tür özelliği taşıdığını gösterdi. Ne var ki bu değişimleri önceden kestirmek pek mümkün değildi.

Koruma alanlarını tasarlayan profesyoneller kilit taşı, ekosistem mühendisliği ve temel türleri koruma planlarına dâhil etmek isteyebilirler çünkü bu türlerin yerel ekolojik topluluklar üzerinde devasa etkileri olduğunu düşünmek için sağlam ekolojik kanıtlar var. Ne var ki kilit taşı türleri önceden belirlemek hayli zor bir iş, çünkü bu türlerin ekosistemdeki etkileri genellikle ancak kayıplarından sonra anlaşılabilir. Ayrıca bu üç temsilci türün temsilcilik özellikleri bağlama dayalı ve zaman içinde zayıflayıp artabiliyor. Dolayısıyla koruma çalışmalarında dikkatli ve tedbirli biçimde kullanılmaları gerekiyor Öte yandan ekolojik öneme sahip bu türler koruma çalışmaları için kamuoyu desteği ve fon sağlamakta her zaman fayda sağlayabilir.

## Belirteç Türler

Belirteç türler ekosistemler üzerindeki insan kaynaklı olumsuz etkilerin boyutunun değerlendirilmesi, başka türlerdeki popülasyon eğilimlerinin izlenmesi ve yüksek bölgesel biyoçeşitliliğe sahip alanların belirlenmesinde kullanılıyor. Peter B. Landres adlı biyoloğun tanımına göre bir belirteç tür, karakteristik özellikleri (örn. belirli bir yerde bulunup bulunmaması, popülasyon yoğunluğu, dağılımı ve üreme başarısı), başka türlerin ya da çevresel koşulların ölçülmesi zor ya da yüksek maliyetli olan özellikleri için bir gösterge olarak kullanılan tür anlamına geliyor. Belirteç tür kavramında, yüksek biyoçeşitliliğe sahip alanları gösteren, Caro’nun biyoçeşitlilik belirteçleri





Toplamda okyanus yüzölçümünün %0,1'inden daha az bir yer kaplayan, buna karşılık denizlerdeki canlı türlerinin en az %25'ini bünyesinde barındıran mercan resiflerindeki balıkların bolluğu mercanların bolluğuyla yakından ilişkili olduğu için balıklar mercan sistemlerinin sağlığının izlenmesi için kullanılabilir.



olarak adlandırdığı belirteç türler ile çevresel değişimleri belirlemekte kullanılan belirteç türler arasında öteden beri süregelen bir ayrım söz konusu. Hatta Caro ikinci grubu, habitat değişimlerinin takibi için kullanılanlar (sağlık belirteci türler) ve diğer türlerin popülasyonlarındaki değişimlerin takibi için kullanılanlar (popülasyon belirteci türler) olarak da ikiye ayırıyor.

## Çevresel Sağlık Belirteci Türler

Kuramsal olarak çevrenin durumunun izlenmesinin en iyi yolu, havanın, suyun ve toprağın doğrudan örneklenmesidir ancak uygulamada kirlilik kaynaklarının tespiti örneklemenin zamanına ve yerine bağlıdır, ayrıca ücra yerlerde lojistik açıdan sorunlu olabilir. Bunun yerine belirli canlı türlerinin, zararlı kimyasal

maddelerin öldürücü olmayan düzeyde biriktiği bazı dokuları, belirli bir bölgedeki ve belirli bir zamandaki kirliliğe ilişkin bilgi sağlayabilir. Ayrıca türlerin (genellikle omurgalıların) çeşitliliği ve bolluğu bir yerdeki belirli kirleticilerin birikimli konsantrasyonunu ölçmekte kullanılabilir. Bu tip belirteç türler yıllarca çevresel toksikoloji çalışmalarında kirleticilerin organizmalar ve ekosistem süreçleri üzerindeki etkileri ile sıcaklık, pH gibi çevresel koşulları değerlendirmek amacıyla kullanıldı. Daha yakın zamanlarda ise çevresel sağlık belirteci türlerin kullanıldığı araştırmaların odağı daha çok, orman kesimi, balıkçılık ve avcılık gibi canlıların ya doğrudan tüketildiği ya da canlılardan bir şeyler elde edilen etkinliklere, çevresel kirlilik dışındaki insan kaynaklı olumsuz etkilere çevrildi. Örneğin Pacific Northwest'te benekli baykuşun (*Strix occidenta-*

*lis*) bir çeşit çevresel sağlık belirteci tür olarak kullanıldığı uygulamada, baykuşun popülasyon büyüklüğü ve üreme hızı, yaşlı ağaç kesiminin küçük memeliler ve besin zincirinin alt kademeleri üzerindeki etkilerine ilişkin bir belirteç olarak kullanıldı. ABD Orman Hizmetleri buna benzer amaçlarla kullandığı türlere, ana amaç orman işletme olduğu için "işletme belirteç türleri" şeklinde özel bir ad bile vermiş.

Balıklar da balıkçılık endüstrisinin tüm dünyaya yayılmış olmasının getirdiği avantajla küresel dioksin konsantrasyonlarını izlemekte kullanılıyor. Örneğin, Doğu ve Güney Çin denizlerinden gelen yazılı orkinosların kaslarında, bu bölgelerdeki endüstrileşmenin sonucu olarak diğer tüm yerlerdekilere göre daha yüksek dioksin konsantrasyonları ölçüldü. Besin zincirinin en tepesindeki kuş-



Kabuklu deniz hayvanları yetişkin hâlde hareketsizdir; ağır metalleri, çok halkalı aromatik hidrokarbonları, poli-kloro-difenilleri ve diklor-difenilkloroetanları bünyelerinde biriktirirler ve insanlar tarafından besin olarak tüketilirler. Ekosistemin sağlığı, yumuşakçaların dokularında moleküler, hücresel ve fizyolojik seviyelerde ölçümler yapılarak ve bireylerin durumları ve standart stres testlerine tepkileri incelenerek değerlendirilebilir. Nitekim midye ve istiridyelerin düzenli olarak incelendiği “mussel watch” adlı izleme programı çerçevesinde bütün kıtalarda kirlетici konsantrasyonları alansal ve zamansal olarak takip ediliyor.



Amfibiler, çeşitli kirlетiciler, hastalıklar ve insanların arazi kullanımındaki değişimler de dâhil olmak üzere kendi başına ya da bir arada etki gösteren çeşitli etmenler sonucunda tüm dünyada azalma eğilimindedir. Dolayısıyla amfibiler çevresel koşulların belirteçleri olduğu gibi kendi iyilikleri için de yakından takip edilmeye ihtiyaç duyan bir canlı grubudur.



ların çeşitliliği ve çokluğu da ekosistemlerin zaman içinde iyileşmesinin belgelenmesi için kullanılıyor. Örneğin ani kısa vadeli bir çevresel etki olan 1989’daki Exxon Valdez petrol sızıntısını takiben kış sakinleri de dâhil olmak üzere kıyılarda çoğalan kuş türleri orantısız biçimde fazla etkilendi. Tek başına yaşayan, balık yiyen, suya dalan ve açık denizlerde yaşayan türler ise daha az etki gördü. İki yıl kadar sonra bu çevresel felaketten pek bir iz kalmamıştı.

Toplamda okyanus yüzölçümünün %0,1’inden daha az bir yer kaplayan, buna karşılık denizlerdeki canlı türlerinin en az %25’ini bünyesinde barındıran mercan resifleri gezege-

nin en önemli biyoçeşitlilik hazinelerinden birini oluşturuyor. Ancak mercan resifleri başta küresel iklim değişikliği olmak üzere doğrudan ya da dolaylı insan kaynaklı etkiler sonucunda mercan beyazlaması denen sürece girerek yok olma tehlikesiyle karşı karşıya. Mercan resiflerindeki balıkların bolluğu mercanların bolluğuyla yakından ilişkili olduğu için balıklar mercan sisteminin sağlığının izlenmesi için kullanılabilir. Örneğin Tanzanya’daki Mafia Adası Deniz Parkı’nda balıkların bolluğu ve taksonomik zenginliği, bir mercan beyazlama dalgasının hemen arkasından bir yükselme gösterdiyse de dalgadan altı yıl sonra ciddi oranda azaldı. Avustral-

ya'daki Büyük Bariyer Resifi'nde de bir beyazlama dalgası sonrasında beslenmesi daha çeşitli besinlere dayalı olan balık türlerinin popülasyonları artarken beslenmesi sadece belirli tür besinlere dayalı olanlarda azalma görüldü.

Deniz kuşları da ekosistemlerin küresel ısınmaya verdiği tepkilerin belirteçleri olarak kullanılabilir çünkü bu kuşların karadaki çoğalma başarılarını gözlemlemek denizdeki beslenme zinciriyle ilgili değişimleri izlemekten daha kolay. Örneğin Pribilof Adaları'nda yuvalayan cüce dalıcmartılar iri kalanoid kürekayaklı türleriyle beslenirler. Deniz suyu sıcaklıkları arttığında kürekayaklıların üremesi azalır, bu da dalıcmartı ebeveynlerinin yavrularına kusarak verdikleri besinin azalmasına ve buna bağlı olarak da beslenmeye dayalı stresin göstergesi olarak kortikosteron düzeylerinin artmasına neden olur. Dolayısıyla cüce dalıcmartılar deniz suyu sıcaklığındaki değişimlerin bir göstergesi olarak takip edilebilir.

Çevresel sağlık belirteci türler, tek bir tür ya da bir grup tür olarak başarıyla kullanılabilir. Ancak her iki durumda biyologların bu türlerin doğasına, özellikle de popülasyonlarının büyüme hızlarını etkileyen ekolojik etmenlere ilişkin kapsamlı bilgi sahibi olması önem taşıyor çünkü bunların popülasyonlarındaki değişimlerin belirli çevresel etmenlerle ilişkili olması gerekiyor. Çevresel sağlık belirteci türlere genellikle çevresel izleme maliyetlerini düşürmek amacıyla başvurulduğu için bu türlerin görece kolay gözlemlenebilen, sayılabilen ya da toplanabilen türler olması gerekiyor.

## Popülasyon Belirteci Türler

Bazı türler başka türlerin popülasyon eğilimlerinin göstergesi olarak kullanılıyor. Başka türlerin avı konusunda olup insan kaynaklı olumsuz etkilere ve çevresel değişimlere maruz kalan bazı türler gibi. Örneğin Cape sümsük kuşlarındaki (*Morus capensis*) genç ölümler okyanus balıklarının dağılımındaki sıcaklığa dayalı

değişimlerin bir ölçüsü olarak kullanıldı çünkü genç kuşlar derine dalıp serin sulardan balık avlayamıyordu.

Başka organizmalardaki popülasyon eğilimlerinin belirteci olarak genellikle tek bir tür kullanılıyor ve bu türler en büyük faydayı popülasyon büyüklüklerini etkileyen ana etmenler iyi bilindiği zaman sağlıyor. Bu türlerin de yine, en azından yaşam döngülerinin bir aşamasında görece kolay izlenebilir olması gerekiyor. Bir türün hassas bir popülasyon belirteci olabilmesi için yüksek bir üreme hızına sahip olması gerekiyor çünkü üreme döngüsü uzun olan türlerin popülasyon büyüklüklerindeki değişimlerin fark edilmesi daha zor oluyor. Popülasyon belirteci türler yerleşik türler olduklarında ve spesifik bir beslenme ilişkisinin parçası olduklarında daha faydalı oluyorlar. Örneğin av niteliğindeki bir tür için en iyi belirteç bu türe özel avcı tür olabilir. Kilit taşı türler başka türlerdeki popülasyon değişimlerini fark etmekte özellikle etkili olabilirler. Örneğin uçan

Avrupa'daki çok sayıda tarım alanı ve sulak alan kuşu, örneğin su çulluğu, tarım uygulamalarındaki modernizasyona bağlı olarak son 40 yılda popülasyon düşüşleri gösterdi. Bir türdeki değişimler aynı alanda benzer yaşama tarzına sahip başka türlerin de durumunu yansıtabilir.





tilki (*Pteropus samoensis*) Güney Pasifik'teki adalarda çok sayıda bitkiyi tozlaştırdığı için bu türün popülasyon büyüklüğü bitki popülasyonlarının yaşayabilirliğinin bir işareti olabilir. Öte yandan her kilit taşı türün bolluğu mensubu olduğu topluluktaki diğer üyelerin popülasyon eğilimlerini yansıtacak diye bir şey de yok.

Popülasyon belirteci türlere çarpıcı bir örnek kuş topluluklarında gerçekleşen değişimlerle ilgili. 1970'lerden itibaren Avrupa tarım alanlarındaki kuş popülasyonları yoğun tarım faaliyetleri, gübre ve pestisit kullanımı, dönüşümlü ekimin sadeleşmesi, ekinlerin kullanımındaki değişimler ve çiftliklerdeki çeşitliliğin azalması gibi nedenlerden ötürü hızla azaldı. Bu etmenler tarla kiraz kuşu gibi birkaç türün yuva yapma başarısını düşürdü ve ev serçesi gibi başka türlerin de hayatta kalma oranını azalttı. Bu değişimle-

rin tarımın yoğunlaşmasından kaynaklandığı, Doğu Bloku'nun parçalanması ve bunu takiben buralarda tarım yoğunluğunun azalmasından sonra eski Doğu Bloku ülkelerinde tarım alanlarındaki kuşlarda artış görülmesinden, buna karşılık Batı Avrupa'da kuşların azalmaya devam etmesinden de anlaşılıyor. Ağaçlık alanlardaki kuş popülasyonları ise daha az azalma gösterdi. Kuşlar belirteç türler olarak ümit vaat eden canlılar. Tarım alanlarındaki kuş popülasyonlarındaki değişimlere, izlenmesi muhtemelen daha zor olan birkaç başka taksondaki popülasyon düşüşlerinin eşlik etmesi bunu destekleyen bir kanıt. Nitekim tüm Avrupa'da çok sayıda kuş izleme programı oluşturulmuş durumda.

## Biyçeşitlilik Belirteci Türler

Yüksek biyçeşitliliğe sahip alanların belirlenmesinde belirteç taksonlar giderek daha fazla kullanılıyor. Böylece koruma biyologları bir alandaki türlerin ya da ailelerin toplam sayısını ölçmeye kalkmak yerine iyi bilinen bir taksondaki türlerin (ya da başka taksonların) sayılarını aynı yerlerde bulunan, daha az bilinen taksonlardaki tür (ya da başka takson) sayıları için bir gösterge olarak kullanıyorlar. Örneğin kaplan böceği (Coleoptera: Cincindelidae) çeşitliliği, çok büyük uzamsal ölçeklerde kuş ve kelebek çeşitliliği için öngörü sağlıyor. Bu yöntemle yüksek çeşitliliğe sahip geniş bölgeler belirlenip koruma için hedef olarak atanabilir.

Bu kral kelebeği gibi kelebek türleri iyi bilinirler ve bu kelekelerin varlığı bölgesel ölçeklerde başka taksonların tür çeşitliliğini belgelemek için kullanılmıştır. Örneğin, bu kelekeler belirli bitki türleriyle beslenirler, bu da damarlı bitki çeşitliliğini temsil edebileceklerini düşündürür.





Jaguar ilginç bir bayrak tür örneğidir çünkü en az iki amaçla; neotropikal bölgelerde koruma alanları oluşturmak ve gelişmiş ülkelerde doğa koruma organizasyonları için parasal destek toplamak amaçlarıyla kullanılmıştır.

Buna ek olarak, bir bölgedeki yüksek hiyerarşili taksonların sayısı aynı ana takson içindeki yerel tür sayısı için bir gösterge olarak kullanılabilir. Örneğin belirli bir takımdaki aile ya da cins sayısı, bu takımdaki tür sayısı için gösterge olabilir. Ancak burada ön şart farklı taksonomik düzeylerin iç çeşitliliği arasındaki bu tür bir ilişkinin başka bir yerde gösterilmiş olması. Birçok taksonomik grupta daha yüksek ve daha düşük taksonların çeşitliliği arasında pozitif ilişkiler gösterilmiş. Bu yaklaşımın temelindeki düşünce, ailelerin ya da cinslerin sayısının bu aileler ve cinsler bünyesindeki türlerin sayısından daha çabuk ve kolay belirlenebilmesi.

Biyoçeşitlilik belirteci türler ancak makul ölçüde geniş bir yaşama alanına sahip olduğunda faydalı olabilir. Bu türlerin söz konusu coğrafi alan içinde yüksek habitat sadakatine sahip olması da gerekir çünkü böylece yok olmaları başka türlerin yokluğu için de hassas bir belirteç olabilir.

## Bayrak Türler

Yerel bir doğa koruma grubu, kâr amacı gütmeyen bir kuruluş ya da bir devlet halkı doğa koruma konusunda bilinçlendirmek istediğinde ya da bir koruma programını halka tanıtmaya çalıştığında; ya da bir doğa koruma kuruluşu veya örneğin bir zooloji enstitüsü reklam yapmak, destekçi üye sayısını artırmak ya da parasal

kaynak sağlamak istediğinde sıklıkla tek bir karizmatik canlı türünü bir amblem olarak kullanır. Bayrak tür adı verilen bu türlerin bu şekilde bir çeşit sembol olarak kullanımı ilgili doğa koruma kampanyası için bir birleşme noktası oluşturabilir, doğa koruma eylemlerini hızlandırıcı rol oynayabilir ve çeşitli kampanyalar ve girişimler için parasal kaynak elde edilmesini kolaylaştırabilir. Bayrak türler genellikle çeşitli nedenlerden dolayı çekici bulunan ve dikkat çekici olduğu için kolayca ön plana çıkan türler oluyor. Bayrak türler gerek ulusal gerekse uluslararası arenada insanlara doğaya karşı sempati kazandırılmasına yardımcı olabilir. Koruma alanları oluşturulurken de halkla ilişkiler alanında faydalı olabilirler.



Bayrak türlerden faydalanmayı tercih eden merciler bu türleri doğa korumaya ilişkin farklı mesajlar iletmek için kullanıyor. Öncelikle sivil toplum kuruluşları ve yerel doğa koruma kuruluşları, çarpıcı ve akılda kalıcı türler kullanarak habitatların ve türlerin kaybına ilişkin farkındalığı artırmaya çalışıyor. Örneğin Natural Resources Defense Council adlı sivil toplum kuruluşu beyaz “hayalet” ayıyı (aslında kahverengi ayının beyaz renkli bir fenotipi) Kanada’da, British Columbia kıyılarındaki ılıman kuşak yağmur ormanlarını korumaya yönelik çalışmalarda bir sembol olarak kullandı. Yine, doğa koruma grupları altın aslan maymununu, bu tür ve bu türün Brezilya’nın Rio de Janeiro ve São Paulo bölgelerinde bulunan Atlantik yağmur ormanlarında küçülmekte olan habitatı konusunda yürüttüğü yerel farkındalık kampanyasında kullandı. Kimi zaman bu tür eğitim ya da tanıtım faaliyetlerinin hedef kitlesi daha geniş uluslararası kamuoyu da olabi-

liyor. Örneğin Greenpeace endüstrileşmiş ülkelerde kamuoyunu balina avcılığı konusunda bilinçlendirmek, balina avcılığına devam eden ülkeleri (örneğin Norveç) boykot etmek için destek oluşturmak ve balina avcılığını durdurmaya yönelik çabaları ve diğer Greenpeace etkinlikleri için parasal kaynak oluşturmak amaçlarıyla balinaları bayrak tür olarak kullanıyor.

Bayrak türleri hükümetler de ülkelerin doğal miraslarının bir sembolü olarak ve ulusal kamuoyunda çevre farkındalığını artırmak amacıyla kullanabiliyor. Örneğin pek çok ülkenin yasalarla korunan ulusal bir kuş ya da memeli türü var (örn. Uganda’nın tepeli turnası). Hindistan hükümeti 1972’de kaplanları, kaplanların avlarını ve habitatlarını korumak için 15 kaplan koruma alanı oluşturduğu “Project Tiger” adlı projeyi başlatarak Hindistan coğrafyasının bu en tipik bir türünü bir çeşit bayrak tür olarak ön plana çekmiş oldu.

Bayrak türleri sivil toplum kuruluşları kendi organizasyonlarına dikkat çekmek için de kullanabiliyor. Örneğin Worldwide Fund for Nature’ın (WWF) logosunda bir dev panda bulunuyor. Bazı durumlarda kurt, dev panda, çita gibi çok bilinen türler parasal kaynak oluşturma çalışmalarında surf olası bağışçıların ilgisini ve sempatisini kazanmak için birer araç olarak da kullanılabilir. Bayrak türler belirli yerlere turist çekmek için bile kullanılabilir.

Bayrak türler koruma alanları oluşturmak amacıyla da kullanılıyor. Eğer karizmatik bir türün popülasyonu kendi iyiliği için korunmaya değer bulunuyorsa ve bu amaçla bir koruma alanı oluşturulmuşsa bu alan ister istemez başka türleri de barındıracaktır. Sonuç olarak böyle bir durumda söz konusu bayrak tür bir şemsiye işlevi görmüş olacaktır. Örneğin dağ



Yaşama alanı Akdeniz kıyılarımızın hemen hemen tamamını kapsayan ancak günümüzde soyu tehlike altında olan Akdeniz fokunu (*Monachus monachus*) yok olmaktan kurtarmaya yönelik pek çok çalışma yapılıyor. Bu çalışmaların halkla ilişkiler ayağında, Akdeniz fokı bayrak tür olarak kullanılarak kamuoyunda çevre duyarlılığı oluşturulmaya çalışılıyor.



Ülkemizde en yoğun olarak Şanlıurfa’nın Birecik ilçesinde yaşayan kelaynakların (*Geronticus eremita*) soyu resmi olarak kritik tehlike altında kabul ediliyor. Özellikle 1990’lı yıllarda aktif koruma çalışmalarının yoğunlaşmasıyla medyada da sıkça gündeme gelen kelaynaklar halkta doğa koruma bilinci geliştirmeye yönelik iletişim faaliyetlerinde bir bayrak tür olarak kullanıldı. Öyle ki o dönemde ülkemizde pek çok insan “nesli tükenme” terimini ilk kez kelaynak haberleriyle duydu.



Küresel ısınmaya ve ekolojik etkilerine dikkat çekmek için özellikle görsel olarak sıkça kullanılan kutup ayıları da bayrak tür niteliğinde. Doğa koruma alanında çalışan sivil toplum kuruluşlarından Worldwide Fund for Nature'ın (WWF) logosunda kullandığı pandalar ve World Tapir Day'in odaklandığı tapirler de birer bayrak tür örneği.

tapirleri And Dağları'nda koruma alanları oluşturulurken kullanıldı. Denizlere bakıldığında, bazı koruma çabalarında yine balinalar, foklar, göç eden deniz kuşları gibi karizmatik megafauna (dev hayvan) türlerinin bayrak tür olarak denizel korunan alanların belirlenmesinde ve oluşturulmasında kullanıldığı görülüyor. İlginç bir şekilde bayrak türlerin iri vücutta sahip olmak ve avcı olmak gibi bazı özellikleri şemsiye türlerin faydalı özellikleriyle çıkışıyor. Örneğin büyük türler, koruma çalışmaları için bir avantaj olarak muhtemelen geniş bir yaşam alanına sahip oluyor.

Bayrak türlerin koruma alanları oluşturulurken temel alındığı koruma çalışmalarının sistematik koruma planlama yaklaşımı açısından gerçekte ne kadar etkili olduğu, yani biyoçeşitliliği korumada ne kadar başarılı olduğu konusunda pek çok araştırma yapıldı. Bulgular bazı istisnalar dışında çoğu durumda bayrak türlerin etkili koruma araçları olamadığı yönünde. Bu yüzden bayrak türlerin koruma çalışmalarında dikkatli bir şekilde kullanılması gerekiyor. Bayrak türlerin esasen doğa koruma bilinci oluşturma ve koruma politikalarına ve çalışmalarına halktan maddi ve manevi destek sağlama konularında faydalı olduğunu hatırlamakta fayda var. ■

## Son Söz

Bir yandan günümüzde doğa koruma çalışmalarına ayrılabilen parasal kaynağın ve zamanın kıtlığı, diğer yandan türlerin dağılımındaki karmaşıklıklar ve farklı türlerin olumsuz çevresel değişimlere karmaşık yanıt biçimleri göz önüne alındığında doğa koruma hedeflerinin gerçekleştirilmesinde temsilci türlerin gerekli kısayollar oluşturduğu görülüyor. Bu yüzden, özellikle de sistematik koruma planlamasının doğa koruma alanında artık hâkim yaklaşım olduğu günümüzde temsilci türlerin ve temsilci taksonların etkililiğinin dikkatli biçimde değerlendirilmesi, bu türlerin seçim yöntemlerinin de bilimsel kriterlere dayandırılması gerekiyor.

## Kaynaklar

- Caro, T., Conservation by Proxy: Indicator, umbrella, keystone, flagship, and other surrogate species, Island Press, 2020.
- Krebs, C.J., Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance, 6. Baskı, Pearson, 2014.
- Molles Jr, M.C., Sher, A.A., Ecology: Concepts and Applications, 8. Baskı, McGraw-Hill Education, 2019.
- Caro, T., O'Doherty, G., "On the Use of Surrogate Species in Conservation Biology", *Conservation Biology*, Cilt 13, Sayı 4, 1999.
- McDonald, D.W., Willis, K.J., Key Topics in Conservation Biology 2, Wiley-Blackwell, 2013.
- Schulze, E.D., Mooney, H.A., Biodiversity and Ecosystem Function, Springer-Verlag, 1994.
- [https://wwftr.asssets.panda.org/downloads/20151009\\_bozayilarin\\_dunyasi\\_son\\_1.pdf?4960](https://wwftr.asssets.panda.org/downloads/20151009_bozayilarin_dunyasi_son_1.pdf?4960)



# Merak Ettikleriniz

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

## Stres Sivilceye Neden Olur mu?

Stresli zamanlarınızda sivilceleriniz patlak veriyor ya da var olanların sayısı artıyorsa yalnız değilsiniz. Yapılan araştırmalar stres ile sivilce oluşumu veya artışı arasında bağlantı olduğuna işaret ediyor.

Stres, potansiyel bir tehlikeyle karşılaşıldığında vücudumuzun verdiği genel biyolojik bir tepki olarak tanımlanabilir. Beynimizin tehlike algıladığı durumlarda stres hormonları adı verilen kimyasallar vücudumuzda dolaşıma girer ve vücudun oksijen alımı ile oksijenin dokulara teslimatını hızlandırarak vücudun daha fazla enerji üretmesine olanak tanırırlar. Bu sayede organizma karşılaştığı tehdit ile savaşmak için ya da başa çıkamayacağını düşünürse kaçabilmek için hazırlanmış olur. Modern yaşamın fiziksel olarak savaşmayı ya da kaçmayı gerektirmeyen tehditleri yüzünden içselleştirilen stres veya sivilceler dâhil olmak üzere farklı etkilerle sonuçlanır.

Stresli bir durumla karşılaştığımızda hipotalamus kortikotropin salgılatıcı hormonu (CRH) üreterek hipofiz bezini harekete geçirir. Karşılık olarak hipofiz bezi de salgıladığı adrenokortikotropik hormon (ACTH) ile böbrek üstü bezlerini uyarır. Bu zincirleme etkileşim sonucunda böbrek üstü bezlerinde başlıca stres hor-

monlarından kortizol üretilir. Organizmanın “savaş ya da kaç” mekanizmasını kullanmadan streslendiği durumlarda, stres hormonları vücutta birikerek bağışıklık sisteminin baskılanmasına ve inflamasyona (yangı, iltihap) yol açabilir. Kortizol hormonu derimizdeki yağ bezlerinin faaliyetini artırarak sebum üretimini hızlandırır. Artan sebum miktarı ile cildimizdeki gözenekler dolmaya başlar. Bu da gözenekleri yuva edinmiş bakterilerin sayısının artması veya yeni sivilce oluşumunun tetiklenmesiyle sonuçlanır.

2020 Nisan’da *Nature* dergisinde yayımlanan bir meta analiz, stres ile sivilcelerin ilişkisini doğruluyor. Ancak çalışma, bu ilişkinin daha derinlemesine anlaşılabilmesi için daha fazla sayıda araştırmanın yapılması gerektiğini de vurguluyor.

### Kaynaklar

[ed.ted.com/lessons/does-stress-cause-pimples-claudia-aguirre](https://ed.ted.com/lessons/does-stress-cause-pimples-claudia-aguirre)

Heng, A.H.S., Chew, F.T. Systematic review of the epidemiology of acne vulgaris. *Sci Rep* 10, 5754 (2020).

[sciencedaily.com/releases/2007/11/071109194053.htm](https://sciencedaily.com/releases/2007/11/071109194053.htm)

# Sivrisinek Isırdığında Vücudumuzda Ne Olur?

Yaz gecelerine eşlik eden sinir bozucu vızıltıları ve arkalarında bıraktıkları kaşıntılı deri tümsekleri ile sivrisinekler maalesef yaşantımızın ayrı düşünülemez parçaları. Yumurta üretmek için kanımıza ihtiyaç duyan dişi sivrisineklerin kesintisiz kan emmek için kullandıkları bir kimyasal sonucu gelişen bağışıklık tepkisi cildimizde kaşınan şişkinliklere yol açar.

Dişi sivrisineklerin *proboscis* adı verilen gelişmiş yapıdaki hortumlarında deriyi delmek, kan damarlarını bulmak ve kanı emmek için kullandıkları iğne benzeri yapılar bulunur. Sivrisinek kanımızı emmeye karar verdiğinde *labium* olarak bilinen ve iğneleri saran kılıf yapı gevşeyerek geri çekilirken iğneler derimize doğru ilerler. *Maksilla* adındaki diş benzeri sivri çıkıntıları bulunan iki iğne derimizi delerek diğer iğneler için yolu açar. Bu iğneler oldukça ince olduklarından delinme işlemini algılamamız güç olur. *Mandibula* adındaki iki iğne ise kesilen dokuları birbirinden ayırarak daha iç bölümlerde iş görecekteki yapıların yolunu açık tutar.

Derinin altına doğru ilerleyen sivri uçlu *labrum* adlı iğne, kimyasal algılayıcıları sayesinde bulduğu damarı delecek kan emmeye başlar. Pipete de benzetilebilecek bu parçanın işlevi düşünüldüğünde sert bir yapıda olduğu hayal edilebilir. Ancak *labrum* oldukça esnekçe kontrol edilebilen bir yapıdır ve girdiği dokuda dönüşler yaparak damar arar. Bu sayede sivrisineğin hortumunu sürekli farklı bölümlere sokarak araştırma yapmak yerine, daha az sayıda deneme ile hedefini bulması kolaylaşır. Bazı durumlarda emilen kan damarları çöküntüye uğrayabilir ve hatta parçalanabilir. Bu gerçekleştiğinde, sivrisinek zarar gören damardan etrafa saçılan kanın oluşturduğu birikintiden kan emmeye devam edebilir.

*Proboscis* (hortum) sistemindeki son iğne olan *hipofarinks* yapısı ise uzun süreli kan emilimi için delinen damara bir salya akıtır. Bu salya pıhtı önleyici görevi



üstlenerek sivrisinek karnını kanla dolduruncaya dek damar yolunun açık kalmasını sağlar. Normal şartlarda zararsız olan salyaya çoğu insanın vücudu alerjik reaksiyon göstererek olay yerinde histamin proteini üretir. Vücudun “tehlikeli” olarak işaretlediği ısırik alanına kan hücumu ile akyuvarlar taşınarak kırmızı ve kaşınan bir şişkinlik oluşur.

Farelerle yapılan deneylerde, sıtma hastalığına yol açan *Plasmodium* paraziti taşıyan sivrisineklerin damar bulmaya çalışırken daha fazla zaman harcadıkları gözlenmiştir. Bilim insanları, parazitlerin başka konaklara geçme yolunda zaman kazanmak için sivrisineklerin sinir sistemini kontrol ettiğinden veya hortum sistemindeki genlerin işleyişini değiştirdiğinden şüpheleniyor.

## Kaynaklar

[kqed.org/science/728086/how-mosquitoes-use-six-needles-to-suck-your-blood](http://kqed.org/science/728086/how-mosquitoes-use-six-needles-to-suck-your-blood)  
[nationalgeographic.com/science/phenomena/2013/08/06/heres-what-happens-inside-you-when-a-mosquito-bites](http://nationalgeographic.com/science/phenomena/2013/08/06/heres-what-happens-inside-you-when-a-mosquito-bites)  
[ssec.si.edu/stemvisions-blog/why-do-mosquito-bites-itch-science-summer](http://ssec.si.edu/stemvisions-blog/why-do-mosquito-bites-itch-science-summer)



# Beşinci Kuvvet

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

Modern fizik doğada gözlemlenen tüm fiziksel süreçleri dört temel kuvvetle açıklamaya çalışıyor. Ancak bugün tam olarak açıklanamayan çeşitli olguların ardında henüz bilinmeyen kuvvetler de olabilir.









# Dört Temel Kuvvet

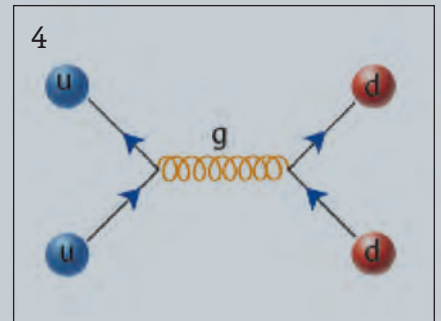
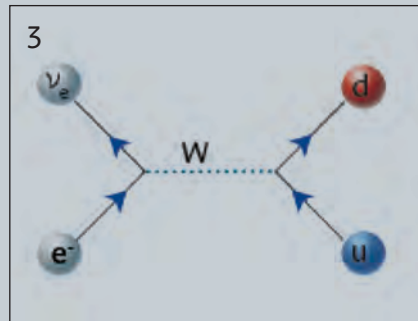
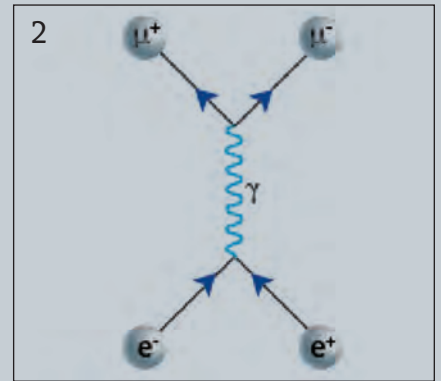
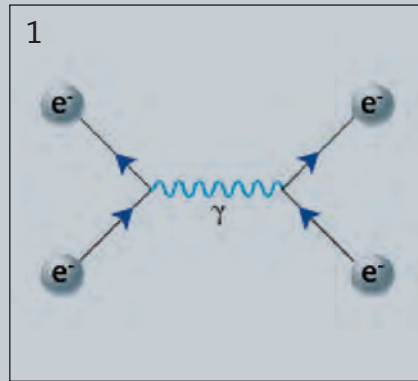
Bugün bilinen dört temel kuvvet var: güçlü kuvvet, zayıf kuvvet, elektromanyetik kuvvet ve kütleçekim kuvveti. Güçlü kuvvet atom çekirdeklerindeki protonların ve nötronların bir arada kalmasını sağlıyor. Zayıf kuvvet parçacık bozunmalarında rol alıyor. Elektromanyetik kuvvet atomların oluşmasını sağlıyor. Kütleçekim kuvveti ise evrenin büyük ölçekteki yapısını belirliyor.

Peki; gezegenler, atomlar, elektrik yükleri ve kuarklar aralarındaki mesafeye rağmen nasıl oluyor da bu kuvvetler aracılığıyla etkileşiyorlar? Modern fizik, bu soruya ilk kez Faraday tarafından ortaya atılan “alan” kavramıyla cevap veriyor. Örneğin, iki elektrik yükünü ele alalım. Elektromanyetik kurama göre, bir elektrik yükü çevresinde bir elektrik alan oluşturur. Başka bir elektrik yüküye bu alanla etkileşerek elektrikselsel kuvveti hisseder. Etkileşim anlık değildir. Çünkü elektrik alan uzayda sonlu bir hızla (ışık hızıyla) yayılır. Benzer biçimde diğer kuvvetlerin de uzayda sonlu hızlarla yayılan alanları vardır.

Dört temel kuvvetin üçü (güçlü kuvvet, zayıf kuvvet ve elektromanyetik kuvvet) kuantum kuramlarıyla açıklanıyor. Bu kuvvetlerle yaşanan etkileşimlere aracılık eden alanları taşıyan parçacıklar

var. Madde parçacıkları (fermionlar) bu kuvvet parçacıkları (bozonlar) aracılığıyla etkileşiyorlar. Örneğin, elektromanyetik kuvvetin taşıyıcıları fotonlardır. Elektrik yüklü parçacıklar fotonlar aracılığıyla etkileşir. Benzer biçimde güçlü ve zayıf kuvvetin de taşıyıcı parçacıkları vardır. Güçlü kuvvetin taşıyıcılarına glüon denir ve 8 tür glüon vardır. Zayıf kuvvetin taşıyıcıları ise  $W^+$ ,  $W^-$  ve  $Z$  bozonları denilen üç ayrı bozondur.

Güçlü kuvvet, zayıf kuvvet ve elektromanyetik kuvvetin kuantum kuramları sırasıyla kuantum kromodinamiği, elektrozayıf kuram ve kuantum elektrodinamiği olarak adlandırılır. Bu üç kuram, parçacık fiziğinin standart modelini oluşturur. Standart modelde, iki parçacık arasındaki etkileşimleri betimleyen çeşitli grafikler şunlara benzer:



Bu grafiklerde sürekli çizgiler madde parçacıklarını, kesikli ya da dalgalı çizgilerse kuvvet parçacıklarını gösterir. İlk grafikte iki elektron ( $e^-$ ) bir foton ( $\gamma$ ) aracılığıyla etkileşerek saçılıyor. İkinci grafikte önce bir elektron ve pozitron birbirlerini yok ederek enerjiye dönüşüyor, daha sonra ortaya çıkan foton bir müon-antimüon ( $\mu^- \mu^+$ ) çifti oluşturuyor. Üçüncü grafikte yukarı kuark ( $u$ ) zayıf etkileşim yoluyla aşağı kuarka ( $d$ ) dönüşüyor. Bu sırada bir elektron yok olurken bir nötrino ortaya çıkıyor. Dördüncü grafikte de bir yukarı ve bir aşağı kuark bir glüon ( $g$ ) aracılığıyla etkileşerek saçılıyorlar.

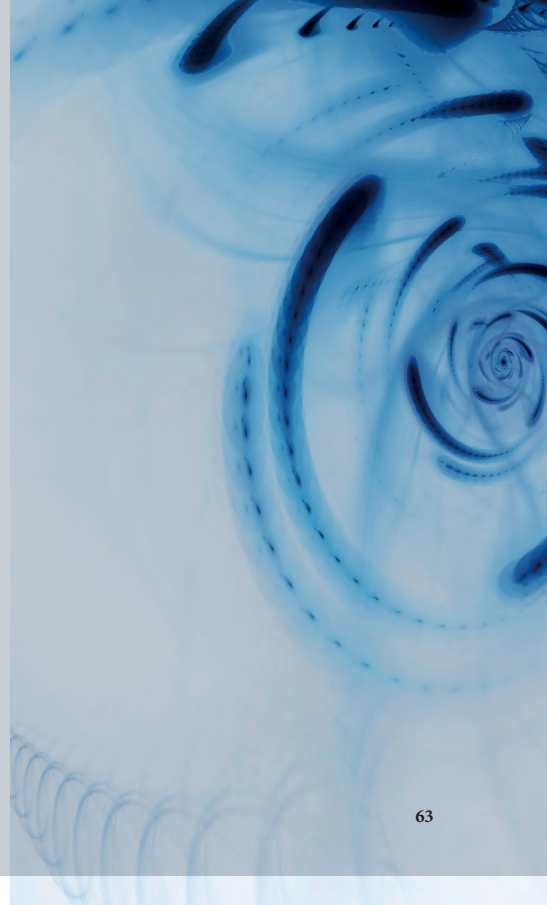
Kütleçekimini açıklayan genel görelilik kuramı, diğer üç kuvveti açıklayan kuramların aksine klasik bir kuramdır. Kütleçekimi de aslında kuantum mekaniksel bir kuramla açıklanması gereken bir



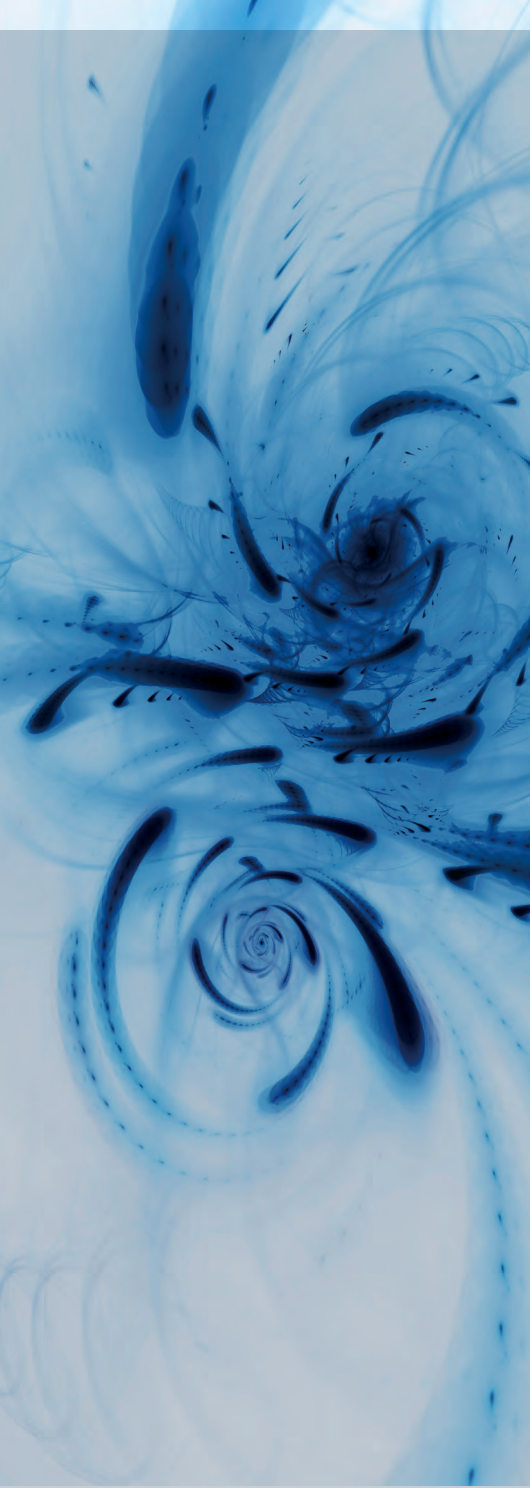
olgu mudur? Kütleçekiminin de kuvvet taşıyıcı parçacıkları var mıdır? Bu sorular bugün pek çok fizikçinin zihnini meşgul ediyor. Yaygın kanı, kütleçekiminin graviton denilen kuvvet parçacıkları tarafından taşınan, kuantum mekaniksel bir olgu olduğu yönünde. Ancak bugüne kadar ne gravitonların varlığına ne de kütleçekiminin aslında bir kuantum kuramıyla açıklanması gerektiğine dair bir bulguya ulaşılamadığını da not edelim.

## **Cevap Bekleyen Sorular**

Parçacık fiziğinin standart modeli atom ölçeğindeki olayları çok büyük bir başarıyla açıklar. Genel görelilik kuramı da geliştirilmesinin üzerinden geçen yaklaşık yüz yılda defalarca test edilmiş başarılı bir kuramdır. Ancak evrene özellikle büyük ölçekte bakıldığında gözlemler ile kuramsal tahminler arasında bazı uyumsuzluklar ortaya çıkmaya başlar.







Evrende büyük ölçekteki madde ve sıcaklık dağılımının homojen olduğu görülür. Gezegenler, yıldızlar ve gökadarlar gibi yüksek madde yoğunluğuna sahip birtakım yapılar olsa da evrendeki madde yoğunluğu büyük ölçekte her bölgede hemen hemen aynıdır. Benzer biçimde her ne kadar yıldızlar gibi çok sıcak

gökcisimleri olsa da ortalama sıcaklık da evrenin her bölgesinde hemen hemen aynıdır. Peki, böyle bir durum nasıl ortaya çıkmış olabilir? Bugün gökyüzünde gözlemlediğimiz yapıların ortaya çıkabilmesi için Büyük Patlama'dan sonraki madde ve enerji dağılımında düzensizlikler olmalıdır. Peki öyleyse bu düzensizliklerin zaman içinde giderek büyümesi gerekmez miydi? Fizikçiler arasındaki yaygın kanı, evrenin Büyük Patlama'dan kısa süre sonra çok hızlı bir şişme evresinden geçtiği. Şişme hipotezi denilen bu düşünceye göre, Büyük Patlama'dan  $10^{-36}$  saniye sonra başlayıp  $10^{-32}$  saniye sonra sona eren bu süreçte, evrenin boyutları en azından  $10^{26}$  kat büyüdü. Böylece başlangıçtaki ufak düzensizlikler çok büyük mesafelere yayıldı ve evren homojen bir görünüm kazandı. Eğer bu hipotez gerçekten de doğruysa şişme sürecini hangi etkenler tetiklemişti? Bugün bu soruya net bir cevap vermek geçekten zor. Çünkü evrene baktığımızda çok kısa süre içinde çok hızlı bir biçimde büyüyen bölgelere rastlamıyoruz. Şişmeye sebep olan koşullar her ne ise artık çok uzak geçmişte kalmış durumdalar. Dolayısıyla, öne sürülen hipotezlerin ne ölçüde doğru olduğu hakkında bir fikir edinmek kolay değil.

Henüz cevabı bulunamamış başka bir soru da gökadarları meydana getiren yıldızların hareketleriyle ilgili. Gökadarların dış kısımlarındaki yıldızlar o kadar büyük hızlarla hareket ediyor ki hareketlerinin kütleçekimiyle açık-

lanabilmesi için evrendeki toplam madde miktarının gözlemlenenden çok daha fazla olması gerekiyor. Bu durumu açıklamak için öne sürülmüş bir hipotez, uzayın ışıkla etkileşmediği için doğrudan görülemeyen karanlık maddeyle dolu olduğu. Evrendeki toplam madde miktarının yaklaşık %85'ini meydana getirdiği tahmin edilen bu karanlık maddenin, gökadarların oluşumunda ve gelişiminde önemli bir role sahip olduğu düşünülüyor. Karanlık maddeyi meydana getiren parçacıkların doğası ise henüz bilinmiyor.

Modern fizik açısından şaşırtıcı bir gelişme de 1990'ların sonlarında yaşandı. Büyük Patlama ile genişlemeye başlayan evrenin genişleme hızının zaman içinde giderek azalmasını beklersiniz. Çünkü evrenin büyük ölçekteki yapısını belirleyen kütleçekimi, çekici bir kuvvettir. Ancak gözlemler evrenin genişleme hızının giderek arttığını gösterdi. Bu durumu açıklamak için de karanlık enerjinin varlığı öne sürüldü. Karanlık madde gibi, karanlık enerjinin de doğası hâlâ tartışma konusu.

Bugün hâlâ tam olarak cevaplanmayı bekleyen bu fizik sorularına baktığımızda dört temel kuvveti açıklayan kuramlarda bir eksiklik ya da yanlışlık olduğunu düşünebiliriz. Belki gerçekten öyledir. Ancak bu kuramların her biri çok sayıda testten başarıyla geçti. Dolayısıyla bu ve benzeri sorulara cevap bulmak için belki de henüz bilinmeyen yeni kuvvetlerin keşfedilmesi gerekiyor.



## Beşinci Kuvvetin Adayları

Bugüne kadar beşinci kuvvet ile ilgili öne sürülmüş çeşitli görüşler var. Hatta çeşitli deneysel verilerin beşinci bir kuvvetin varlığına işaret ettiği düşünülüyor.

## Higgs Mekanizması

Kimilerine göre, yeni bir kuvvet keşfedilecekse buna beşinci değil, altıncı kuvvet denmeli. Çünkü beşinci kuvvet hâlihazırda keşfedilmiştir: Higgs mekanizması.

Higgs alanının ve Higgs bozonunun varlığı ilk olarak 1960'larda öne sürülmüştü. 2010'ların başlarında CERN'de yapılan deneysel çalışmalar sırasında Higgs bozonunun tespit edilmesiyle öne sürülen düşünceler doğrulandı. Ancak çeşitli temel parçacıkların kütle kazanmasına sebep olan Higgs mekanizması genel ola-

rak beşinci bir kuvvet olarak tanınmaz. Çünkü Higgs alanıyla yaşanan etkileşimler, diğer etkileşimlerde olduğu gibi, parçacıkların hareket yönlerinde bir değişime, itilmeye ya da çekilmeye sebep olmaz.

Bir hipoteze göre, Higgs alanı kozmik şişmenin de sebebi olabilir. Higgs alanının özellikleri "ayarlanarak" kısa bir süreliğine kozmik şişmeye sebep olabilecek kadar güçlü olması sağlanabilir. Ancak bu hipotezin doğru olabilmesi için Higgs alanının gücünü düzenleyen başka bir alanın daha varlığına ihtiyaç var. Dolayısıyla, Higgs alanının kendisi beşinci bir kuvvet olmasa bile, beşinci kuvvetin keşfinde anahtar bir rol oynayabilir.

## Beşinci Element

Karanlık enerjiyi açıklamak için öne sürülmüş görüşlerden biri, bir kozmolojik sabitin varlığıdır. Albert Einstein, genel görelilik kuramını formüle ederken, durağan bir evren modeli oluşturmak için, alan

denklemlerine kozmolojik sabit adı verilen bir sabit eklemiş ancak evrenin genişlediği keşfedildikten sonra kozmolojik sabiti denklemlerden çıkarmıştı. Evrenin genişleme hızının giderek arttığını gösteren gözlemlerden sonra kozmolojik sabit yeniden alan denklemlerinde kendine yer bulmaya başladı. Boş uzayın enerji yoğunluğuna karşılık gelen bu sabitin negatif bir basınca sebep olarak evrenin genişleme hızını artırdığı düşünülüyor.

Beşinci element hipotezi, karanlık enerjiyi açıklamak için öne sürülmüş bir diğer hipotezdir. Beşinci elementin kozmolojik sabitten temel farkı, bir sabit değil büyüklüğü konumla ve zamanla değişen bir alan olmasıdır.

## X17 Parçacığı

Macaristan Bilimler Akademisinden Attila Krasznahorkay ve arkadaşları 2015 yılında yayımladıkları bir makalede kütlesi yaklaşık 17 MeV (elektronunun yaklaşık 35 katı) olan bir parçacık keşfettiklerini açıkladılar. Araştırmacılar önce <sup>7</sup>Li izotoplarını proton bombardımanına tutmuş, daha sonra ortaya çıkan kararsız <sup>8</sup>Be izotoplarının bozunması sırasında ortaya çıkan elektron-pozitron çiftlerini incelemiş ve elde edilen sonuçların parçacık fiziksinin standart modeli kullanılarak yapılan hesaplarla uyumsuz olduğunu gözlemlemişlerdi. Araştırmacılar bozunma sırasında önce 17 MeV kütleli bir parçacığın (X17) çekirdek-



ten dışarı atıldığını, daha sonra bu parçacığın elektron-pozitron çiftlerine bozunduğunu öne sürdüler. Deneysel veriler bu varsayımı kullanarak yapılan hesaplarla açıklanabiliyordu. Aynı araştırma grubu, geçen yıl  $^4\text{He}$  izotoplarının bozunumunda da aynı X17 parçacığının varlığına işaret eden sonuçlar elde ettiklerini açıkladı.

Krasznahorkay ve arkadaşları, 17 MeV kütleli parçacığın karanlık madde parçacıkları arasındaki etkileşimlere aracılık eden ve aynı zamanda sıradan maddeyle de etkileşime girebilen bir tür “karanlık foton” olabileceğini öne sürdüler. Irvine’daki Kaliforniya Üniversitesinden Jonathan Feng ve arkadaşlarıysa, kuramsal hesaplar yaparak, Macar araştırmacıların var olduğunu öne sürdüğü parçacığın daha önceleri bilinmeyen protofobik (protonlarla etkileşmeyen) bir bozon olduğunu iddia ettiler.

Feng ve arkadaşlarının açıklamasıyla ilgili önemli bir nokta, 17 MeV kütleli bir bozonun varlığının parçacık fizikinin standart modeliyle uyumsuz olması. Standart modeldeki bozonların kütlesi ne kadar küçükse taşıdıkları kuvvetin menzili o kadar uzundur. Örneğin, kütesiz fotonların aracılık ettiği elektromanyetik etkileşimin menzili sonsuzdur. Ağır glüonlar,  $W^+$ ,  $W^-$  ve  $Z$  bozonlarının aracılık ettiği güçlü ve zayıf etkileşimlerse ancak atom çekirdeği ölçeğinde etkindirler. Standart modele eklenecek yeni bir kuvvetin ya hafif bozonlar tarafın-

dan taşınan uzun menzilli bir kuvvet ya da ağır bozonlar tarafından taşınan kısa menzilli bir kuvvet olması gerekir. Dolayısıyla, X17 gibi küçük kütleli bir bozon tarafından taşınan ancak etkinlik alanı atom çekirdeği ölçeğiyle sınırlı bir etkileşimi standart modele dâhil etmek olası değil. Dolayısıyla Feng ve arkadaşlarının iddiası doğruysa bu yeni kuvvetin yeni bir kuramla açıklanması gerekecek.

X17 parçacığının gerçekten de var olup olmadığı hâlâ tartışma konusu. Çünkü benzer deneyler yapan başka araştırma grupları parçacığın varlığına işaret eden bir bulguya ulaşamadıklarını açıkladılar. Macar araştırmacıların elde ettiği sonuçların kullandıkları deney düzenindeki bir hatadan kaynaklandığı bile iddia ediliyor. Gelecek yıl, geliştirme çalışmaları tamamlandıktan sonra, CERN’deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı’nda yapılacak deneylerin konu hakkında net bir fikir vermesi bekleniyor.

## Bukalemun Parçacıklar

Bir düşünceye göre, beşinci kuvvetin bugüne kadar keşfedilememiş olmasının nedeni farklı ortamlarda farklı özellikler gösteren “bukalemun parçacıklar” tarafından taşınması olabilir. Eğer bu bozonlar Dünya gibi yoğun ortamların içine girdiğinde ağırlaşıyor (taşıdığı kuvvetin menzili kısalıyor), uzay gibi boş ortamların içine girdiğinde hafifliyor (taşıdığı kuvvetin menzili uzuyor) ise yeryüzündeki sıradan koşullar altında beşinci kuvveti gözlemlemek zordur.

Bu düşünce ilk bakışta çok sıra dışı gibi gözükebilir. Ancak boşlukta ışık hızıyla hareket eden kütesiz fotonlar da elektrik yüklü parçacıkların arasından geçerken etkin kütle kazanırlar. Kuramsal çalışmalar, bukalemun kuvvetlerin var olduğu bir evrende bugün gözlemlediği-



miz gibi yıldızların ve gökadalarnn ortaya çıkmasının mümkün olduğunu gösteriyor.

Bir grup araştırmacı Londra'daki Imperial College'da yaptıkları deneylerle bukalemun parçacıklar hipotezini test etti. Kullanılan deney düzeneği, ortasında bilinen kuvvetlerin etkilerini yok etmek için tasarlanmış özel bir metal küre bulunan bir vakum haznesinden oluşuyor. Böyle bir düzenekte bukalemun kuvvetin, küre ve haznenin duvarları etrafında zayıf, ara bölgelerdeyse güçlü olması gerekir. Dolayısıyla vakumun içine bırakılan atomların hareketlerindeki herhangi bir ivmelenme bukalemun kuvvetin varlığına işaret eder.

Araştırmacılar yaptıkları ilk deneylerde bukalemun kuvvetlerin varlığına dair herhangi bir bulguya ulaşamamışlar. Ancak kullandıkları düzeneği daha da geliştirerek yeni deneyler yapmayı planlıyorlar. Araştırma ekibinin üyelerinden Clare

Burrage, kütleçekiminden birazcık daha güçlü bir bukalemun kuvvetin keşfedilmesi durumunda karanlık enerjinin doğasının açıklanabileceğini söylüyor.

Bukalemeun kuvvetlerle ilgili bir başka nokta da bu kuvvetlerin belirli koşullar altında kütleçekimine paralel davranabilmesinin de mümkün olması. Dolayısıyla tek bir bukalemun kuvvetle sadece karanlık enerjinin değil, karanlık maddenin de doğası açıklığa kavuşturulabilir.

## Axion'lar

Modern fiziğin net cevap vermediği sorulardan biri de nötronların yapısıyla ilgilidir. Nötronları meydana getiren kuarkların her biri elektrik yüküne sahiptir. Ancak deneyler nötronların elektrik yükü dağılımının küresel simetriye sahip olduğunu gösterir. Bu durumun sebebi ne olabilir?

Roberto Peccei ve Helen Quinn 1977'de tüm uzayı kaplayan bir alanın bu soruna çare olabileceğini öne sürdüler. Daha sonraları Franck Wilczek ve Steven Weinberg, böyle bir alanın axion adını verdikleri bir bozonun da var olmasını gerektireceğini gösterdiler.

Nötronların elektrik yükü dağılımının simetrik olmasını sağladığı düşünülen alan beşinci kuvvetin alanı, axion'lar da karanlık madde'nin bileşenlerinden olmaya aday. Günümüzde pek çok araştırma grubu axion'ları tespit etmek için çalışmalar yapıyor. ■

**Dört temel kuvvet ile pek çok fiziksel olgu başarılı bir biçimde açıklansa da bugün hâlâ cevapsız sorular var. Gelecekte beşinci bir kuvvetin, hatta belki altıncı ya da yedinci kuvvetlerin keşfedilmesi sürpriz olmaz.**

### Kaynaklar

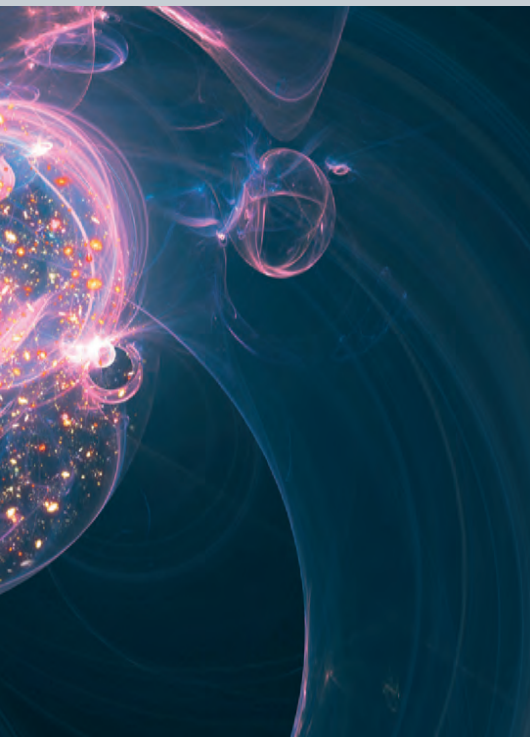
Cossins, Daniel, "We have seen hints of a new fundamental force of nature", *New Scientist*, <https://www.newscientist.com/article/mg24632821-000-we-have-seen-hints-of-a-new-fundamental-force-of-nature/>, 2020.

Krasznahorkay, A. J., ve ark., "Observations of Anomalous Internal Pair Creation in  $^8\text{Be}$ : A Possible Signature of a Light, Neutral Boson", <https://arxiv.org/abs/1504.01527v1>, 2015.

Feng, J. L., ve ark., "Protophobic Fifth-Force Interpretation of the Observed Anomaly in  $^8\text{Be}$  Nuclear Transitions", *Physical Review Letters*, Cilt 117, Makale No: 071803, 2016.

Krasznahorkay, A. J., ve ark., "New evidence supporting the existence of the hypothetical X17 particle", <https://arxiv.org/abs/1910.10459v1>, 2019.

O'Callaghan, Jonathan, "Particle Reported, but Scientists Are Wary", *Scientific American*, <https://www.scientificamerican.com/article/evidence-of-new-x17-particle-reported-but-scientists-are-wary/>, 2019.





Ülkemizde Geliştirilen

# Yerli ve Millî Teknolojiler

## İlk Türk Uçan Araba “CEZERİ”

Dr. Özlem Kılıç Ekici [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi



Ülkemizdeki ilk otonom uçan araba prototipi Türk mühendisler tarafından tasarlanıp üretil-di. Kentsel hava taşımacılığında köklü bir değişiklik yapması beklenen Uçan Araba “CEZERİ”nin şehir içi yolcu ulaşımında, sağlık sektörü ve askeri alanda, lojistik destek faaliyetlerinde ve kargo taşımacılığında aktif olarak kullanılması hedefleniyor.

Uçan araba, hem karadan hem de havadan ulaşımı sağlayan bir tür kişisel hava aracı olarak tanımlanıyor. 20. yüzyılın başlarından bu yana bazı ülkelerde, dağıtılmış itiş gücü gibi çeşitli uçuş teknolojileri kullanılarak birçok uçan araba prototipi geliştirildi. Bu prototiplerden bazıları dikey iniş ve kalkış (VTOL) performansı da sergiliyor. Uçan arabalar sayesinde şehir içi ulaşımında trafik rahatlayabilir, trafikte geçirilen zaman en aza indirilebilir, ulaşım kaynaklı hava kirliliği ve trafik kazaları azaltılabilir, daha hızlı ve etkin bir kargo taşımacılığı hizmeti sağlanabilir, sağlık kurumlarının acil ihtiyaçlarına

(kan, organ taşımacılığı vb.) hızlı şekilde cevap verilebilir. Ayrıca yüksek riskli savaş bölgelerinde ikmal amaçlı kullanılabilirler.

Minimum teknik ve havacılık bilgisi gerektirmesine rağmen üst düzey güvenlik ile uçurulabilecek şekilde tasarlanan bu araç, 8 adet elektrikli motor ve pervane ile gücünü şarj edilebilir bataryalardan alarak %100 elektrik ile çalışıyor. Üç yedekli akıllı uçuş sistemine sahip olan CEZERİ, bünyesinde bulundurduğu yapay zekâ sistemleri ile ön plana çıkıyor ve şimdilik tek kişi taşıyor. Döner kanatlı bu hava aracının gelecekte saatte 100 km seyir hızına kavuşması, uçuş irtifasının 2000 metreye ulaşması ve batarya teknolojisinin gelişmesiyle birlikte 1 saat havada kalarak 70-80 km menzile ulaşması hedefleniyor.

Araç, kumanda kolu, irtifa kontrol kolu, dokunmatik komuta ekranı, iki adet fiziksel buton (acil in, dur) ve iki adet anahtar (motor bataryası anahtarı, aviyonik sistem anahtarı) aracılığı ile kontrol ediliyor. İlk test uçuşunu 11 Eylül’de

güvenlik halatlarına bağlı olarak gerçekleştiren CEZERİ daha sonraki test uçuşlarını halatsız olarak yerden 10 metreye kadar yükselecek başarıyla tamamladı. Adını siberetik ve robotik ilminin kurucusu, Artuklu Sarayı’nın başmühendisi Cizreli Müslüman bilim insanı El Cezeri’den alan Uçan Araba CEZERİ, böylelikle kavramsal tasarımıyla başlayan çalışmaların ardından 1,5 yıl içinde ilk uçuşunu gerçekleştirmiş oldu.

Uçan Araba CEZERİ ilk kez 17-22 Eylül 2019 tarihlerinde Atatürk Havalimanı’nda düzenlenen TEKNOFEST Havacılık, Uzay ve Teknoloji Festivali’nde geniş kitlelere tanıtılmıştı. Türk mühendislerinin tasarlayıp ürettiği CEZERİ’nin trafiğe çıkmasının 10-15 yılı bulacağı tahmin ediliyor.

İlk Türk uçan araba CEZERİ’yi tanıtan bir videoyu izlemek için [https://youtu.be/oAdoMLe\\_OHs](https://youtu.be/oAdoMLe_OHs) adresini ziyaret edebilir ya da aşağıdaki kare kodu akıllı cihazınızdaki barkod okuyucuya okutabilirsiniz.





## “Cezeri”nin Teknik Özellikleri

- Seyir hızı: 100 km/s
- Azami uçuş irtifası: 2000 m
- Havada kalma süresi: ~ 1 saat
- Menzil: 70-80 km
- Bataryaların tam dolumu için gereken süre: 1 saat
- Ölçüler (en X boy X yükseklik): 3730 x 4070 x 1870 mm
- Kalkış / iniş: Dikey kalkış-iniş
- Azami Kalkış Ağırlığı: 241 kg
- Motor tipi: 8x BLDC
- Elektrik tahrikli pervaneler; her bir motor kolunda 2 adet ters dönüşlü pervane
- Lityum-iyon batarya paketi
- Üç yedekli tam otonom uçuş kontrol sistemi
- Karbon fiber yapısal, hafif ve dayanıklı kabin ve motor kolları konstrüksiyonları
- Sabit hatveli pervaneler
- Kentsel hava taşımacılığına uygun yolcu ve kargo kabinleri
- Yapay zekâ bilgisayarı destekli uçuş sistemi

### Kaynaklar

- [https://en.wikipedia.org/wiki/Baykar\\_Cezeri](https://en.wikipedia.org/wiki/Baykar_Cezeri)
- <https://www.baykarsavunma.com/sayfa-Ucan-Araba.html>
- <https://www.savunmahaber.com/baykarin-ucan-arabasi-cezeri-ayaklarini-yerden-kesti/>



# Öklid Bir Dahî miydi?

Prof. Dr. Ali Sinan Sertöz [ Bilkent Üniversitesi Fen Fakültesi, Matematik Bölümü

Öklid bir dâhi miydi, yoksa “coğrafya kaderdir” sözüyle başarılarının kaçınılmazlığını ima edebileceğimiz bir fâni miydi? *Elemanlar* adlı kitabın kopyalarının tarih içinde geçirdiği serüvenler nelerdir ve bugüne kalan kopyaların durumu nedir? “Orijinal metin” diye bir şey var mı? *Elemanlar* adlı kitabın yazarının, yüzyıllar sonra matematik dünyasına katılacak fikirlere kendi yaşadığı dönemde erişimi varmış gibi bir duyguya sürüklenmekte haklı mıyız?

Bu sorulara cevap arayacağız; verileri, hurafeleri ve tahminleri birbirine karıştıracamız ve kendi gerçekliğini kurma sorumluluğunu okuyucuya bırakacağız.

Okuyucunun karar vermesine yardım etmek için de *Elemanlar*’dan seçme önermelere değineceğiz. Bazı önermeler sadeliğiyle bizi büyüleyecek. Bazı önermeler tüm karmaşıklıklarına rağmen o günün teknikleriyle kanıtlanabilmiş olmalarıyla bizi büyüleyecek. Bazı önermeler ise bizi sadece büyüleyecek.

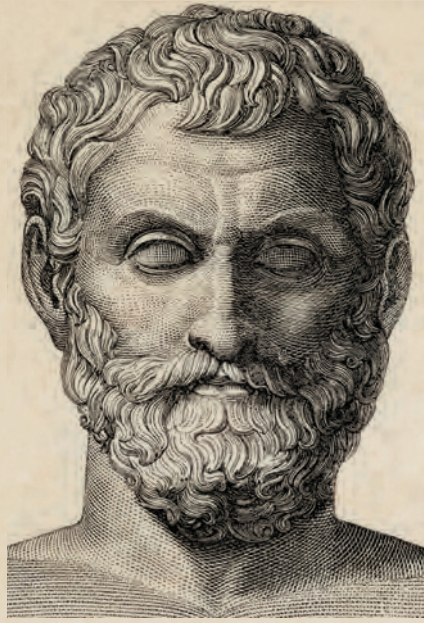




## Bereketli Topraklar

Tarıma elverişli bir toprak tabakasının yaklaşık kırk santimetre olması gerektiği söylenir. Bu çapta bir toprak katmanının oluşması ise uygun doğa şartları altında yaklaşık yirmi bin yıl sürer. Toplumlar da ürün veren insanların ortaya çıkması için de uygun sosyal şartlar gerekir. Bu süreç de aynı toprak oluşumu gibi zaman alır; belki yirmi bin yıl gibi, bittiğinde başlangıcı hatırlanamayacak kadar uzun bir süreç gerekmez ama yine de kuşaklar boyu sürer. Bugün hâlâ olumlu etkilerini yaşadığımız Antik Çağ Doğu Akdeniz havzası kültürünün oluşması da yüzlerce yıl sürdü.

Öklid matematik sahnesine çıktığında, o artık bereketli bir toprağa düşmüş bir tohumdu, yeşerip meyve vermesi kaçınılmazdı. Öklid'in yetiştirdiği "toprak" ise yüzlerce yıl önce, Thales'in yaşadığı dönemde, oluşmaya başlamıştı.



Thales büstü (Wikipedia)

## Miletli Thales (MÖ 624-546)

İnsanların hayatta başlarına gelen her iyi ya da kötü olayı Olympos Dağı'nda yaşayan insan görünümüne mitolojik tanrılara bağladığı bir dönemde doğan Thales mitolojiden doğa bilimlerine geçişin ilk adımlarını atan kişidir. Tarih Thales'i olayların sorumluluğunu Olympos'taki mitolojik tanrılardan alıp bunların cevabını doğada arayan ilk kişi olarak yazar. Doğayla olaylarının Olympos'taki mitolojik tanrıların keyfine göre rastgele değil de bazı şaşmaz kurallara göre ortaya çıktığını iddia eden kişinin elbette bu şaşmaz kuralları yazması ve başkalarına da aktarması gerekiyordu.

Antik düşünürlerin geometriye merakının bu gereksinimin kaçınılmaz bir sonucu olduğu söylenir. Thales de bu nedenlerle geometriyle ilgilenmişti. Cisimlerin yüksekliğiyle gölgelerinin yüksekliği arasındaki ilişkiyi keşfettiği ve bunu kullanarak Mısır piramitlerinin yüksekliğini hesaplayıp etrafındakileri şaşırttığı anlatılır. Öklid'in yetişeceği toprağa yapılan ilk katkıdır bu.

Thales'in piramitlerin gölgelerini ölçerek yüksekliklerini bulurken kullandığı teoremi biz bugün Thales teoremi olarak anıyoruz; bir üçgenin tabanına çizilen paralel bir doğru diğer iki kenarı eşit oranlarda keser. Batılı okullarda ise Thales teoremi adı altında Thales'in bir başka buluşu anlatılır; bir köşesi çemberin üzerinde, diğer iki köşesi de çemberin çapının uçlarında olan üçgen diktir.

Bu iki teorem Öklid'in kitabında sırasıyla VI. Kitap'taki 2. Önerme ve III. Kitap'taki 31. Önerme olarak yer alır.

Berlin Bergama Müzesinde sergilenen Milet Pazar Yeri kapısı. Thales'i bu kapıdan geçerken hayal edelim.







Sisam adasındaki Pisagor heykeli

## Sisam Adalı Pisagor (MÖ 570-495)

Pisagor'un filozof olarak Eflatun ve Aristo'yu etkilediği ve onlar aracılığıyla bugünkü düşünce yapımızın oluşumunda etkili olduğu söylenir. Bizi şimdi ilgilendiren yönü ise doğadaki her olayı sayılarla anlatmanın mümkün olduğu konusundaki inancı ve bu yolda karşılaştığı engellerdir. İkizkenar bir dik üçgenin hipotenüsünün uzunluğunu, kenarların tam sayı oranı olarak ifade edemeyeceğini gördüğü zaman duyduğu şaşkınlığı hayal edebilir misiniz? Düşünsenize, size bahçede iki ağaç gösteriyorum ve bunlar arasındaki mesafeyi sayıyla yazmanız mümkün değil diyorum ve bunu sizin kabul edeceğinizi biçimde kanıtlıyorum. İnandığınız tüm değerler sarsılmaz mı? Demek ki uzunlukları anlamak için sayılar dışında bir şeye ihtiyaç var diye düşünmeye başlıyorsunuz. Ama o şeyler ne olabilir?



Roma'daki Capitolini Müzesinde sergilenen Pisagor büstü (Wikipedia)

Bu çeşit orana gelmez, irrasyonel sayıların varlığını ilk ortaya atan ve kendinden sonra gelecek Theaetetus ve Evdoksus'un irrasyonel sayılar ve oranlar üzerine çalışmalar yapmasına temel hazırlayan matematikçidir Pisagor. Oranları Öklid V. Kitap'ta, irrasyonel sayıları ise X. Kitap'ta anlatır.

Elbette Pisagor'a atfedilen en tanıdık sonuç dik üçgen teoremi-dir. Tarih boyunca bu teoreme, Pisagor'dan önce ve sonra, sayısız kanıtlar verilmiştir. En şık kanıt Öklid'in kendisine ait olduğu düşünülen ve I. Kitap'taki 47. Önerme'de verilen kanıttır.

## Sakız Adalı Hippocrates (MÖ 470-410)

Sakız Adası'nda kendi hâlinde ticaretle uğraşırken uğradığı bir haksızlığı şikâyet etmek üzere geldiği Atina'da matematikçilerle tanışıp hayatının geri kalan kısmını matematik yaparak geçirmeye karar veren bu genç adam, Öklid aracılığıyla tüm zamanların matematikçilerine büyük katkılarda bulundu. "Olmayana ergi", "abese irca" ya da "reductio ad absurdum" olarak da bilinen kanıt yöntemini buldu. Bu yöntemle göre, kanıtlamak istediğiniz sonucun tersinin doğru olduğunu varsayarak kanıta başlıyorsunuz. Böylece kendi içinde tutarlı olduğunu düşündüğünüz matematik bilgilerine yeni bir bilgi eklemiş olursunuz. Daha sonra akıl yürütmeye bir çelişkiye ulaşırsınız. Orada durup "demek ki benim kattığım varsayım matematikte bir tutarsızlığa yol açtı, öyleyse o bilgi yanlışmış" dersiniz. Böylece kanıtlamak istediğiniz şeyin aslında doğru olduğunu görürsünüz.



Hippocrates'i kendi kendine matematik yaparken hayal etmek



Hippocrates ayrıca geometrik şekillerde köşelerdeki noktalara harf atayıp kanıt içinde o noktaların yerini tarif etmek yerine verilen harf ile anmayı da akıl etmişti. Her dâhiyane fikir işte böyle “daha önce neden kimse akıl edememiş ki” dendirtecek kadar basittir. Kendisi de *Elemanlar* başlıklı bir kitap yazdıysa da bu eseri belki de henüz yeterince matematik bilgisi birikmemiş olduğu için kalıcı olmadı. Öklid’in Hippocrates’in *Elemanlar* adlı eserinin neden başarısız olduğunu inceleyip ders çıkardığını tahmin etmek zor değil.

## Atinalı Theaetetus (MÖ 417-369)

Theaetetus’un hayatı hakkındaki bilgilerimiz arkadaşı Eflatun’un onun adını verdiği bir kitabındaki anlatılarla sınırlıdır. Ama matematiğe ve Öklid’in kitabına katkısı açıkça bilinmektedir. Theaetetus irrasyonel sayıları ortak ölçü kabul etmeyen, eş ölçeksiz sayılar olarak aldı ve bunların birbirleriyle ilişkilerini ayrıntılarıyla inceledi. Özellikle bu sayıları gösterdikleri özelliklere göre sınıflandırırken kullandığı sistematik hayranlık uyandırır.

Theaetetus’un çalışmalarını Öklid X. Kitap’ta kendine özgü titizliğiyle anlatır. *Elemanlar*’ın en uzun kitabı X. Kitap’tır ve hakkında modern zamanlarda dahi makaleler yazılmıştır.



Evdoksus’un doğduğu Knidos’un günümüzdeki görüntüsü

## Knidoslu Evdoksus (MÖ 390-337)

Knidoslu Evdoksus irrasyonel sayıların anlaşılması yolunda en önemli sıçramayı yapan matematikçidir. Bunun için iki geometrik nesnenin birbirine oranının başka iki geometrik nesnenin birbirine oranına ne zaman eşit olması gerektiğini anlatarak yola çıktı. Bu yaklaşımıyla günümüzde reel sayıların rasyonel sayılardan türetilmesi için kullanılan Dedekind kesiklerine fikir babalığı yaptığı da düşünülebilir.

Evdoksus’un devrim niteliğindeki bu çalışmaları, Öklid’in *Elemanlar*’ında V. Kitap’ın tamamını teşkil eder.



Knidos kalıntılarının mücevheri olarak algılayacağımız güneş saati. Evdoksus’u bu saatin başında hayal etmemek mümkün mü?

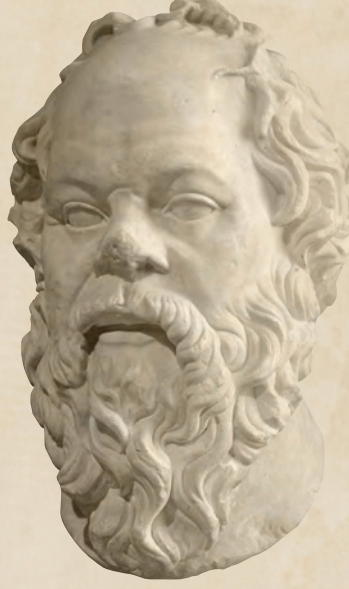


# Bereketli Topraklar

Görüyoruz ki Öklid zengin bir matematik mirasının ortasına doğmuştu. Fakat matematik fikirlerinin toplumda saygı duyması ayrı bir altyapı gerektirir. Soyut fikirlerle uğraşan insanları, bu yapılan işlerin günlük hayatta bir işe yarayıp yaramadığı gibi yaklaşımlarla yıpratmayacak olgunlukta bir toplum oluşturulması gerekir. Bu her zaman filozofların göreviydi. Öklid'in doğduğu toprakların soyut düşüncelere açık olması da zamanın filozoflarının gayretlerinin sonucuydu.

## Sokrates (MÖ 470-399)

Batı dünyasının hayata bakış açısını derinden etkileyen Sokrates'in hayatı ve görüşleri hakkındaki bilgileri öğrencisi Eflatun'un yazılarından öğreniyoruz. Yaşadığı toplum, Sokrates'in gençleri düşünmeye ve sorgulamaya yöneltmesini anlayışla karşılayamamış ve onu ölüme mahkûm etmişti. Hâlbuki o son gecesinde yanında bulunan bir gencin elindeki sazı merak edip nasıl çalındığını öğrenmek isteyecek kadar bilgiye önem veriyordu. Kaçması için verilen tavsiye ve fırsatlara yüz vermediği için ölümsüzlüğe kavuştu.

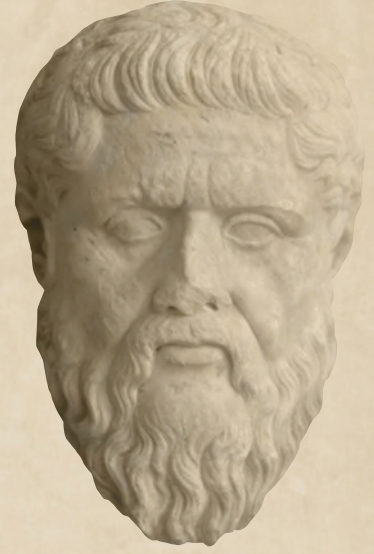


Louvre Müzesinde sergilenen Sokrates büstü

Yaşadığı toplum onu ölüme mahkûm etmişti ama hayatı, görüşleri ve özellikle öğrencisi Eflatun'un yazdığı son savunması ondan sonra gelen toplumları etkileyerek filozofların daha dikkatle dinleneceği toplumların oluşması sürecine katkı sağladı.

## Eflatun (MÖ 428-348)

İleride soylu sınıfları temsil edecek bir yönetici olmak üzere yetiştirilirken Sokrates'le tanışmış ve kendisine bağlanan bütün planları terk ederek felsefe ve matematik ile uğraşmaya başlamıştı. Yazdığı diyaloglarla Sokrates'in görüşlerini gelecek kuşaklara taşıdı. Kurduğu akademi ve yerine kurulan devam niteliğindeki akademiler sadece Doğu Akdeniz Havzası'nı değil tüm insanlığı etkiledi.



Ölümünden sonra kurduğu akademinin kapısında sergilenen Eflatun büstünün bir kopyası.

Eflatun'un *Devlet* adlı eserinden günümüze kalan bir papirüs parçası (Wikipedia)





Eflatun, bir doğru parçasının ne şekilde tanımlanması gerektiği üzerine geliştirdiği görüşleriyle Öklid'in ilk kitabındaki giriş tanımlarını etkiledi. Akademisinin kapısına yazdığı "Geometri bilmeyen giremez" uyarısıyla toplumun matematik ve diğer soyut kavramlara bakış açısını olumlu yönde etkiledi. Dolayısıyla, Öklid'i yetiştirecek toplumun oluşumuna en doğrudan katkı yapan düşünürlerden biri Eflatun'dur.

## Aristo (MÖ 384-322)

Yalnızca Batı düşünce sistemini değil İslam düşüncesini de etkileyen, hatta İslam düşünürleri tarafından "ilk öğretmen" olarak anılan Aristo, Eflatun'un en iyi öğrencilerinden biriydi. Zaman zaman Eflatun'un derslerini sadece Aristo için verdiği bile anlatılır.

Zamanında merak edilen hemen her konuda ancak yüzyıllar sonra aşılabacak çalışmalar yapmış ve pek çok yazılı metni günümüze ulaştırmış olan Aristo'nun Öklid'i besleyecek toplum yapısının oluşmasına en büyük katkısı, Makedonya kralının oğlu İskender'e hocalık yapmasıyla gerçekleşti.



Aristo büstü



19. yüzyıl İspanyol ressamı José Armet Portanell'in tablosunda Aristo İskender'e ders veriyor.

Aristo sadece İskender'e değil, saraydaki diğer ileri gelenlerin çocuklarına da ders verdi. Bunlar arasında ilerde Öklid'e "Geometriye giden kolay bir yol yok mu?" diye soracak olan I. Ptolemaios da vardı.

## Yöneticileri Unutmayalım

Bilgili ve ufku geniş yöneticiler hem zamanla toplumların övgüsünü kazanırlar hem de yaşadıkları dönemde tarihe yön verirler. Makedonya kralı II. Philip de eski saray doktorunun oğlu olan Aristo'yu oğluna ve saray çevresindeki diğer gençlere ders vermek için çağırma kararı alarak tarihin akışını değiştirdi.

İskender babasından devraldığı krallığı büyütme için seferlere çıkıp Hindistan'a kadar gitmişti. Mısır'a girdiğinde ise sahilde kendi



Makedonya Kralı II. Philip





İstanbul Arkeoloji Müzesinde sergilenen İskender heykeli



I. Ptolemaios büstü



Tarihi İskenderiye Kütüphanesi zamanla yok olduysa da yerine 2002 yılında açılan modern İskenderiye Kütüphanesi yeni Öklid'lerin yetişmesi için hizmet vermeyi sürdürüyor.

adıyla anılmasını istediği bir şehir kurdu. MÖ 331 yılında kurulan bu şehir ileride Öklid'in bize *Elemanlar*'ı yazacağı İskenderiye şehridir.

İskender öldükten sonra komutanlarından I. Ptolemaios, önceden kararlaştırıldığı üzere Mısır'a geldi ve imparatorluğun Mısır valisi oldu. İlk önceleri Memfis kentine yerleştirse de sonra İskenderiye şehrine geçti. İşte büyük İskenderiye Kütüphanesi bu sıralarda kurulmaya başlandı.

## Ve Öklid (MÖ 330-275)

Thales'ten beri gelen matematik ve felsefe akımlarını hazmetmiş bir toplumda, Sokrates'ten feyz almış ve dünya düşünce yapısını değiştirmiş Eflatun gibi bir filozofun yıldız öğrencisi Aristo'nun yetiştirdiği I. Ptolemaios Mısır'da kendi hakimiyetini kurunca bilime ve sanata doğal olarak epey kaynak ayırmıştı. Böyle bir ortamda Öklid gibi bir matematikçinin yetişmesi şaşılabilecek gibi gelmiyor insana.

Öklid sadece kendisinden önce yaşamış matematikçilerin ürettiği bilgilerden değil, kendisinden önce yine "*Elemanlar*" adıyla yazılmış matematik kitaplarının başarısızlıklarının öğrettiği tecrübelerden de yararlandı. Ayrıca yazacağı kitabı sadece takdir edecek değil, bir de okuyacak ve üzerine sorular soracak bir yöneticinin liderliğindeki bir şehirde yaşadığını da biliyordu. Öklid'in iki bin yıldır yıpranmayan bir matematik kitabı yazarak zamanının tüm bilinen matematiğini sistematik bir biçimde sunması artık belki de kaçınılmazdı.





Öklid

## *Elemanlar'*ın Tarih İçindeki Serüveni

Öklid *Elemanlar* kitabını papirüs-  
lere yazmıştı. Kullandığı dil genel  
Yunanca denilen, asıl Atina Yunan-  
casının basitleştirilmiş hâliydi. İs-  
kender pek çok yeri ele geçirip bu-  
raları birer Yunan şehrine çevirince  
yerli halkın da Yunanca konuşması  
gerekliyordu. Onların Yunancayı da-  
ha kolay öğrenmesi için Koine Yu-  
nancası geliştirilmişti.

Nasıl ki bir zamanlar sayı dendi-  
ğinde sadece tam sayılar ve onların  
oranları düşünülüyorduysa, harf  
deyince de sadece büyük harfler  
akla geliyordu. Bu yüzden ören yer-  
lerinde gördüğünüz taş yazıtlarda-  
ki harflerin tamamı büyüktür. Üste-

lik bu yazılarda kelimeler arasında  
boşluk da yoktur. Öklid'in *Eleman-  
lar* kitabı da bu harflerle ve kelime-  
ler arasında boşluk olmadan papi-  
rüsle yazılmıştı.

Öklid'den yüz yıl sonra İskende-  
riye Kütüphanesinde çalışan İstan-  
bullu Aristofanes yerli halkın Yu-  
nancayı yanlış telaffuz etmesinden  
sıkılıp harflerin üzerine nasıl oku-  
nacaklarına dair işaretler koymaya  
dayalı bir sistem geliştirdi. Bundan  
sonra papirüslerde bu sistem kulla-  
nılmaya başlandı.

Öklid'den altı yüzyıl sonra kütük  
formatı denilen şimdiki kitap for-  
matı kabul görmeye başladı ve tüm  
papirüsler bu yeni kitap formatı-  
na geçirildi. Raflar dolusu papirüsü  
bir küçük kitaba sığdırıyor olmanın  
sevinciyle tüm papirüsler atıldı.  
*Elemanlar'*ın orijinal papirüs kop-  
yası eğer o zaman İskenderiye Kü-

tüphanesinde duruyor olsaydı bile  
kitap formatına geçirildiği için çö-  
pe atılacaktı.

Öklid'den dokuz yüzyıl sonra ni-  
hayet kelimeler arasına boşluk bı-  
rakma alışkanlığı yerleşti.

Ve nihayet Öklid'den 1100 yıl son-  
ra İstanbul'daki İmrahor Camisinin  
yerinde olan Studio Manastırındaki  
rahipler Koine Yunanca alfabesi için  
küçük harfler geliştirdiler.

Elimizdeki en eski el yazması *Ele-  
manlar* kitabı bu tarihten de yüz yıl  
sonra yazıldı. Küçük harfler, kelime-  
ler arası boşluklar, pek çok harfin  
üzerinde bulunan aksan işaretleri ve  
tüm bunlara ek olarak burada sözü-  
nü etmediğimiz bazı standart kısalt-  
malar kullanılarak yazılan bu kop-  
yaları kitabın orijinal yazarı Öklid'in  
okuması değil, tanınması bile müm-  
kün değildir.



Rafael'in  
1509-1511 arası yaptığı  
Atina Okulu adlı  
duvar resmi. Adını an-  
dığımız tüm filozof ve  
matematikçiler bu  
resimdedir.

## Bir de Theon Var (335-405)



Ünlü kadın matematikçi Hypatia'nın babası olan Theon, Öklid gibi, İskenderiye'de yaşadı. Hypatia gibi bir çocuğun babası olarak öğrencilerinden de kızından aldığı verimi almak istediği için doğal olarak hayal kırıklığına uğradı. Biraz bunun etkisiyle, biraz da her öğretmenin meslek hastalığı olan “nerede bizim zamanımızın öğrencileri” takıntısıyla, kendi öğrencilerini yazılarında hep eleştirdi. *Elemanlar*'ın içinde öğrencilerinin anlamakta zorluk çektiği bölümleri değiştirdiğini, basitleştirdiğini ve bazı eklemeler yaptığını belirtti. Günümüzde kütüphanelerde bulunan hemen hemen tüm el yazmaları Theon'un bahsettiği değişiklikleri içerir.

Napolyon 1798 yılında çıktığı Mısır seferi sırasında Vatikan Kütüphanesini de yağmalayarak burada bulunduğu çok sayıdaki el yazmasını

Paris'e gönderir. Bunlardan biri matematikçi Peyrard'ın önüne gelir. Bu el yazmasının Öklid'in *Elemanlar* adlı eseri olduğunu anlar. Okuyunca da bu kopyanın Theon'un bahsettiği değişiklikleri içermediğini görür. Daha sonra yine Vatikan Kütüphanesine iade edilen bu kopyayı Fransızcaya çevirir. Fransızlar bugün hâlâ Öklid'in en iyi çevirisinin Peyrard'ın çevirisi olduğunu söylerler.

On dokuzuncu yüzyılın sonunda Danimarkalı bilim insanı Johan Ludvig Heiberg Öklid'in Vatikan kopyasını esas alarak ve diğer kopyaları da inceleyerek “*Elemanlar*”ın aslı olsa olsa böyleydi” diyebileceği bir metin hazırlar. Hemen ardından da İngiliz bir üst düzey bürokrat olan ama hobi olarak Eski Yunan matematiğiyle uğraşan Thomas Little Heath bu metni İngi-

lizceye çevirdi. Kendi eklediği çok kapsamlı notlarla basılan bu kopya bugün en çok kullanılan kopyadır. Hatta ilk basımından yaklaşık yüz yıl sonra Heath'in çevirisi hiç değiştirilmeden, Eski Yunan matematiği hakkındaki ayrıntılı açıklamaları dışarda tutularak yeniden basıldı.

Elimizdeki en eski *Elemanlar* el yazması 888'de İstanbul'da yazılmış olan ve şimdi Oxford'taki Bodleian kütüphanesinde saklanan kopyadır. Bu el yazmasının hem çevirisini hem de her önermenin el yazmasında bulunduğu sayfanın resmini Amerika'daki Clay Matematik Enstitüsünün internet sitesinde bulabilirsiniz.



# Bizim Taraflarda Elemantar'ın Macerası

Nasîrüddin Tûsî on üçüncü yüzyıl-  
da *Elemantar*'ı “*Kitâb-ı Tahrir-i Usûl-i  
Öklides*” adıyla Arapçaya çevirdi. Bu  
kitap iki yüz yıl sonra altın varaklı  
süslemelerle yeniden yazılıp Fatih'e  
sunuldu. Fatih'e sunulan bu kop-  
yanın tıpkıbasımını Türkiye Yazma  
Eserler Kurumu Başkanlığının inter-  
net sitesinden düşük bir fiyata satın  
alabilir ve Fatih'in bu kitabı eline ilk  
aldığı anda duyduğu heyecana ortak  
olmayı deneyebilirsiniz.

*Elemantar*'ı Türkçeye çevirmeyi  
ilk düşünen kişi III. Selim zamanın-  
da yaşayan Tamânî'dir. Ne var ki pa-  
dişah askeriyenin işine yaramayan  
çalışmaları değerlendirmeyeceğini  
söylediği için Tamânî ister istemez  
İngiltere'de bir askeri okulda okutul-  
mak üzere kısaltılıp basılmış bir Ök-  
lid kopyasını çevirmek zorunda kalır.  
Bonnycastle'ın bu kopyası *Elemantar*  
kitabının yaklaşık yüzde kırkını  
içerir. Bu kopyadaki bazı tanım ve  
önermelerin sırası da pedagojik ne-  
denlerle değiştirilmiştir. Tamânî'nin  
1797 yılında, sonradan Selim adını  
alan bir İngiliz mühendisin yardı-  
mıyla yaptığı bu çevirinin hikâyesini  
de Ankara Üniversitesi tez arşivinde  
bulunan bir doktora tezinden öğre-  
nebilirsiniz.

Son olarak da 2019'da TÜBİTAK  
*Elemantar*'ın tama-  
mının çevirisini  
basarak Tamânî'ye  
yarım bıraktıran  
görevi tamamlamıştır.



## Öklid Bir Dâhi Değil miydi?

Bütün bu yazı boyunca Öklid'in  
ortaya çıkmasının nasıl bir tarihi sü-  
reç sonucunda kaçınılmaz olduğunu  
anlattık. Yazdıklarımızdan etkilenip  
*Elemantar*'ı okuyanlar hem tanımları  
hem de kanıtları sabırla takip eder-  
lerse, bütün okuduklarını unutup “Bu  
adam bunları nereden biliyor?” diye-  
cektir.

Mesela hiç trigonometri kullanma-  
dığı hâlde II. Kitap'taki 12. ve 13. öner-  
melerde dik açılı olmayan bir üçgen-  
deki kenarlar arasındaki ilişkiyi anla-  
tır. Bugünkü terminolojiyle bize kosi-  
nüs teoremini verir.

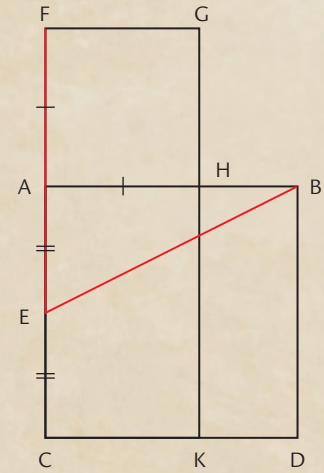
V. Kitap'ta oranlarla ilgili pek çok  
önermeyi okurken, insan cebir bilme-  
den bu önermenin doğru olacağından  
nasıl şüphelenir diye içinizden  
geçirirsiniz.

Nasıl ki bilimde doğru soruyu sor-  
mak cevabın en az yarısı ise mate-  
matikte de neyin doğru olacağından  
şüphelenmek keşfetmenin aslını teş-

kil eder. Sonra o keşfin doğru oldu-  
nu siz kanıtlayamazsanız bile kanıt-  
layan biri çıkar. Ve o sonuca kanıtla-  
yanın adıyla beraber sizin adınız da  
verilir. Çünkü neyin doğru olacağını  
görmek apayrı bir ustalık ister ve tak-  
dir edilmelidir.

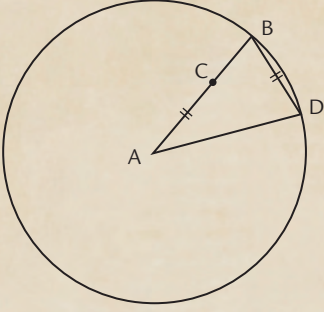
Öklid'i okurken bu takdir hissi ço-  
ğu zaman şaşkınlık düzeyine çıkar ve  
tekrar tekrar sorarsınız kendinize “bu  
adam bunları nereden biliyor” diye.

II. Kitap'taki 11. Önerme'de bir doğ-  
ruyu altın oranda kesersiniz. Sonra IV.  
Kitap'taki 10. Önerme'de bunu kulla-  
narak taban açılarının her biri tepe  
açısının iki katı olan bir ikizkenar üç-  
gen çizersiniz. Durup dururken bunu  
niye yaptık derken bir sonraki öner-  
mede çember içine düzgün beşgen  
çizerken bu üçgeni kullandığınızı  
fark edersiniz. Bitti diye düşünürken  
XIII. Kitap'taki 17. Önerme'de bu beş-  
gen bize on iki yüzlü Platonik cismi  
bir küre içine çizerken yardımcı olur.

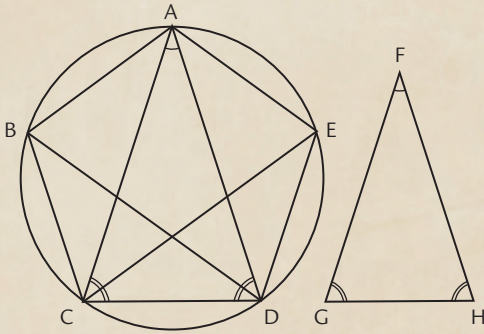


AB doğrusu H noktasında altın oranda kesiliyor, II. Kitap'taki 11. Önerme.

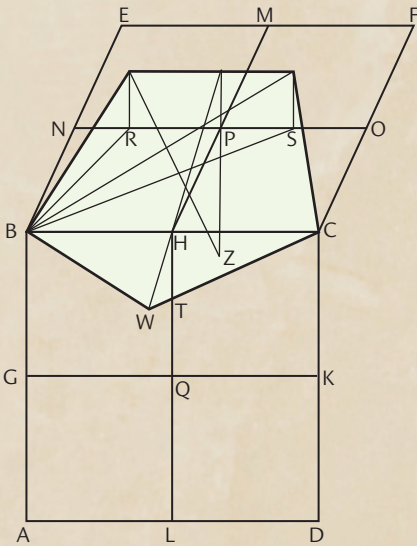




AB doğrusu C noktasında altın oranda kesilerek taban açılarının her biri tepe açısının iki katı olan ABD ikizkenar üçgeni çiziliyor. IV. Kitap'taki 10. Önerme.



Taban açılarının her biri tepe açısının iki katı olan FGH ikizkenar üçgenine benzer bir üçgen çember içine yerleştirilerek düzgün beşgen çiziliyor. IV. Kitap'taki 11. Önerme.



Düzgün bir beşgen küre içine yerleştirilerek on iki yüzlü Platonik cisim çiziliyor. XIII. Kitap'taki 17. Önerme.

Bu soğukkanlı akıl yürütme zinciri sizi Mısır piramitlerinin yapılışı hakkındaki efsanelere inanacak noktaya itebilir, aman dikkat edin.

Ya IX. Kitap'taki 36. Önerme'de, mükemmel sayı dediğimiz, kendinden küçük bölenlerinin toplamına eşit olan sayılar için verdiği formatı hiç cebir ve sembol kullanmadan, yalnızca sözel olarak akıl yürüterek kanıtlamasına ne demeli? Tüm bunların sorumlusu Thales'ti, Eflatun'du ya da II. Philip'ti deyip geçebilir miyiz?

Parçası olduğumuz Doğu Akdeniz Havzası'nın altın yıllarına doğduğunu tüm ayrıntılarıyla bilmemize rağmen, biraz da sitemle, sormadan edemiyoruz, "Ne yani, şimdi Öklid bir dâhi değil miymiş?!"



#### Kaynaklar

Ali Sinan Sertöz, *Öklid'in Elemanları*, TÜBİTAK Yayınları, 2019.

D. H. Fowler, "An Invitation to Read Book X of Euclid's Elements", *Historia Mathematica* 19, 233-264, 1992.

Nasîrüddin Tûsî, *Tahrîru Usûli'l-Hendese ve'l-Hisab*, Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı, 2012.

John Bonnycastle, *Elements of Geometry*, 1789.

Ali Rıza Tosun ve Hüseyin Rıfki, *Tâmânî ve Elementler Çevirisi*, Atatürk Kültür Merkezi Yayınları, 2010.

Clay Matematik Enstitüsü Öklid sayfası: <https://www.claymath.org/library/historical/euclid/>





## Doğa Fauna

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

# Madagaskar'ın En Büyük Yırtıcısı Fossa

Afrika kıtasının güney doğu kısmında yer alan ve büyük bir ada olan Madagaskar'da çok sayıda endemik tür yaşar. Adanın en büyük yırtıcı hayvanları olan fossalar bu endemik türlerden birisidir.



Adanın sık yağmur ormanlarında, deniz seviyesinden 2600 metre yüksekliğe kadar olan yerlerde yaşayan fossalar başta lemurlar olmak üzere sürüngenler, kuşlar ve balıkları avlarlar. Boyları 60-80 cm kadar olan fossaların neredeyse boyları kadar uzun olan (65-70 cm) kuyrukları vardır. Kürk rengi kırmızımsı kahverengi arasındadır. Doğada 15 yıl kadar yaşarlar. Fossalar koku bezleri aracılığı ile kendi bölgelerini işaretlerler ve diğer fossalarla iletişim kurarlar. Ağaçlara tırmanır ve uzun kuyrukları ile dengede kalırlar. Pençelerini geri çekebilirler ve keskin dişleri ile avlarını kolayca yakalarlar. Yalnız yaşarlar ve hem gece hem de gündüz aktiftirler. Yaşam alanlarındaki tahribat nedeniyle soyları hassas derecede tehdit altındadır.





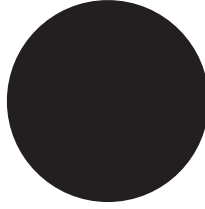


# Gökyüzü

Prof. Dr. Faruk Soyduğan

[fsoydugan@comu.edu.tr]

15 Kasım  
Yeniay



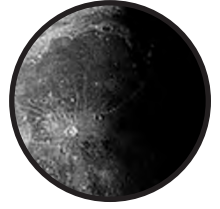
22 Kasım  
İlkdördün



30 Kasım  
Dolunay



08 Kasım  
Sondördün



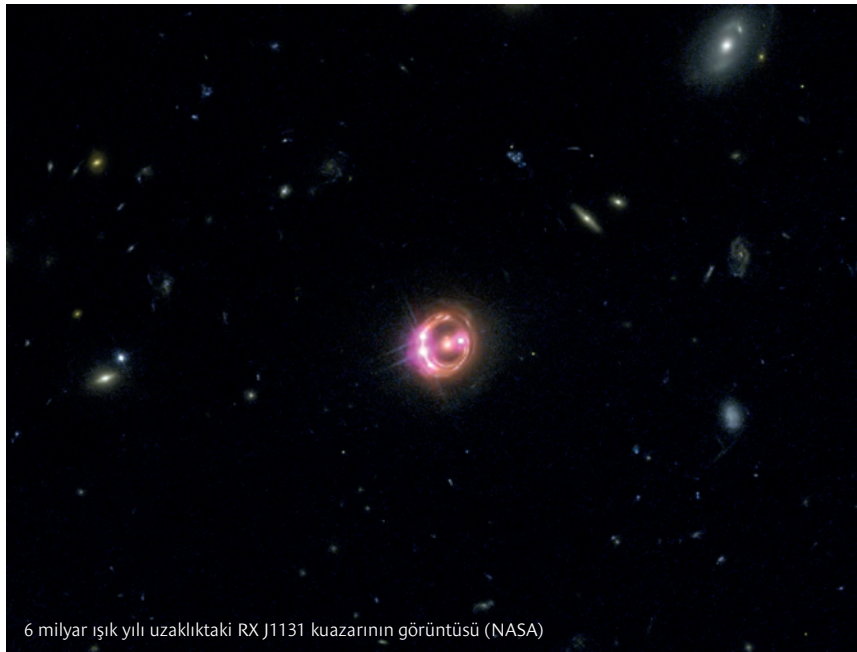
## Uzağa ve Geçmişe Bakmak!

Akşamları gökyüzünü seyretmek, yıldızların, Ay'ın, gezegenlerin ve diğer gök cisimlerinin sunduğu gösteriye şahit olmak insanlığa yüz yıllardır keyif veriyor. Gök kubbede ilk bakışta gök cisimlerinin iki boyutlu iz düşüm görüntüsünü algılıyor olsak da aslında burası dört boyutlu bir sahnedir. Bunun farkına varmak ve sunulan gösteriyi bu anlamda izlemek alınan hazı çok daha fazla artırır.

Gök kubbedeki gösterimde kendimize yer bulursak, bu esnada çok çok uzaklara ve bir o kadar da geçmişe

sürükleneceğimizi biliyor muydunuz? Ne kadar uzağı ve geçmişi görebiliyoruz? Öncelikle uzaklık kavramına odaklanalım.

Gündüz, çıplak gözle, açık bir havada önünüzde bir engel yoksa onlarca kilometre uzağı görmeniz mümkündür. Çok yüksek bir dağın tepesine çıkarsanız (Himalaya zirveleri gibi), göreceğiniz uzaklık birkaç yüz kilometreye kadar çıkabilir. Hâlbuki başınızı kaldırıp ısı ve ışık kaynağımız Güneş'e bakarsanız yaklaşık 150 milyon km uzaktaki bir cismi görebilirsiniz. Peki daha uzakları görebilir miyiz? Gece gökyüzüne baktığımızda çok büyük uzaklıklardaki gök cisimlerini çıplak gözle gözleyebiliyoruz. Yüzlerce kilometre uzaklıkta hareket eden yapay uyduları (Uluslararası Uzay İstasyonu, Iridium uydular vb.), (15 Kasım 2020'de) 768 milyon km uzaklıktaki Jüpiter'i ve 1,49 milyar kilometre uzaklıktaki Satürn'ü görebiliyoruz. Aslında çıplak gözle çok daha uzaklardan da ışık alabiliyoruz. Kutup Yıldızı'na baktığımızda 432 ışık yılı (1 ışık yılı yaklaşık 9 trilyon km), Kuğu Takımyıldızı'nın en parlak yıldızı Deneb'e baktığımızda 1500 ışık yılı uzaklıktan gelen ışığı gözlüyoruz. Bu örnekler, çıplak gözle görebildiğimiz uzaklıkları gösteriyor. Teleskopları kullandığımız zaman ise, ışık toplayan yüzeyin büyüklüğüne bağlı olarak, milyonlarca hatta milyarlarca ışık yılı uzaktaki cisimlerin görüntülerini almak mümkün hâle geliyor. Optik teknolojinin gelişmesi, alıcı kamera hassasiyetlerinin artması ve uydu teleskopların etkin kullanımıyla gün geçtikçe daha da uzaklara bakabiliyoruz.



6 milyar ışık yılı uzaklıktaki RX J1131 kuazarının görüntüsü (NASA)

Gökyüzünü izlemek ve gözlem yapmak bizi sadece uzaklara değil aynı zamanda geçmişe de götürüyor. Şimdi gelin, "Gözlem yaparak ne ka-





dar geçmişe gidebiliriz?” sorusuna cevap vermeye çalışalım. Buna, gök kubede gözleyebileceğimiz en uzak nesne bizi en uzak geçmişe götürür şeklinde cevap verebiliriz. Ama biz yine de daha basitten ve yakından başlayalım. Elimizi yüzümüzden 15 cm uzakta tutarsak onun saniyenin milyarda biri önceki hâlini görürüz çünkü ışığın sonlu bir hızı var (boşlukta yaklaşık saniyede 300.000 km) ve gözümüze ulaşması zaman alıyor. Bu bilgiyi ışık alabildiğimiz farklı uzaklıklardaki gök cisimleri için kullanırsak aynı anda çok farklı geçmişleri görüyor veya geçmiş görüntülere şahitlik etmiş oluyoruz anlamına gelir. Doğal uydumuz Ay 1,3 ışık saniye, Güneş 8,3 ışık dakika ve Güneş Sistemi dışındaki en yakın yıldız Proxima Centauri 4,24 ışık yılı uzağımızda. Kozmik ölçekte yakın diyebileceğimiz cisimler bile bizi geçmişe yolculuğa çıkarmaya başladı.

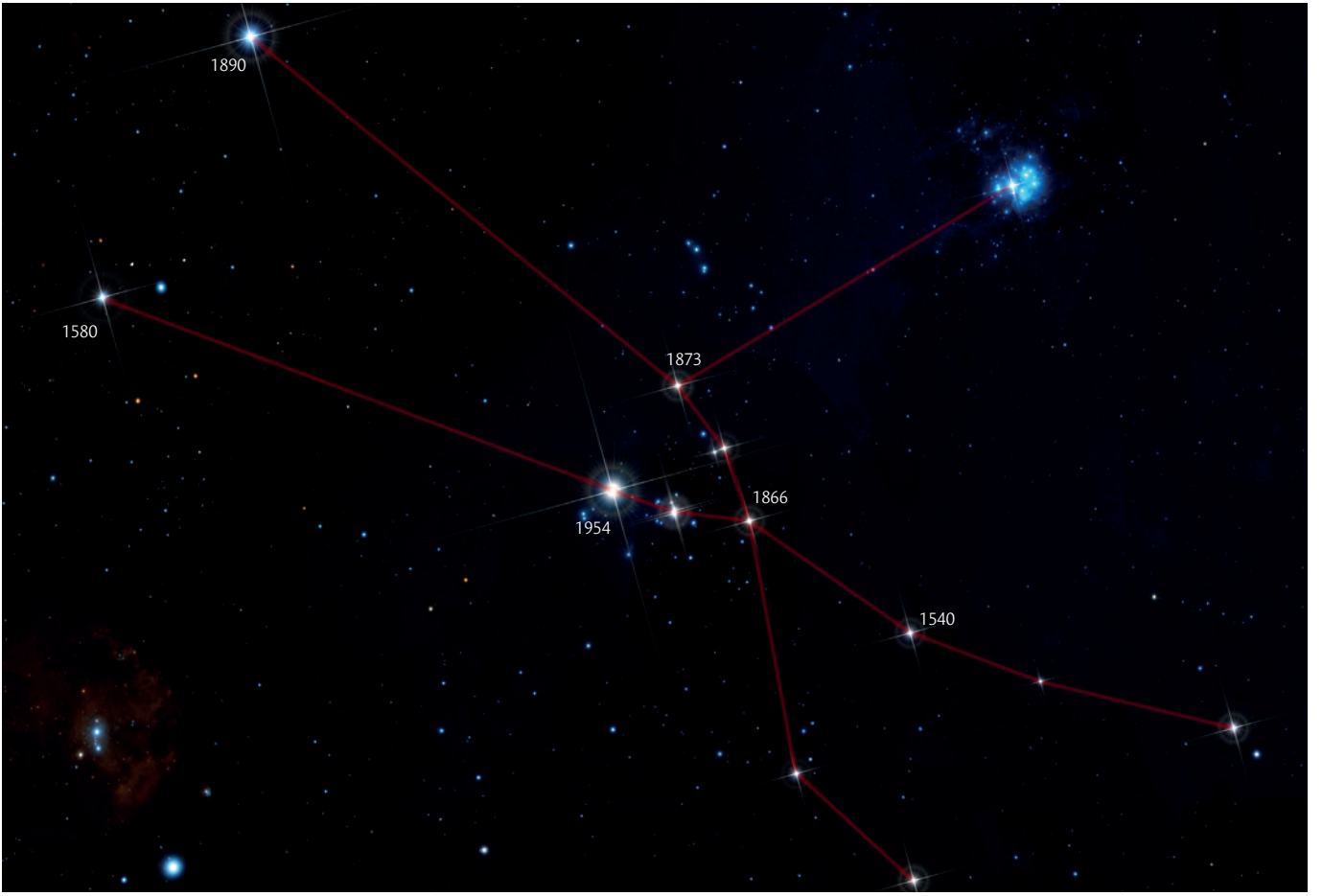
Geçmişini yakından uzağa dilimlere böldüğümüzde seyahat ettiğimiz aralığın farkına varmak kolaylaşır. Bize uzaklıkları birkaç on milyon km olan yakın gezegenler Venüs ve Mars dakikalar-

ca önceki görüntülerini sergilerler. 15 Kasım’da Dünya’ya olan uzaklığı yaklaşık 80,5 milyon km olacak Mars’ın ışığının bize ulaşması yaklaşık 4,5 dakika sürecek. Buna ek olarak, Dünya-Mars uzaklığının sürekli değiştiği dikkate alınırca Mars üzerinde araştırma yapan araçların (örneğin *Curiosity*) bu uzaklık zaman farkından ötürü kontrol edilmesinin ne kadar zor olduğu anlaşılabilir. Biraz daha uzakta olan Satürn’den gelen ışığın bize ulaşması ise bir saatten daha uzun sürüyor.

Gök kubbede gördüğümüz çok sayıda yıldız, Gökadamız içinde, çok farklı uzaklıklarda yer alıyor. Güneş’ten sonra bize en yakın yıldız olan Proxima Centauri’nin bile ışığının 4 yıldan fazla sürede bize ulaştığı bilgisi, yıldızların bizden ve birbirlerinden ne kadar büyük uzaklıklarda dağılım gösterdiklerini ortaya koyuyor. Örneğin, gökyüzünün en parlak görünen yıldızlarından olan Sirius’un bize ulaşan ışığı ondan yaklaşık 8,6 yıl önce yola çıktı. Küçük Köpek Takımyıldızı’nın en parlak yıldızı Procyon’un ise 2009 yılındaki hâlini

görüyoruz ki ışığı yola çıktığında verileri kullanılarak binlerce ötegezegen keşfi yapılan NASA’nın *Kepler* uydusu uzaya yeni gönderilmişti. Acaba şimdi gördüğümüz hangi yıldızın ışığı siz doğduğunuzda bize doğru yola çıkmıştı?

Andromeda Takımyıldızı’nın en parlak yıldızı olan Alpheratz’ın (97 ışık yılı uzaklıkta) şu anda gördüğümüz görüntüsü Cumhuriyetimizin kuruluş yılında yola çıkmıştı. Avcı Takımyıldızı’ndaki Saiph yıldızının (uzaklığı 720 ışık yılı) şu anda aldığımız görüntüsü ise onun Osmanlı İmparatorluğu’nun kuruluş yıllarındaki hâline karşılık geliyor. Yaşamının son anlarında olan, Avcı Takımyıldızı’ndaki kırmızı süper dev Betelgeuse, bizden yaklaşık 640 ışık yılı uzaklıkta ve eğer hemen şimdi bir süpernova patlaması geçirirse biz bunu ancak 640 yıl sonra gözleyebileceğiz. Yine çıplak gözle görebildiğimiz yıldızlardan Deneb ile 1500 yıl, V760 Cas ile ise 16.300 yıl geçmişe bakmış oluyoruz. Çıplak gözle görebildiğimiz Andromeda Gökadası’na baktığımızda ise onun 2,5 milyon yıl önceki hâlini görürüz.



Takımyıldızları oluşturan yıldızlar, genellikle birbirinden çok farklı uzaklıklardadır. Dolayısıyla bir takımyıldıza baktığımızda, her bir yıldızın, farklı bir andaki görüntüsüyle karşılarız. Boğa Takımyıldızı'ndaki parlak yıldızların şu anda aldığımız görüntüleri aslında onların yıllar önceki görüntülerine karşılık geliyor.

Bu bakış açısını teleskoplarla yaptığımız gözlemlere taşıdığımızda çok daha uzak geçmişe gitmek mümkün oluyor. Bu nedenle, teleskoplara “zaman makinesi” de deniyor. Teleskoplarla milyon hatta milyarlarca ışık yılı uzaktaki gök cisimlerini görebiliyoruz. 20 cm çaplı bir teleskopla, merkezinde süper kütleli bir kara delik bulunan 3C 273 kuazarını görebiliyoruz. Bu kuazar, gözümüzün görebildiğinden yaklaşık 1000 kat daha sönük ve yaklaşık 2,5 milyar ışık yılı uzaklıkta. Başka bir deyişle, bakınca 2,5 milyar yıl önceki hâlini görüyoruz. APM 08279+5255 kuazarını ise 1,5 metre çaplı teleskopla gözlediğimizde 12 milyar yıl geçmişe bakıyoruz. Bu arada evrenin yaşının 13,8 milyar yıl ol-

duğunu hatırlayalım. Peki, gökbilimciler teleskoplarla yapılan gözlemler sayesinde evrenin başlangıç anına ne kadar yaklaşabiliyorlar? 2016 yılında, *Hubble Uzay Teleskobu* evrenin yaşı henüz yaklaşık 400 milyon yıl iken ışığı yola çıkan GN-z11 gökadasının (Gökadamızdan 25 kat daha küçük, genç bir gökada) görüntüsünü almayı başardı. Bu gözlemlerle yaklaşık 13,4 milyar yıl geçmişe bakmış olduk. Evrenin ilk gökadalara nasıl oluştuğunu anlayabilmek için daha da geçmişe gitmek gerekiyor. 2021 yılında gönderilmesi planlanan *James Webb Uzay Teleskobu* ise evren henüz 200-250 milyon yaşında iken yeni oluşan/oluşmuş bazı gökadalara görüntülerini almaya çalışacak.

Gökbilimciler, teknolojinin de ilerlemesiyle, evrenin erken dönemlerini görecektir kadar uzağa ve geçmişe bakabiliyor. Bizler de gökyüzüne baktığımızda farklı uzaklıklara ve geçmişlere aynı anda baktığımızı düşünelim; gökyüzü gözlemi yaparken, uzayda ve zamanda yolculuk yaptığımızı unutmayalım!

#### Kaynaklar

<https://spaceplace.nasa.gov/review/dr-marc-technology/hubble.html>

<https://skyandtelescope.org/observing/new-interactive-constellation-guide-takes-you-back-in-time/>

<https://www.smithsonianmag.com/science-nature/if-telescopes-are-time-machines-jwst-will-take-us-furthest-back-yet-180959710/>

<https://theconversation.com/when-you-look-up-how-far-back-in-time-do-you-see-101176>



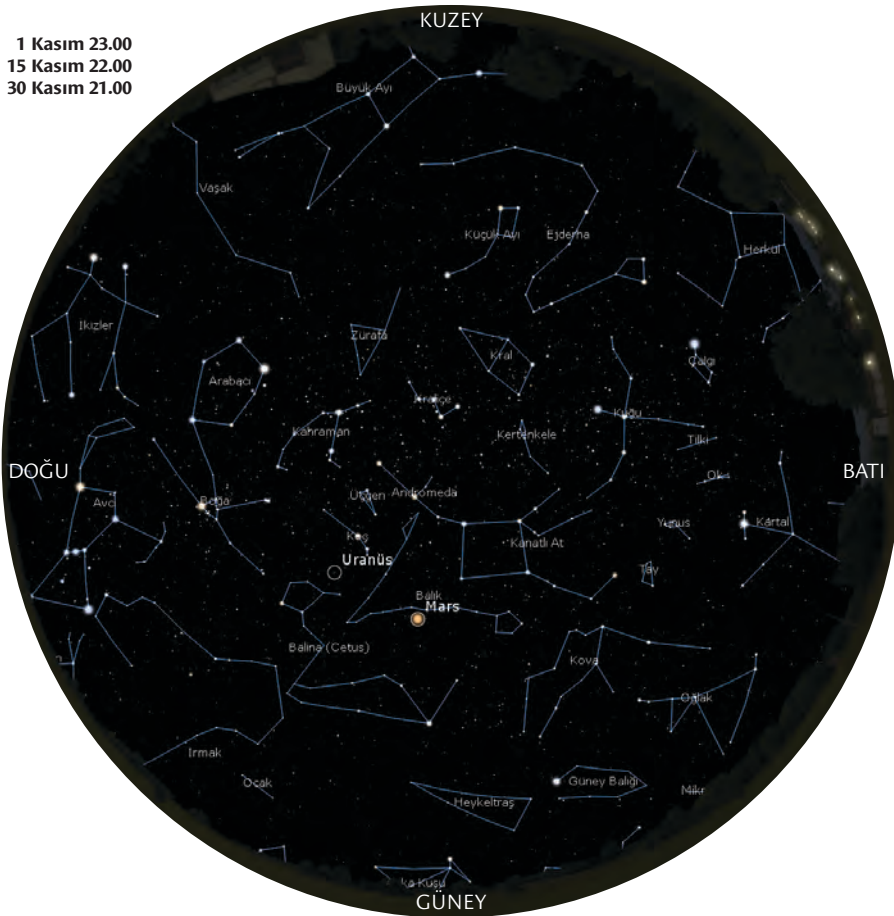
## Ayın Önemli Gök Olayları

|                 |                                                             |
|-----------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>10 Kasım</b> | Merkür en büyük batı uzanımında (19°)                       |
| <b>13 Kasım</b> | Merkür, Venüs ve Ay birbirlerine yakın konumlarda           |
| <b>14 Kasım</b> | Ay Dünya'ya en yakın konumunda (357.840 km)                 |
| <b>15 Kasım</b> | Merkür, Venüs ve Spika birbirlerine yakın konumlarda        |
| <b>19 Kasım</b> | Satürn, Jüpiter, Plüton ve Ay birbirlerine yakın konumlarda |
| <b>23 Kasım</b> | Neptün ve Ay birbirine yakın konumda                        |
| <b>25 Kasım</b> | Mars ve Ay birbirine yakın konumda                          |
| <b>27 Kasım</b> | Ay Dünya'ya en uzak konumunda (405.480 km)                  |
| <b>27 Kasım</b> | Uranüs ve Ay birbirine yakın konumda                        |



19 Kasım gün batımı sonrası güney güneybatı ufku

1 Kasım 23.00  
15 Kasım 22.00  
30 Kasım 21.00



## Gezegenerler

**Merkür:** Sabah gökyüzüne geçecek gezegen ayın ortalarına kadar gün doğumundan önce kısa sürelerle doğu ufkunda görülecek. Yine de gözlenebilmesi için temiz bir ufuk ve yüksek bir gözlem yeri gerekecek. Gezegenin gökyüzündeki konumu giderek Güneş'e yaklaşacağından ay sonuna doğru gözlenmesi mümkün olmayacak.

**Venus:** Gökyüzünde konum olarak Güneş'e yaklaşımaya başlayacak gezegen yeterince uzun süreyle gün doğumundan önce doğu gökyüzünde kalacak. Ayın

13'ünde Merkür ve Ay ile güzel bir yakınlaşması olacak ve gezegenin gözlem süresi ayın sonunda iki saatin altına inecek.

**Mars:** Gün batımında doğudan yükselmiş olacak gezegen tüm gece gökyüzünde kalacak. Ayın 25'inde Ay ile yakın görünecek ve gezegenin parlaklığı günler ilerledikçe yavaş yavaş azalacak.

**Jüpiter:** Gün batımında gökyüzünün batı bölgesinde görülecek gezegenin parlaklığı da giderek hafifçe azalacak. Ayın başlarında yaklaşık üç saat olan

gözlem süresi ayın sonlarına doğru azalarak gün batımından sonra iki saate kadar düşecek.

**Satürn:** Ay boyunca gökyüzünde batıya doğru hareketini sürdürecektir. Gezeğinin gözlem süresi de kısalmaktadır. Parlaklığı hafifçe azalmaya devam edecek ve ayın sonlarına doğru günbatımından sonra yaklaşık iki saat süreyle gökyüzünün batısında parlak Jüpiter ile birlikte gözlemlenebilecektir.

# Düşünme Kulesi

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

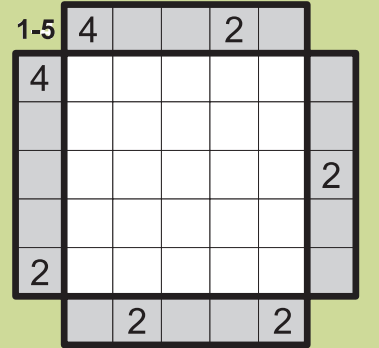
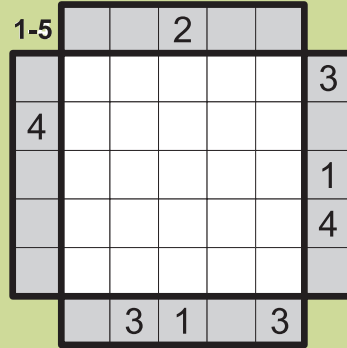
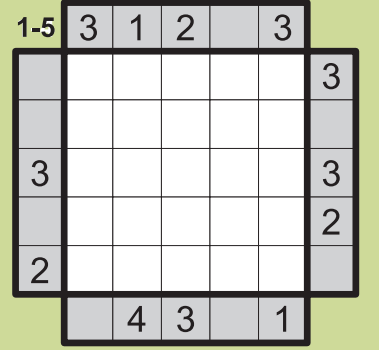
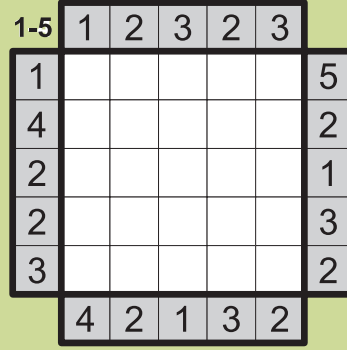
## Ayın Oyunu: Apartmanlar

### Apartmanlar Oyununun Kuralları

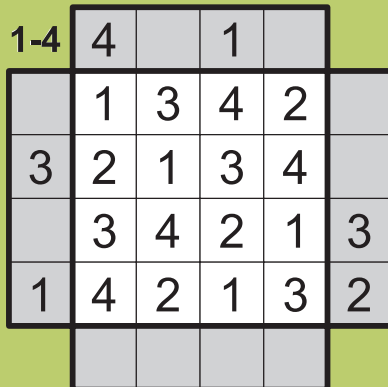
Her bir satır ve sütunda, verilen aralıktaki rakamlar tam olarak bir kez yer alacak şekilde diyagramı doldurun.

Her bir rakam, yüksekliği o rakam kadar olan bir apartmanı temsil etmektedir.

Diyagramın dışındaki sayılar, o yönden bakıldığında daha yüksek apartmanlarca gizlenmeyip görülebilen apartman sayısını vermektedir.



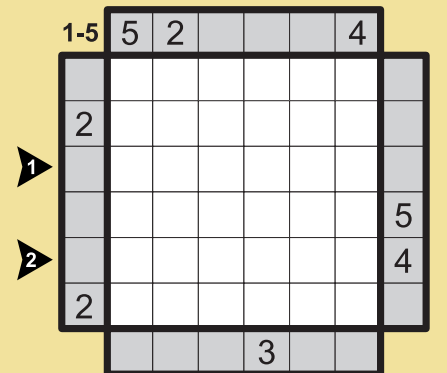
### Apartmanlar - Örnek Çözüm



### Ödüllü soru

▼ Apartmanlar sorusunu çözüp ok doğrultusundaki içeriği yazarak, ad, soyad ve adres 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 *Mikroskop Hakkında Her Şey* başlıklı kitap hediye edilecek. Çekiliş sonuçları dergimizin facebook ve twitter hesaplarından önümüzdeki ayın ilk haftasında duyurulacak. Geçen ayın ödüllü Matraks sorusunu doğru yanıtlayan ve kitap ödülü kazanan okurlarımızın listesi facebook ve twitter hesaplarımız üzerinden duyuruldu.

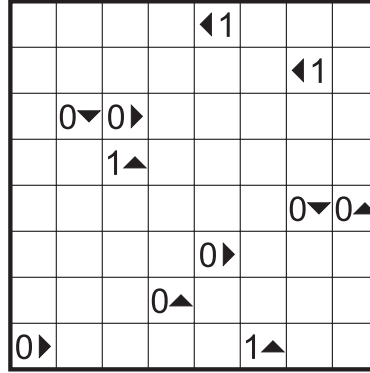
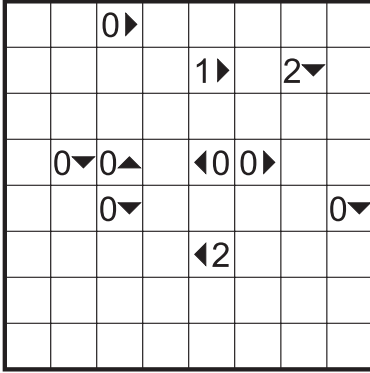
[www.bilimteknik.tubitak.gov.tr](http://www.bilimteknik.tubitak.gov.tr)



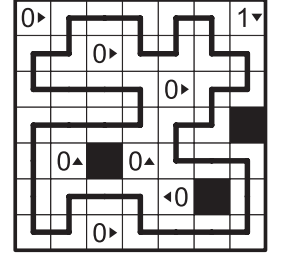
Ok doğrultusundaki içeriği yazın.  
Örnek çözümün ilk satırı 1342 şeklinde yazılmalıdır.



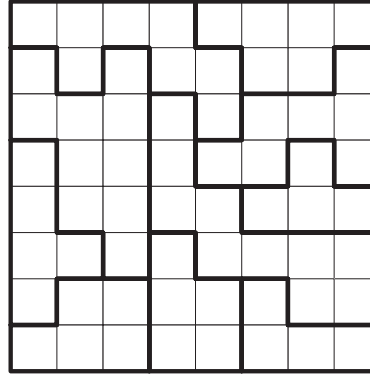
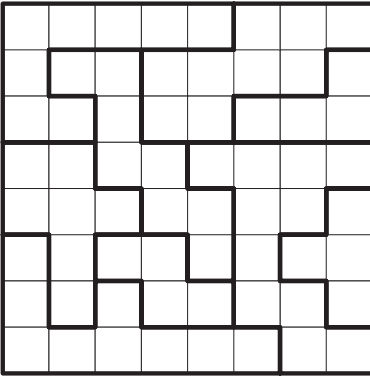
**Yajilin:** Bazı hücreler karalanacak ve kalan tüm hücrelerden, kendisini kesmeyen tek bir kapalı yol geçirilecektir. Diyagramdaki rakamlar ilgili doğrultuda kaç hücrenin karalanacağını göstermektedir. Karalanmış hücreler birbirine kenardan değemez. Rakam bulunan hücrelerden yol geçemez.



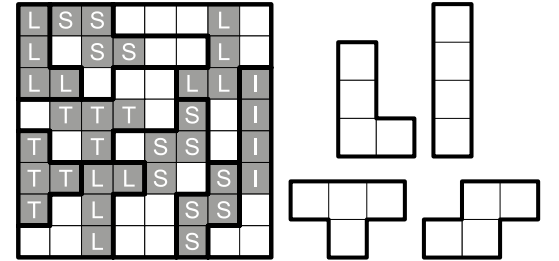
**Yajilin**  
Örnek Çözüm



**Lits:** Her bölgede bir tetromino şekli olacak şekilde dört hücreyi karalayın. Tetrominolar döndürülebilir ve/veya ters çevrilebilir. Tüm karalı hücreler birbiriyle kenardan bağlantılı olmalı ve diyagramın hiçbir yerinde 2x2 karalı hücre bulunmamalıdır. Aynı tetrominolar birbirine kenardan komşu olamaz ancak çaprazdan değebilirler.



**Lits**  
Örnek Çözüm

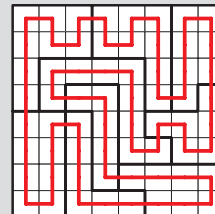
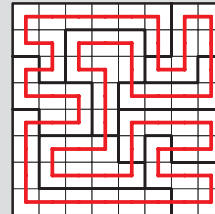


## Geçen Sayının Çözümleri

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 2 | 4 | 5 |
| 2 | 1 | 4 | 5 | 3 |
| 4 | 2 | 5 | 3 | 1 |
| 5 | 4 | 3 | 1 | 2 |
| 3 | 5 | 1 | 2 | 4 |

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 4 | 3 | 5 | 2 |
| 2 | 5 | 1 | 3 | 4 |
| 3 | 2 | 5 | 4 | 1 |
| 5 | 1 | 4 | 2 | 3 |
| 4 | 3 | 2 | 1 | 5 |

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 5 | 1 | 2 | 4 | 3 |
| 1 | 3 | 6 | 5 | 2 | 4 |
| 5 | 2 | 4 | 6 | 3 | 1 |
| 4 | 1 | 5 | 3 | 6 | 2 |
| 2 | 4 | 3 | 1 | 5 | 6 |
| 3 | 6 | 2 | 4 | 1 | 5 |



**Ödüllü Soru:**  
**Matraks**

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 4 | 1 | 2 | 3 | 5 |
| 1 | 3 | 4 | 5 | 2 |
| 2 | 4 | 5 | 1 | 3 |
| 5 | 2 | 3 | 4 | 1 |
| 3 | 5 | 1 | 2 | 4 |

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 4 | 5 | 3 |
| 3 | 4 | 5 | 1 | 2 |
| 5 | 3 | 2 | 4 | 1 |
| 2 | 5 | 1 | 3 | 4 |
| 4 | 1 | 3 | 2 | 5 |

**Matraks**

**Giriş Çıkış**

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
|   | 3 | 3 |   |   | 1 |
|   |   |   | 3 |   | 3 |
| 2 |   | 3 |   |   |   |
|   |   |   |   | 6 | 5 |
|   | 5 |   | 2 | 2 |   |
| 1 |   |   | 1 | 2 | 3 |

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
|   | 3 | 2 |   |   | 2 |
|   | 3 | 3 |   |   | 2 |
| 1 | 2 | 6 |   | 3 |   |
|   |   |   | 5 |   | 5 |
|   | 4 |   |   | 2 | 1 |
|   |   |   | 3 | 1 | 4 |

**Tapa**

# Satranç

Kıvanç Çefle [ btsatranc@tubitak.gov.tr

## FIDE Sekizinci Dünya Kompozisyon Kupası

Dünya Satranç Federasyonu (FIDE, Fédération Internationale des Échecs) tarafından “satranç kompozisyon sanatını geliştirmek, yaygınlaştırmak ve satranç kültürünün bir parçası hâline getirmek” amacıyla düzenlenen yarışmanın sonuçları geçtiğimiz günlerde açıklandı. Yarışmaya 37 ülkeden 225 kompozitör toplamda 370 kurguyla katıldı. Kompozisyon alanında yılın belki de en önemli olayında en seçkin kompozitörler, en iddialı yapıtlarıyla yer aldılar; hâliyle sonuçlar merakla bekleniyordu. Birinciliği iki hamlelikler alanında Mihailo Stojnic (Sırbistan), üç hamlelikler alanında Alexander Kuzovkov (Rusya Federasyonu), daha uzun problemlerde yine Alexander Kuzovkov ve etüt alanında da Darko Hlebec (Sırbistan) kazandı. Bu kompozitörlere 500 avro para ödülü, kupa, sertifika ve madalya verilecek. Kupada yardımcı mat, ters mat (selfmate), deneysel problemler (fairy chess) ve retrograd analiz alanlarında da

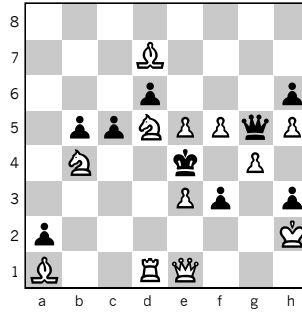
ödül verildiğini belirtelim. Onları da başka bir yazımızda ele alırız.

Biz bu yazımızda yukarıda adı geçen kompozitörlerin birincilik kazanan yapıtlarına yer vereceğiz.

### Diyagram 1

Mihailo Stojnic

Birincilik ödülü - Altın madalya



Beyaz oynar , iki hamlede mat eder.

Günümüzde kurulan iki hamlelik mat problemleri hemen daima birkaç “evreden” oluşuyor. Evre sözcüğü ile hazır matlar, deneme hamleleri ve anahtar hamleden sonraki oyun (yani çözüm) kastedilir. Evreler irdelenmeden çağdaş iki hamlelik problemlerin

tadına varılması zordur. O nedenle biz de önce hazır matlara bakalım:

1...V~/Vg8(a) 2. A(x)f6 mat(A);  
1...Vf4+(b) 2. exf4 mat;  
1...Vxg4(c) 2. Af6 mat (A);  
1...Vxe3(d) 2. Vxe3 mat;  
1...dxe5(e) 2. Ac3 mat (B);  
1...f2(f) 2. Vh1 mat;  
1...cxb4(g) 2. Vxb4 mat.

Denemeler: 1. Fc6? [tehdit 2. Af6 mat (A)] 1...Vxe3(d) 2. Vxe3 mat. Ancak 1...Vxg4(c)! var. Eğer 1. Ac6? [tehdit 2. Ac3 mat (B)] 1...f2(f) 2. Vh1 mat. Ancak 1...b4! tehdidi önler.

Anahtar: **1. Vg3!** (bekleme hamlesi)

**1...V~/Vg8(a) 2. Vf4 mat;**  
**1...Vf4(b) 2. Vxf4 mat;**  
**1...Vxg4(c) 2. Vxg4 mat;**  
**1...Vxe3(d) 2. Af6(A) mat [Ac3 (B)?];**  
**1...dxe5(e) 2. Ve5 mat;**  
**1...f2(f) 2. Ac3 mat(B) [Af6(A)?];**  
**1...cxb4(g) 2. Kd4 mat.**





Bu karmaşık problemde Rukhlis ve Dombrovskis temaları kullanılmış. Rukhlis temasının tanımı şöyle: Hazır oyunda ya da deneme hamlelerinde siyahın en az iki hamlesine karşı beyazın oynadığı mat hamleleri, anahtar hamle sonrasında siyahın *farklı* hamlelerinden sonra görülür. Başlangıçtaki hamlelere ise beyaz farklı matlarla cevap verir. Bizim problemimizde hazır oyunda siyahın (a), (c) ve (e) hamlelerine beyaz (sırasıyla) (A), (A) ve (B) hamleleriyle cevap veriyor. Anahtar hamleden sonra ise (A) ve (B) hamlelerinin bu kez (d) ve (f) hamlelerine karşı oynandığını görüyoruz. Hazır oyundaki (a), (c) ve (e) hamlelerine ise beyaz farklı hamlelerle cevap veriyor.

Dombrovskis temasına gelince... Onun tanımı da şöyle: Bir "X" deneme hamlesi ile yapılan "A" tehdidini siyah bir "a" hamlesi ile önler. Çözümde, beyaz "Y" anahtar hamlesi ile bir "B" tehdidi yapar, siyah "a" hamlesi ile bu tehdidi önlese de bu kez beyazın "A" hamlesi sahneye çıkar ve beyaz bu hamleyle mat eder. Ayrıca, bu olgunun

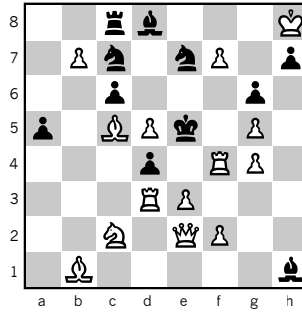
en az iki varyantta görülmesi gerekir. Bütün bunların bizim problemimizdeki karşılığı ne? Deneme hamlesi 1. Fc6? ile 2. Af6 mat tehdidi yapılıyor. Siyah 1...Vxe3 ile bu tehdidi önüyor. Anahtar hamle 1. Vg3! herhangi bir şey tehdit etmiyor. Yine de, 1...Vxe3 2. Af6 mat Dombrovskis kalıbına uyuyor. Aynı özelliklerin 1. Ac6? deneme hamlesi için de geçerli olduğunu lütfen kontrol edin...

Bu temalar Litvanyalı kompozitör Alfred Dombrovskis (1923-2000) ve Ukrayna'da doğup İsrail'de ölen Efim Naumoviç Rukhlis (1925-2006) tarafından tasarlandı. Her ikisinin de özellikle 1960'lı yıllarda iki hamlelik problemlerde devrim etkisi yarattığı kabul edilir.

Gelelim ikinci örneğimize...

### Diyagram 2

Alexander Kuzovkov  
Birincilik ödülü - Altın madalya



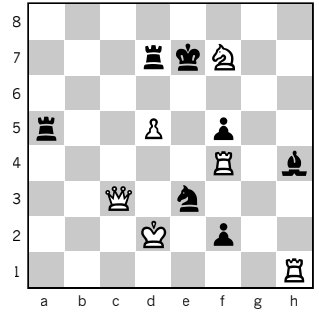
Beyaz oynar, üç hamlede mat eder.

- 1. f8=A!** (tehdit: 2. Ad7+ Şxd5 Fa2 mat)
- a) 1...cxd5 2. Axd4! ve 3. Ad7 mat;**
- b) 1...Acxd5 2. exd4+! Şxf4 3. Ae6 mat;**
- c) 1...Aexd5 2. Fxd4+! Şd6 3. bxc8=A mat;**
- d) 1...Şxd5 Kdxd4+! Şe5/Şxc5 3. Fd6/Ad7 mat;**
- e) 1...Fxd5 2. Kfxd4! ve 3. f4 mat.**

Bu problemde tematik bütünlüğü ne sağlıyor? Beş varyantta da siyahın bütün savunma hamleleri d5 karesi üzerine oynanmış. Buna karşılık beyazın verdiği tüm yanıtlar ise d4 karesi üzerine! Her seferinde beyazı farklı bir hamle oynamaya zorlayan mekanizmayı incelemenizi öneririz. Üç hamlelik olmasına rağmen, kavranması bir önceki iki hamlelik örneğimize göre daha kolay olan bir problem!

### Diyagram 3

Darko Hlebec  
Birincilik ödülü - Altın madalya



Hamle siyahta, beyaz kazanır.

Bazı etütlerde oyuna siyahlar başlayabilir. Bu da onlardan biri. Beyazın çok açık bir maddi üstünlüğü olmakla birlikte f2'ye kadar ilerlemiş piyon siyaha taktik karışıklıklar çıkarma fırsatı veriyor:

#### 1...f1=A+!

1...f1=V? 2. Vxe3+ ve kazanır.

#### 2. Khxf1!

2. Kxf1? Axf1+ ve beraberlik.

2...Axf1+ 3. Şe2!

3. Kxf1? Raxd5 ya da Rdx d5 ve beraberlik.

#### 3...Kaxd5 4.Ae5!

4. Kxh4? Ag3+ 5. Vxg3 Kd2+ ve beraberlik.

#### 4...Ag3+

#### 5. Şf3 Ff6

## 6. Vb4+! K7d6

### 7. Vb7+

7. Ac4? Fc3 8. Va3 Kd3+ 9. Şg2 Fe5! ve beraberlik.

### 7...Şe6

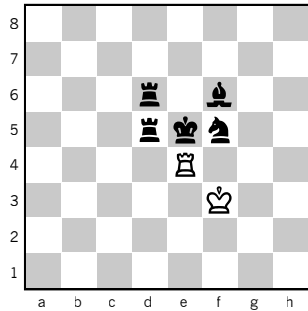
### 8. Vc8+ Şxe5

### 9. Vxf5+!! Axf5

### 10. Ke4 mat!

Baştanbaşa taktik mücadeleyle geçen ve beklenmedik bir mat pozisyonuyla (Diyagram 4) biten bir etüt. Başlangıçta dağınık hâlde duran siyah taşların kendi şahlarının kaçışını engelleyecek karelere konumlanmak zorunda kalması gerçekten etkileyici.

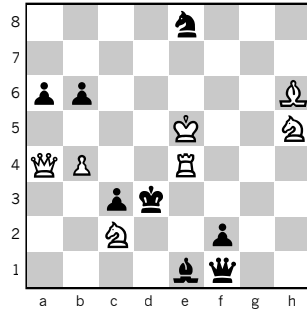
Diyagram 4



## Ayın Soruları

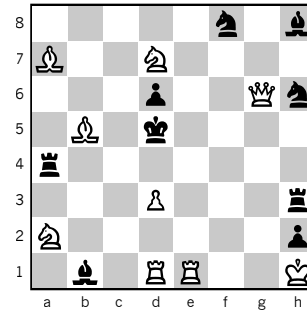
Sizin çözmeniz için iki hamlelik iki problem sunuyoruz. Biri Rukhlis, diğeri Dombrovskis tarafından kurulmuş ve her iki kompozitör de bu problemlerde kendi isimleriyle anılan temaları kullanmış. Dolayısıyla hangi problemin kimin tarafından kurulduğunu da siz bulacaksınız!

Diyagram 5



Beyaz oynar, iki hamlede mat eder.

Diyagram 6



Beyaz oynar, iki hamlede mat eder.

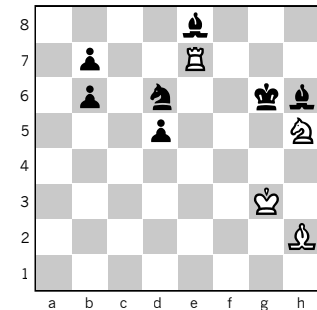
\*\*\*

## Geçen Ay Sorulan Problemlerin Çözümleri

Diyagram 7

Jan Timman, 1984

Herbstman Anı Turnuvası, Dördüncü Şeref Mansiyonu



Beyaz oynar ve kazanır.

Beyazın bir kalite üstünlüğü var ancak bu kazanmak için yeterli değil. Yaratıcı hamleler oynaması gerekiyor. Öncelikle siyah şah tarafından tehdit edilen atıyla ilgilenmeli:

### 1. Şg4

Atı koruyor. Aynı zamanda

2. Fxd6 ile tehdit ediyor.

### 1...Ff7! 2. Fxd6 Ff8 3.

### Af4+

2. Kd7? Fe6+

### 3...Şf6

Beyaz kale tuzağa düşmüş gibi görünüyor. Beyazın kazanma ümitleri suya düşmüş olabilir mi?

### 4. Fb4!!

Bu sürpriz hamle kaleyi dolaylı olarak koruyor: 4... Fxe7 5. Fc3 mat! 4. Fa3 yanlış olurdu çünkü siyah 4...d4! ile beyaz için çok önemli olan uzun çaprazı kapatırdı.

### 4...b5!

Şimdi 4...d4 mümkün değil çünkü 5. Kxb7 Fxb4 6. Kxb6+ ile beyaz kazanır.

### 5. Fc5! b6 6. Fa3!

Son bir incelik. Beyaz daha önce bu hamleyi oynayamıyordu ama bu artık mümkün. Şimdi 7. Ka7 ile kaleyi açmazdan kurtarabilir.

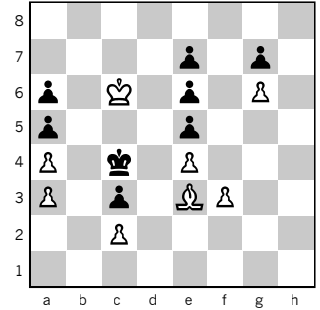
## 6...b4 7. Fxb4 Fxe7 8. Fc3 mat!

Beyaz kalenin uzun süre açmazda kaldığı güzel bir etüt.

Diyagram 8

Wilfried Neef

Rimkus 75. Yaş Turnuvası, 2017 Birincilik Ödülü



Beyaz oynar, 11 hamlede mat eder.

Beyazın planı 1. Fa7 2. Şb6 Şd4 3. Şxa6+ Şc4 4. Şb6 Şd4 5. Şb5 mat. Ancak hemen 1. Fa7 oynarsa oyun pat olur. O hâlde:

### 1.Fc1 Şd4 2.Fg5 Şc4

### 3.Fxe7 Şd4 4.Fg5 Şc4

### 5.Fd8 Şd4 6.Fb6+ Şc4

### 7.Fxa5 Şd4 8.Fb6+ Şc4

### 9.Fa7!

Ön manevra ile a5 piyonu alınmış olduğundan bu hamle şimdi mümkün. Siyah pat kozunu oynayamaz:

### 9...a5 10.Şb6 Şd4 11.Şb5 mat.



Alfred Dombrovskis (1923-2000)



Efim Naumoviç Rukhlis (1925-2006)



## Ayın Sorusu

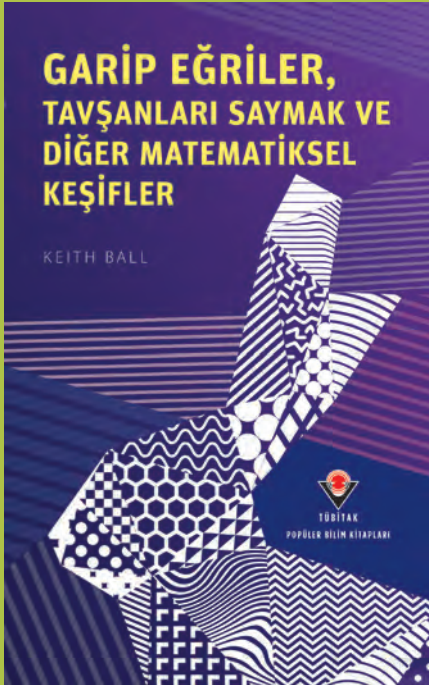
Prof. Dr. Azer Kerimov [ bteknik@tubitak.gov.tr

Bilkent Üniversitesi Fen Fakültesi  
Matematik Bölümü

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

Bu ay:

**Garip Eğriler, Tavşanları Saymak ve Diğer Matematiksel Keşifler**



Çözümü ile birlikte gönderilmeyen cevaplar değerlendirmeye alınmayacaktır.

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

## Akşam Yemeği Sayısı



(Matematik)

55 cücenin yaşadığı çiftliğe yerleşen, Keloğlan bir davet dizisi düzenleyerek her akşam iki cüceyi akşam yemeğine davet ediyor. Keloğlan aynı cüce çiftini en fazla bir kez akşam yemeğine çağırıyor.

Akşam yemekleri dizisi bittikten sonra Keloğlan aynı sayıda akşam yemeğine katılmış herhangi iki cücenin hiçbir akşam yemeğine birlikte katılmadığını fark ediyor.

Buna göre, Keloğlanın düzenlediği akşam yemeği sayısının alabileceği değer en fazla kaç olabilir?



# Zekâ Oyunları

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

## Göz Aldanması

Üç boyutlu olarak üretilmesi olanaksız bir çizim.



## Soru İşareti

Soru işaretinin yerine hangi sayı gelecek?

|   |    |    |
|---|----|----|
| 6 | 24 | 8  |
| 3 | 18 | 12 |
| 5 | 10 | 4  |
| 7 | 21 | 6  |
| 4 | ?  | 10 |

## Madeni Paralar

Cüzdanınızda toplamı 346 kuruş eden altı çeşit madeni para var. Her çeşitten en az bir tane olmak üzere farklı sayıda bulunduğuna göre paraların dağılımını bulunuz. (Madeni paralarımız: 1 kuruş, 5 kuruş, 10 kuruş, 25 kuruş, 50 kuruş ve 1 TL.)



## Dört Basamaklı Sayı

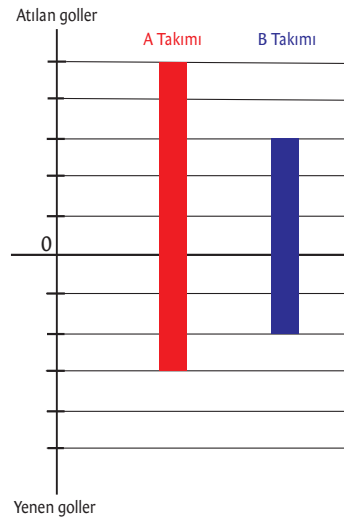
Rakamları birbirinden ve sıfırdan farklı dört basamaklı bir sayının ilk ve son rakamlarının çarpımı ortadaki iki rakamın oluşturduğu sayıyı vermektedir.

Bu özelliğe sahip en küçük ve en büyük sayıları bulunuz.

## Üçlü Turnuva

A, B ve C adlı üç futbol takımının birbirleriyle birer kez oynadığı bir turnuva düzenlenmiştir.

A ve B takımlarının attığı ve yediği golleri gösteren grafik şekilde verilmiştir. A takımını gösteren çubuğun uzunluğu 8 birimdir. B takımı C'yi 2-0 yendiğine göre grafikte eksik olan C takımına ait çubuğun uzunluğu kaç birim olmalıdır?



## Sekiz Top

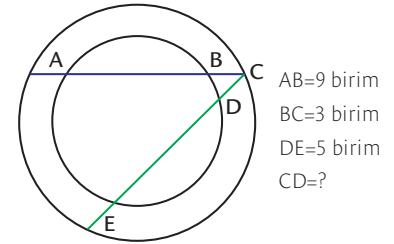
4 kırmızı ve 4 siyah top bulunan bir torbadaki topları rastgele bir biçimde çıkaracaksınız. Sürecin herhangi bir anında çıkardığınız toplar arasında siyahların sayısı kırmızılardan fazla olursa işlemi durduracaksınız.

Böyle bir durumla karşılaşmadan 8 topu da çıkarma olasılığınız kaçtır?

## İki Çember

AC ve CE merkezleri aynı nokta olan iki çemberi kesen doğrulardır.

AB=9 birim, BC=3 birim ve DE=5 birim uzunlukta olduğuna göre CD'nin uzunluğunu bulunuz.



## Tablo

99x99 kareden oluşan bu tabloya tüm sayılar yerleştirildiğinde en ortadaki kareye hangi sayı gelir?

|       |     |     |     |       |
|-------|-----|-----|-----|-------|
| 1     | 8   | ... | ... | 687   |
| 694   | 701 | ... | ... | ...   |
| ...   | ... | ... | ... | ...   |
| ...   | ... | ... | ... | ...   |
| 67915 | ... | ... | ... | 68601 |



## Eşitlik

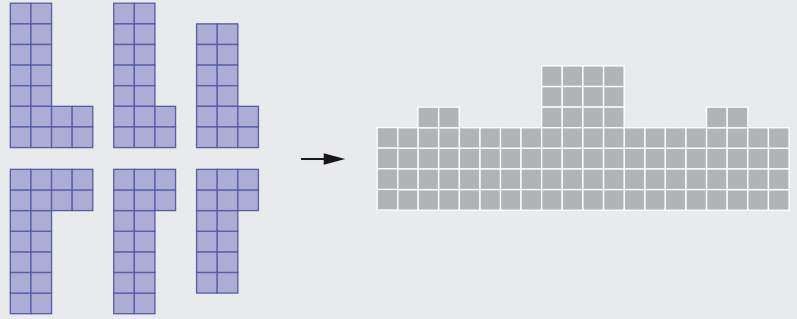
$$A!+B!+C!=B+C+D$$

A, B, C, D sıfırdan farklı dört ardışık sayıdır. Yukarıdaki eşitliği sağlayan bu sayıları bulunuz.

Bir sayının faktöriyeli (n!) 1'den o sayıya kadar olan tüm sayıların çarpımıdır.

## Altı "L"

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



## Geçen Sayının Çözümleri

### Soru İşareti

778

Yol üzerindeki son üç sayının toplamı

|   |   |    |    |     |     |
|---|---|----|----|-----|-----|
| 1 | 3 | 11 | 37 | 125 | 423 |
| 2 | 6 | 20 | 68 | 230 | 778 |

### Uyumlu Tarih

En az: 20.01.2020-10.02.2020

En fazla: 04.05.2020-02.10.2020

2020 ve 2021 yıllarındaki uyumlu tarihler ve aralarındaki gün farkları tabloda verilmiştir.

| Uyumlu Tarih | Gün farkı |
|--------------|-----------|
| 20.01.2020   |           |
| 10.02.2020   | 21        |
| 05.04.2020   | 55        |
| 04.05.2020   | 29        |
| 02.10.2020   | 151       |
| 21.01.2021   | 111       |
| 07.03.2021   | 45        |
| 03.07.2021   | 118       |

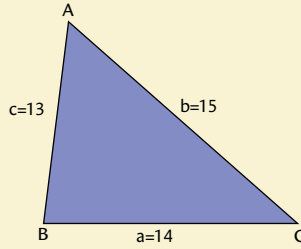
### Kesirli Sayı

Fark en fazla 0,5555 olabilir.

Örnek: 4,4445 sayısı yuvarlandığında 5 elde edilir. Ardaki fark 0,5555'dir.

### Ardışık Kenarlı Üçgen

Kenar uzunlukları 13, 14 ve 15 birim olan üçgen. Alan=84 birim kare



$$S=(a+b+c)/2$$

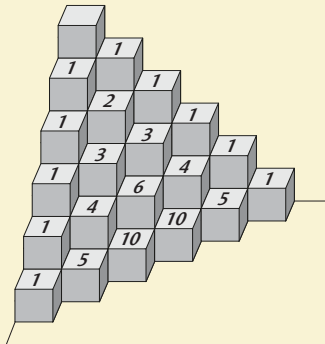
$$\text{Alan}=\sqrt{S(S-a)(S-b)(S-c)}$$

### Küplü Basamak

32 farklı yoldan inilebilir.

Şekilde her küpe kaç farklı yoldan inilebildiği görülüyor.

$$1+5+10+10+5+1=32$$



### Eşitlik

$$A=2, B=3$$

$$8=2+6$$

### Ortalama Hız

Ortalama hızı saatte 60 km'dir. İlk 10 dakikada 10 km yol alıyor. Sonraki 5 dakikada 5 km geriye dönüyor ve kalan 25 dakikada 25 km'lik yolu tamamlıyor. Yani 40 dakikada 40 km yol aldığına göre 60 dakikada 60 km yol alacaktır.

### Sihirli Çarpım Karesi

Sihirli çarpım 4096'dır. Verilen sayılar tabanı 2 olan üslü sayılardır. Aynı tabana sahip üslü sayıların çarpımında üsler toplandığı için çarpım yerine satırlardaki, sütunlardaki ve diyagonallerdeki sayıların toplamalarının aynı olduğu bir sihirli kare elde ederek çözüme ulaşılır.

|    |   |   |
|----|---|---|
| 32 | 1 |   |
|    |   | 4 |
| 2  |   | 8 |

|                |                |
|----------------|----------------|
| 2 <sup>5</sup> | 2 <sup>0</sup> |
|                | 2 <sup>2</sup> |
| 2 <sup>1</sup> | 2 <sup>3</sup> |

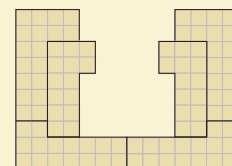
|   |   |
|---|---|
| 5 | 0 |
|   | 2 |
| 1 | 3 |

|   |   |   |
|---|---|---|
| 5 | 0 | 7 |
| 6 | 4 | 2 |
| 1 | 8 | 3 |

|                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|
| 2 <sup>5</sup> | 2 <sup>0</sup> | 2 <sup>7</sup> |
| 2 <sup>6</sup> | 2 <sup>4</sup> | 2 <sup>2</sup> |
| 2 <sup>1</sup> | 2 <sup>8</sup> | 2 <sup>3</sup> |

|    |     |     |
|----|-----|-----|
| 32 | 1   | 128 |
| 64 | 16  | 4   |
| 2  | 256 | 8   |

### Altı "L"



# Yayın Dünyası

İlay Çelik Sezer [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi



## Bir Avcı Tayyaresi Yapmaya Karar Verdim

Emir Öngüner

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Yetişkin Kitaplığı, 2020

Gazeteci Abidin Daver 1938 yazında Beşiktaş'taki tayyare atölyesini ziyarete gider. Röportaj esnasında Nuri Demirağ yeni bir projeden bahseder: "...Bir avcı tayyaresi yapmaya karar verdim. Bunun prototipi üzerinde çalışıyoruz. Avrupa ve Amerika'dan lisanslar alıp tayyare yapmak istemiyorum. Çünkü bu kopyacılıktan ibaret bir iştir. Ben, yeni ve milli bir Türk tayyareciliği yaratmak istiyorum... Şimdi resimleri üzerinde çalıştığımız bu avcı tayyaresi bugün Avrupa ve Amerika'daki en seri avcı tayyarelerinin baş döndürücü süratini haiz ilk Türk tipi avcı uçağı olacaktır..." Peki, neydi Demirağ'ın bahsettiği bu Türk tipi avcı uçağı? 1938'de çizimleri ve prototipi üzerinde çalışılan bu uçaktan neden bugüne kadar hiç bahsedilmedi ve bu uçak neden üretilmedi?

## Öklid'in Elemanları

Ali Sinan Sertöz

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Yetişkin Kitaplığı, 2019



Öklid, MÖ 300 yılları civarında İskenderiye'de yaşadığı düşünülen Antik Çağ matematikçisidir. *Elemanlar* adlı bu kitabında zamanının bilinen tüm matematiğini yalnızca beş belit ve beş genel kavramdan başlayarak sistematik bir şekilde yeniden kurgular. Öklid, on üç cilt olarak yazdığı bu temel geometri ve sayılar kuramı kitabında, her yeni önermeyi yalnızca başta verdiği belitleri, genel kavramları ve daha önce kanıtladığı diğer önermeleri kullanarak kanıtlar. Bu yönüyle *Elemanlar*, yazıldığı günden itibaren Doğu ve Batı dünyasının düşünce yapısını derinden etkilemiş ve bugünkü bilim paradigmasının doğuşuna öncülük etmiştir.

İki bin yıl boyunca her düşünen insanın başucu kitabı olmasının yanı sıra ders kitabı olarak da kullanılan *Elemanlar*'ın on üç cildinin tamamı ilk kez Türkçeye çevrildi. Bu çevirinin başında *Öklid'in Elemanları* ve çeviride izlenen yaklaşımlar üzerine ayrıntılı açıklamalar yapıldı. Bazen arka sayfada devam eden kanıtları şekil üzerinde takip etmeyi kolaylaştırmak için çift sayılı sayfaların sol üst köşesinde gereken şekil yeniden verildi. Bir kısmı toplu hâlde kitap başlarında, bir kısmı kitap ortalarında, bir kısmı ise önermelerin içinde verilen tanımları kolayca bulmak için "Tanımlar Dizini" oluşturuldu. Son olarak, önemli önermeleri kitap içinde bulmayı kolaylaştırmak için "Seçme Önermeler Dizini" eklendi.

*Öklid'in Elemanları* mantığın matematiğe uygulandığı bir başeserdir.