



TÜBİTAK

# Bilim *ve* Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi Ekim 2022 Yıl 56 Sayı 659 - 11 TL

## MATEMATİĞİN NOBEL'İ IMU Ödülleri

**Migrenin Gizemi**

**Biyoekonomi**

**Alev Geciktirici Teknolojiler**

**COVID-19 Aşılarında Son Durum**

**Uzayı Keşfe Çıkacak Robotlar**



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

**Bilim ve Teknik**  
Aylık Popüler Bilim Dergisi  
Yıl 56 Sayı 659  
Ekim 2022

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

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

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

**Yayın Danışma Kurulu**  
Prof. Dr. Emine Adadan  
Doç. Dr. İsmail Sengör Altungövde  
Prof. Dr. Elif Damla Arısan  
Doç. Dr. Rukiye Dilli  
Doç. Dr. Nuray Karapınar  
Prof. Dr. Faruk Soydoğan

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

**Redaksiyon**  
Dr. Nurulhude Baykal

**Grafik Tasarım-Web**  
Hüseyin Diker

**Mobil Uygulama**  
Selim Özden

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

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

**Abone İlişkileri**  
abone@tubitak.gov.tr  
https://yayinlar.tubitak.gov.tr

**Baskı** PROMAT Basım Yayın San. ve Tic. A.Ş.  
http://www.promat.com.tr/

**Baskı Tarihi** 26.09.2022

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

*Bilim ve Teknik* Dergisi, Millî 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 Nşr.85]  
tarafından Silahlı Kuvvetler personeline tavsiye edilmiştir.

ISSN 977-1500-3380  
Fiyatı 11 TL

**Her ayın 1'inde çıkar.**



**Cumhuriyetimizin 99. yıldönümünde hepimizin 29 Ekim Cumhuriyet Bayramı kutlu olsun...**

**Türkiye'nin nesiller büyüten ve en köklü popüler bilim dergisi bu ay 659. sayısıyla birlikte 56. yayın yılına giriyor. “Bilim ve Teknik’le büyüdüm”, “Bilim ve Teknik bilimi sevmemde ve kariyerimi seçmemde rol oynadı.” diyecek daha nice yeni nesiller görmek dileğiyle... Nice #bilim ve #teknoloji dolu yıllarda hep birlikte olmak umuduyla...**

Millî Eğitim Bakanlığı ile TÜBİTAK arasında imzalanan "Eğitimde İş Birliği Protokolü" çerçevesinde 2022 yılı “Matematik Yılı” ilan edildi. Matematiksel bilginin toplum ile buluşturulması, matematik okuryazarlığının artırılması ve yaygınlaştırılması, matematik bilgisinin mümkün olduğunca görselleştirilerek etkileşimli uygulamalarla anlaşılır bir biçimde kazandırılması amaçlarına biz de dergimiz aracılığı ile katkı sağlamaya devam ediyoruz. “Matematik Her Yerde” konusu çerçevesinde yayımladığımız Haziran 2022 sayısından sonra bu ay da Matematik’in Nobel’i sayılan ve Uluslararası Matematik Birliği tarafından verilen Fields, Abacus ve Chern madalyalarını ele alıyoruz. İlay Çelik Sezer ve Ekin Özman, bu önemli ödülleri alan matematikçileri, ilham veren hayat hikâyelerini ve başarılı çalışmalarını detaylı bir şekilde bizlerle paylaşıyorlar.

Tuncay Baydemir bu ayki yazısında güvenli ve etkili alev geciktirici ve yanmayı önleyici malzemeleri anlatıyor. Levent Kurnaz ve Işıl Aksan Kurnaz, gün geçtikçe artan kaynak sıkıntısıyla baş edebilmek için geliştirilen yöntemler arasında çok önemli bir yeri olan döngüsel ekonomi ve biyoekonomi kavramlarını açıklayarak bu kapsamda uygulanması gereken stratejilerden bahsediyorlar. Mahir Ocak gelecekte zorlu uzay görevlerinin üstesinden gelebilecek sıra dışı robotları bize tanıtıyor. Özlem Ak bu ayki yazılarında Aziz Sancar’ın beyin kanseri tedavisiyle ilgili gerçekleştirdiği büyük atılımdan ve COVID-19 aşılardaki son gelişmelerden bahsediyor. “Migrenin Gizemi Çözüldü mü?” başlıklı yazımızda ise migrenin mekanizması ve tedavisi ile ilgili konulara, cevabı bulunan ve hâlâ cevapsız kalan sorulara göz atıyoruz.

Dergimizin daha düşük fiyata ve ücretsiz kargoyla sizlere ulaşacağı abonelik fırsatından faydalanmak için <https://yayinlar.tubitak.gov.tr/> adresini ziyaret edebilirsiniz. Dergimizin internet sayfasını (<https://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.

**Sağlıcakla ve bilimle kalın... Unutmayın #bilimokuyanbilir!**

Saygılarımızla,  
Özlem Kılıç Ekici



# İçindekiler

## 22

### **Alev Geciktirici Teknolojiler: Malzemeleri Yanmaya Karşı Dayanıklı Hâle Getirebilir miyiz?**

Tuncay Baydemir

Yangına karşı alınacak tüm önlemlerin yanı sıra güvenli ve etkili alev geciktirici ve yanmayı önleyici malzemelerin geliştirilmesi uzun zaman boyunca bilim insanlarının öncelikli hedeflerinden birisi oldu. Malzeme biliminin gelişmesiyle birlikte günlük hayatta kullanılan pek çok malzemenin yanmaya dirençli hâle getirilmesi için sürekli çalışmalar yürütülüyor.

## 58

### **Biyoekonomi, Döngüsel Ekonomi ve Döngüsel Biyoekonomi**

Levent Kurnaz, Işıl Aksan Kurnaz

Gün geçtikçe artan kaynak sıkıntısıyla baş edebilmek için geliştirilen yöntemler arasında döngüsel ekonomi ve biyoekonomi kavramları ile tanımlanan stratejiler bulunuyor. Bunların kesişim noktasında mutlaka yatırımların gerek ticari kârlılık ve insanlığa fayda gerekse yerel ekonomilere katkı gibi açılardan düşünülmesi ve kurgulanması gerekir.

## 64

### **Migrenin Gizemi Çözüldü mü?**

Özlem Kılıç Ekici

40 yılı aşkın süredir devam eden araştırmalar sonucunda, bilim insanları migren sırasında beyinde neler olduğunu ortaya çıkarmaya ve migrenle başa çıkmak için umut verici yeni ilaçlar geliştirmeye başladılar.



4

### **Bilim ve Teknik ile Büyüdüm!**

Özlem Ak

6

### **Haberler**

12

### **Aziz Sancar'dan Beyin Tümörüne Karşı EdU**

#### **Sürprizi**

Özlem Ak

Sancar ve ekibi beyin kanseri tedavisinde devrim yaratacak EdU adlı molekülün sinir hücrelerine zarar vermeden beyindeki tümörlerin tedavisinde kullanılabileceğini gösterdi.

14

### **COVID-19 Aşılarından Son Haberler**

Özlem Ak

Hem Pfizer ve BioNTech ile Moderna'nın yeni varyantlara karşı güncellenen hatırlatma aşılara hem de Çin'de üretilen COVID-19 aşısının sprey şeklinde uygulanacak solunabilir bir versiyonuna yetkililerce kullanım onayları verildi.

20

### **Bilim Çizgi**

#### **Feynman ve Parçacıklar**

Sinançan Kara

36

### **Tekno-Yaşam**

Gürkan Caner Birer

66

### **Matematiğin En Prestijli Ödülleri**

#### **Fields, Abacus ve Chern Madalyaları**

#### **Sahiplerini Buldu**

İlay Çelik Sezer, Ekin Özman

Uluslararası Matematik Birliği (IMU) tarafından verilen ve alanlarındaki en prestijli ödüller olarak bilinen Fields, Abacus ve Chern madalyaları bu yılki sahiplerini buldu. Bu ödüller dört yılda bir düzenlenen Uluslararası Matematik Kongresi'nde takdim ediliyor. Fields ve Abacus Madalyaları 40 yaş altı bilim insanlarına yönelik. Chern Madalyası için ise bir yaş sınırı bulunmuyor.

56

### **Merak Ettikleriniz**

Mesut Erol

72

### **Uzayı Keşfe Çıkması Planlanan Robotlar**

Mahir E. Ocak

NASA çeşitli firmalarla iş birliği yaparak gelecekte zorlu uzay görevlerinin üstesinden gelebilecek sıra dışı robotlar geliştiriyor.

78

### **Bilim Tarihinden Notlar:**

#### **Kepler ve Gezegen**

#### **Yörüngelerinin Elips**

#### **Olduğunun Keşfi**

Hüseyin Gazi Topdemir

82

### **Doğa - Fauna**

#### **Jaguar**

Bülent Gözcelioğlu

84

### **Gökyüzü:**

#### **Gündem Ay**

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

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

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

yayinlar.tubitak.gov.tr

**TÜBİTAK**  
Popüler Bilim  
Kitaplarına ve Dergilerine  
ulaşmak artık çok daha kolay.  
Tıklayın ve Keşfedin!

**TÜBİTAK**  
BİLİM VE TEKNİK BAKANLIĞI  
POPÜLER BİLİM YAYINLARI

**TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları internet sitesi yenilendi!**

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



Bilim ve Teknik



tubitakbiltek



tubitakbilimteknik



TÜBİTAK Bilim ve Teknik



# 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)

*Sevgili okurlarımız, yoğun ilginizden dolayı çok teşekkür ederiz. Gönderdiğiniz anlamlı mektupların hepsini yayımlayacağız. Ancak köşemizin sayfa sayısı sınırlı olduğu için geliş tarihlerine göre sıralayarak yayımlıyoruz. Anlayışınız için teşekkür ederiz.*

Bilim ve Teknik Ekim 2022

“**Bilim dolu bir hayatı mümkün kıldığınız için candan teşekkürler!**”



Merhaba,

Bir insanın çocukluğunda çok soru sormaya başladığı bir dönem vardır ya hani? Bilmediğimiz sonsuz şey olduğu gerçeğiyle bir çırpıda yüzleşivermiş ve oturup ağlamak yerine hemen öğrenmek için yola çıkmışızdır... Yıllar geçtikçe sorularımız çarpıcı ölçüde azalır. Her ne kadar burada bazı sorularımızın cevaplarını bulmuş olmamızın etkisi olsa da günün sonunda soru sormanın ilham verici yanı da geride kalmaya başlar.

Benim hikâyem tam da bu yüzden *Bilim Çocuk* ile başlamıştı aslında. Sorularım azalmamıştı ama artık sorularıma muhatap bulamıyor ya da karşımda beklediğim coşkuyu göremiyordum. Bu konuda yalnız olmamam gerektiğini düşünüp bir yer aradım ve karşıma *Bilim Çocuk* çıktı, senelerce haftalığımdan para biriktirip aldım. Ama gözüm hep bir an önce büyüüp aslı *Bilim ve Teknik* dergisini almaktaydı.

Bir gün yeterince büyüdüğüme karar verdim ve o ay *Bilim Çocuk* yerine onu aldım. Hâliyle içindeki çoğu şeyi anlamadım! Beni asıl şaşırtan şey ise bu derginin içinde soru sormaya âşık ne kadar çok yetişkin olduğunu görmem oldu. Bir yerlerde soru sormaktan, merak etmekten vazgeçmemiş birileri vardı ve demek ki böyle bir hayat da mümkündü. Yıllar sonra Bilkent Üniversitesi Kimya Bölümü'nü kazandım. *Bilim ve Teknik* dergisinin verdiği ilhamla merak ettiğim şeylerin peşinden gittim. İyi ki!

Bilim dolu bir hayatı mümkün kıldığınız için candan teşekkürler!

Kübra Özvural Sertçelik  
Bilim İnsanı ve Sanatçı, İstanbul



## “Hayatımda iyi ki var”



Merhaba,

Merhaba,  
Bir zamanlar etrafından bihaber genç bir kızken ve daracık sınırlarımda yaşamımı sürdürürken tanıştım *Bilim ve Teknik* dergisiyle. O zaman anladım ki içinde bulunduğum dünya sandığım kadar küçük değilmiş. Öğrendiğim sayısız bilginin yanından sessizce geçip gittiğimi fark ettiğimde yaşadığım pişmanlık ve çaresizlik, yine sizin bana yaktığınız bilgi ışığıyla son buldu. Her şeyden bir miktar bilgi sahibi olmanın verdiği hazzı, bilmediğim konuları araştırmanın içimde yarattığı heyecanı ve her ayın 1'inde yaşadığım mutluluğu da *Bilim ve Teknik*'le tattım. Hayatımda iyi ki var dediğim birçok alışkanlığı bana kazandırdığı için bu kıymetli dergide emeği geçen herkese minnettarım.

Bir gün sizler gibi bu alanda emek sarf edebilmek dileğiyle...

Elif Sena Durkut

10. Sınıf Öğrencisi

## “Elim dergilerimde”



Merhaba,

Sekizinci sınıf öğrencisiyim; o kadar LGS temposu içerisinde, bize boş zamanlarınızda kitap okuyun, diyorlar. Ama ben kitap okuma eyleminin boş zamanlarda yapılmasını uygun görmüyorum. Bu edebiyata ve yazarlara yapılan bir saygısızlıktır. Aynı saygısızlığın bilime yapılması da oldukça saçma, bu yüzden kafamı dersten kaldırp dinlenme ihtiyacı duymadığım her an elim dergilerime gidiyor ve rastgele bir sayfasını açıp okuyorum.

Bunları yaşadığınız için teşekkür ederim...

Dolunay Sude Çelik

8. Sınıf Öğrencisi

## “Yanımdan eksik etmediğim dergim”



Merhaba,

Aslında 5. sınıfta başladı bu serüven.  
Arkadaşımda bir element posteri vardı ve ben de hâliyle ne olduğunu merak etmişim. O zamana kadar element deyince aklıma ateş, toprak, su ve hava gelirdi. Postere bakarak on - on beş tane element ezberledim ve bunları bilmek iyi hissettiriyordu. En iyi hissettiğim anlardan biri de okulumuza gelen birileri bize, “Element nedir?” diye sorduğunda herkes, “Tahta!” derken benim, “Oksijen, hidrojen, fosfor, ...” diyerek elementleri sıralamamdı. Eskiden *Bilim Çocuk* okurdum, şimdilerde *Bilim ve Teknik*'teyim. Kardeşimin de izimden gelmesini istiyorum, benim gibi hissetmesini...

Çok şey bilmek çoğu zaman avantaj sağlayabilir. Arkadaş ortamlarında, okullarda, kurslarda... Hemen hemen her yerde sosyalleşme ve kendini gösterme açısından yararlı bir araç. Okurken çokça hayran kaldığım, şaşkın gözlerle satırlarını takip ettiğim, oldukça sevdiğim ve asla o ay ki sayısını yanımdan eksik etmediğim dergidir *Bilim ve Teknik*. Kendimi bildim bileli gökyüzüyle ayrı bir sevdâ içerisindeyim ve bu konu dergide geniş yer tutuyor. Uzayı iliklerime kadar hissedebiliyorum.

Cantürk Türkyılmaz

Kocaeli





## Haberler

### Kuruyan Sulak Alanları Yeniden Sulak Hâle Getirmek Sera Gazı Salımını Azaltabilir

İlay Çelik Sezer

Çin’de yapılan bir araştırmaya göre, kurumuş sulak alanların tekrar sulak hâle getirilmesi yüzyılın sonuna kadarki süreçte 100 milyar tondan fazla karbondioksit salımını engelleyebilir. Bu miktar aynı süreç içinde insan kaynaklı olarak gerçekleşmesi beklenen tüm karbon salımının onda birine karşılık geliyor.

Sulak alanlardan salınan sera gazlarının miktarı barındırdıkları suya bağlı olarak değişiyor. Sulak alanların toprağı suyla kaplandığı zaman büyük miktarda metan salıyor. Bunun yanında, sulak alan kuruyken daha az metan salıyor olsa da bu sefer içindeki ölü bitkiler ve diğer canlıların çürümesiyle karbondioksit ve azot oksit salımı

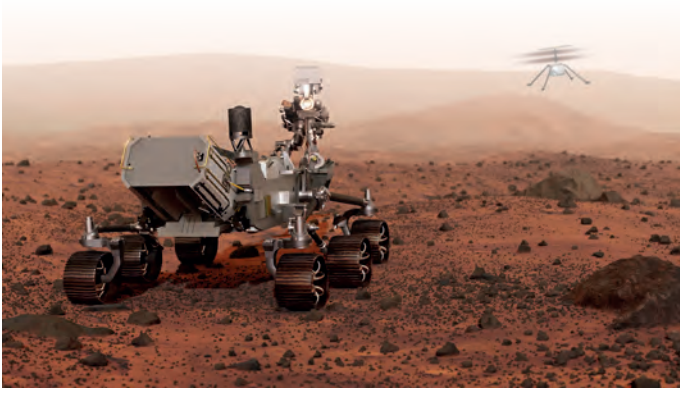


gerçekleşiyor. Southern University of Science and Technology’den Zhenzhong Zeng ve ekibi, sulak alanların en düşük net salıma neden olacağı su seviyesini hassas şekilde hesapladı. Araştırmacılar, aralarında Birleşik Krallık ve Endonezya’daki turbalıkların, Çin’deki bataklıkların ve ABD’nin güneydoğusundaki taşkın alanlarının da bulunduğu dünyanın çeşitli yerlerinden sulak alanlara dair 3.704 su düzeyi ve karbon salımı kaydını inceledi.

Araştırmacılar, su seviyesi yerin birkaç santimetre altında olduğunda depolanan karbon miktarının salınan metan miktarını neredeyse tamamen dengelediğini belirledi. Tropikal sulak alanlarda salımın en düşük olduğu su seviyeleri biraz daha yüksekti. Araştırmacılar 4 milyon kilometrekareden fazla kurumuş sulak alanda su seviyelerinin ideal hâle getirilmesinin yüzyıl sonuna kadar 100 ila 400 gigaton karbon eş değeri salımı engelleyeceğini öngörüyor. Bu miktar,

tüm dünyada ülkelerin gerçekleştirmeyi taahhüt ettiği orman restorasyon projeleriyle elde edilebilecek salım azaltımından daha fazla.

Sağlam durumdaki sulak alanların korunmasının ise yüzyıl sonuna kadar 150 ila 650 milyar ton salımı engelleyebileceği tahmin ediliyor. Sulak alanların korunmasıyla salımların azaltılması konusunda en yüksek potansiyele sahip bölgeler arasında Sibiryaya, Kanada, Kongo, Brezilya ve Endonezya bulunuyor. ■



## Mars'ta Organik Madde Keşfedildi

Mahir E. Ocak

Mars'ta görev yapmaya devam eden Perseverance uzay aracı, daha önce mikroskobik canlılara ev sahipliği yapmış olabileceği düşünülen bir bölgede organik moleküller tespit etti.

Yaklaşık 1,5 yıldır Mars topraklarında dolaşarak bilimsel çalışmalar yapan Perseverance aracının görevlerinden biri de yaşam izleri sürmek. Aracın üzerinde dolaştığı Jezero Krateri bu amaç için özellikle seçilmiş bir bölgede yer alıyor. Perseverance, uzak geçmişte bir göl ve bir nehrin kavuştuğu sulak bir bölgede Dünya'ya geri getirilmek üzere örnekler topluyor.

Perseverance 20 Temmuz'da topladığı bir örnekte organik maddeler tespit etti. Bu,

Perseverance tarafından Jezero Krateri'nde yapılan ilk organik madde tespiti değil. Hatta daha önce Curiosity aracı da 2013'te Mars'ta organik moleküller keşfetmişti. Ancak 20 Temmuz'da toplanan örneğin, Jezero Krateri'nin geçmişte mikroskobik canlılara ev sahipliği yapmış olabileceği düşünülen bir bölgesinden alınmış olması, tespit edilen organik moleküllerin canlı yaşamına dair kanıt olma olasılığını artırıyor.

Keşfedilen organik moleküllerin gerçekten de geçmişte Mars'ta mikroskobik canlıların yaşadığına dair kanıt olup olmadığının anlaşılabilmesi için, toplanan örneğin Dünya'ya geri getirilip daha detaylı bir biçimde analiz edilmesini beklemek gerekecek. NASA, Perseverance tarafından toplanan örnekleri 2030'ların başında Dünya'ya geri getirmeyi planlıyor. ■

## James Webb Neptün'ün Halkalarının Görüntüledi

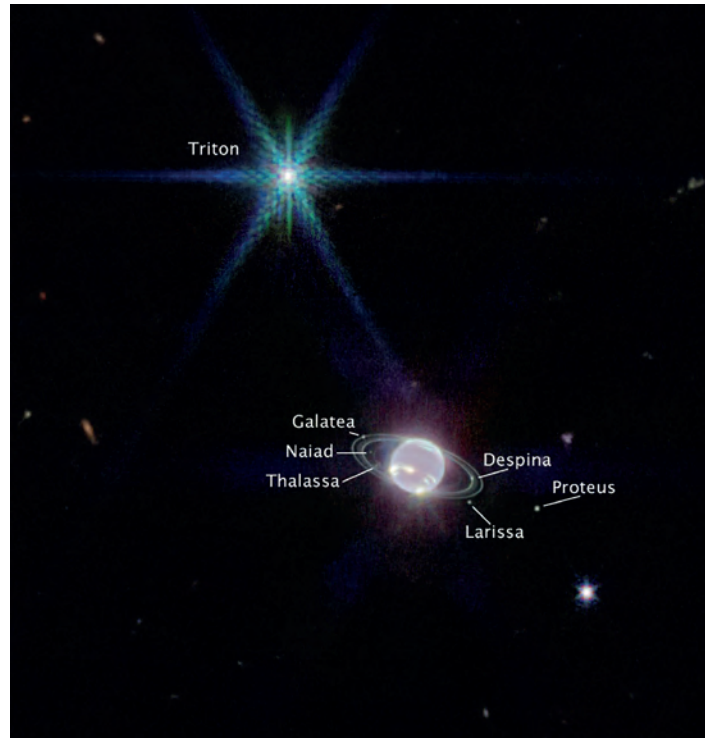
Mahir E. Ocak

Sadece Satürn'ün değil Jüpiter, Uranüs ve Neptün'ün de halkaları var. Ancak Satürn'ünkilere kıyasla çok daha solgun olan bu halkalar sıradan teleskoplarla görülemezler. Neptün'ün solgun halkaları net bir biçimde son kez 1989 yılında Mavi Gezegen'in yakınından geçen Voyager 2 uzay sondası tarafından görüntülenmişti.

James Webb Uzay Teleskobu yaklaşık 33 yıl aradan sonra yeniden Neptün'ün halkalarının net görüntülerini elde etmeyi başardı.

James Webb'in kameraları kızılötesi ışığa duyarlı olduğu için elde edilen görüntülerde Neptün mavi olarak görülüyor. Ayrıca gezegenin atmosferindeki metan gazının kızılötesi ışığı soğurması da gezegenin daha karanlık görünmesine yol açıyor. ■

James Webb Uzay Teleskobu'nun elde ettiği Neptün görüntüsünde halkaların yanı sıra Neptün'ün bilinen 14 uydusunun 7'si de görülebiliyor.





## Mars'ta Bir Astronota 100 Dakika Yetecek Oksijen Üretildi

İlay Çelik Sezer

NASA'nın Mars'ta oksijen üretmeyi amaçlayan bir deneyinde MOXIE (The Mars Oxygen In-Situ Resource Utilization Experiment) adlı cihazla bir astronotun 100 dakika solumasına yetecek miktarda oksijen üretildi. Gelecekte Mars'a gönderilecek insanlı görevler için bir ümit ışığı yakan bu sonucun ardından deneyin daha büyük ölçekte yürütülmesi aşamasına geçildi. MOXIE geçtiğimiz yılın Şubat

ayında Mars'a  
inen

Perseverance adlı uzay aracı üzerinde taşınarak Mars yüzeyine ulaşmıştı.

Deneyin *Science Advances* dergisinde yayımlanan sonuçlarına göre, MOXIE Mars'ın farklı mevsimlerinde, gece ve gündüz oluşan farklı atmosfer koşullarında gerçekleşen ve her biri bir saat süren yedi üretim seansı sonucunda toplam 50 gram oksijen üretmeyi başardı. Bu da tek bir astronotun 100 dakika solumasına yetecek miktarda karşılık geliyor. Cihaz her bir seansta, Dünya üzerindeki ortalama bir ağacın oksijen üretme hızına karşılık gelen saatte 6 gram oksijen üretme hedefine ulaşmayı başardı.

MOXIE, Mars'ın karbondioksitçe zengin atmosferinden karbondioksit soğurmak için pompa ve kompresörler, soğurduğu havanın sıcaklığını 800 °C civarına çıkarabilmek için de ısıtıcılar kullanıyor. Cihaz daha sonra karbondioksit moleküllerinden oksijen atomlarını çekerek saf oksijen gazı elde ediyor.

NASA ekibi şimdi de cihazın insanlı Mars görevleri için gerekecek

yaşam desteğini sağlamakla kalmayıp Dünya'ya dönüş roketlerinin çalışması için gerekli oksijeni de üretebilecek kadar büyük bir versiyonunu üretmek istiyor. Ancak NASA'dan Gerald Sanders, ölçeği büyütmenin önünde aşılması gereken bazı zorluklar bulunduğunu belirtiyor. Bunlardan biri, cihazın büyük versiyonunun uygun iç sıcaklığını korurken fazla ısınıp zarar görmesini de engelleyecek şekilde izole edilmesi. Sanders ayrıca insanlı bir görevi destekleyecek kapasitede bir oksijen üretme cihazının 400 gün boyunca sürekli çalışması gerektiğini söylüyor. MOXIE'nin üretim seansları ise sadece birer saat sürdü. Sanders daha büyük bir cihazın yüksek kapasiteli üretime dayanacak nitelikte bir donanıma da sahip olması gerektiğini vurguluyor. NASA şu anda insanlı bir görev için uygun olabilecek ölçekteki donanımları test ediyor. Muhtemelen yaklaşık 1 metreküplük hacme sahip olan büyük versiyonun Mars'a taşınmasının sorun çıkarmayacağı düşünülüyor. ■



## Çevre Dostu Batarya Geliştirildi

Mahir E. Ocak

Günümüzde kullanılan bataryaların çevre dostu teknolojiler olduğu söylenemez. Bataryalarda kullanılan malzemelerin doğada kendiliğinden yok olması çok uzun zaman alıyor. Örneğin lityum iyon bataryalarda kullanılan polipropilen ve polikarbonat ayraçların doğada kendiliğinden yok olması yüzlerce hatta binlerce yıl sürebiliyor. Bataryaları geri dönüştürmek de pek kolay değil.

Bir bataryanın kütlelerinin büyük kısmını elektrolitler oluşturur. Elektrik yüklü parçacıklar, bazıları sıvı bazıları da jel hâlinde olan bu bileşenlerin içinde hareket eder. Maryland Üniversitesinden bir grup

araştırmacı, çevre dostu bir batarya geliştirdi. Dr. Meiling Wu ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmanın sonuçları *Matter*'da yayımlandı. Araştırmacılar çevre dostu bir batarya üretebilmek için ilk olarak yeni bir elektrolit geliştirmişler. Jel hâlindeki yeni elektrolit kitosandan üretilmiş. Yengeç, karides, ıstakoz gibi kabukluların dış iskeletlerinde bulunan bu madde, mikroskobik canlılar tarafından kolaylıkla parçalanabiliyor.

Araştırmacılar, geliştirdikleri bataryanın metal kısımlarında ise çinko kullanmışlar. Çinko, bugün bataryalarda kullanılan kurşun ve lityum gibi metallere kıyasla hem yer kabuğunda daha bol bulunuyor hem de kolaylıkla geri dönüştürülebilir.

Yayımlanan makalede, geliştirilen bataryaların 1.000 kez yeniden şarj edildikten sonra bile %99,7 verimle çalışmaya devam ettiği yazıyor. Üstelik çinko bataryaların diğer bataryalara kıyasla hem daha ucuz hem daha güvenli olduğu belirtiliyor. ■

## COVID-19 Geçiren Yaşlılarda Alzheimer Riski

Özlem Ak

*Journal of Alzheimer's Disease* dergisinde yayımlanan 65 yaş ve üstü 6 milyondan fazla hasta üzerinde yapılan bir araştırmaya göre, COVID-19 geçiren yaşlıların bir yıl içinde Alzheimer hastalığına yakalanma riski, geçirmemiş olan kontrol grubuna göre %50 ila %80 arasında daha yüksek. En yüksek riskin ise en az 85 yaşındaki kadınlarda olduğu gözlemlendi. Bulgular, COVID enfeksiyonunu takiben bir yıllık bir süre içinde yaşlı insanlarda Alzheimer hastalığı geliştirme riskinin neredeyse iki katına çıktığını gösterdi. Araştırmacılar, COVID-19'un Alzheimer hastalığının gelişimini mi tetiklediğini yoksa ortaya çıkışını mı hızlandırdığını henüz net olarak bilmiyor.

Araştırma ekibinden Case Western Reserve Üniversitesinde (CWRU) görevli Prof.



Dr. Pamela Davis, çalışmalarının başlangıç noktasının SARS-CoV-2 enfeksiyonunun, inflamasyon da dâhil olmak üzere, merkezi sinir sistemi anormallikleri ile ilişkilendirilmesi olduğunu söyledi. Prof. Dr. Davis bu yüzden kısa vadede bile COVID-19'un Alzheimer tanılarının artmasına neden olup olmayacağını incelemek istediklerini belirtti.

Araştırma ekibi, Amerika Birleşik Devletleri'nde Şubat 2020 ile Mayıs 2021 arasında tıbbi tedavi gören ve önceden Alzheimer hastalığı teşhisi konmamış 65 yaş ve üstü 6,2 milyon yetişkinin elektronik sağlık kayıtlarını analiz etti. Daha sonra bu inceledikleri grubu ikiye ayırdılar. İlk grup COVID-19'a yakalanan kişilerden, diğeri ise

belgelenmiş COVID-19 tanısı konmamış kişilerden oluşuyor. COVID-19 geçiren grupta 400.000'den fazla kişi bulunurken, enfekte olmayan grupta 5,8 milyon kişi yer aldı.

Makalenin yazarlarından biri olan; CWRU Tıp Fakültesi, Biyomedikal Bilişim ve İlaç Keşfi Yapay Zekâ Merkezi direktörü Rong Xu özellikle hangi alt popülasyonların daha savunmasız olduğunu anlamak için COVID-19'un Alzheimer ve diğer nörodejeneratif bozukluklar üzerindeki etkilerini araştırmaya devam etmeyi planladıklarını belirtti. CWRU tarafından COVID-19 ile ilgili yürütölen önceki çalışmalar, demansı olan kişilerde COVID-19'a yakalanma olasılığının iki kat daha fazla olduğunu tespit etmişti. ■





## Kimler En Yüksek Risk Altında?

Özlem Ak

Araştırmacıların henüz semptomları çok çeşitli olan “uzun COVID” için resmi bir tanımı bulunmuyor. Bazı insanlar günlük yaşamlarını sekteye uğratan aşırı yorgunlukla mücadele ediyor, bazıları bilişsel işlevlerde zorluk yaşamalarına neden olan beyin sisi ile birlikte konsantrasyon ve hafıza problemleri yaşıyor. Bazılarında ise organ hasarı, kalıcı öksürük ve nefes almada zorluk gibi sorunlar sürüyor.

New York Üniversitesi Langone Health araştırma merkezinden Dr. Leora Horwitz, uzun COVID sorununun farklı kişilerde farklı semptomlarla sürdüğünü belirterek bu konuda çalışmayı zorlaştıran en büyük nedenlerden

birinin de bu olduğunu söylüyor. Uzun süreli COVID üzerinde çalışan bir araştırmacı olan, Patient-Led Research Collaborative araştırma merkezinin kurucu ortağı Hannah Davis, farklı risk gruplarının farklı semptomlara sahip olabileceğini belirtiyor. Araştırmalar, kadınların kalıcı semptomlara sahip olma ihtimalinin erkeklerden daha yüksek olduğunu gösteriyor. Enfeksiyonun ilk haftasında beşten fazla semptomu olan veya astım gibi önceden var olan sağlık sorunları bulunan COVID-19 hastalarının uzun COVID geliştirme olasılığının daha yüksek olabileceği üzerinde duruluyor.

SARS-CoV-2 enfeksiyonunun “akut sonrası sekelleri” olarak da bilinen uzun COVID için kimin risk altında olduğunu daha iyi ele almak söz konusu olduğunda elektronik sağlık kayıtlarının önemli ipuçları verebileceği düşünülüyor. Horwitz, ABD Ulusal Sağlık Enstitülerinin COVID-19'un uzun vadeli etkilerini anlamayı amaçlayan RECOVER girişiminde görevli.

Projede çalışan araştırmacıların bir kısmı, milyonlarca elektronik sağlık kaydını inceliyor. Horwitz'e göre, bu kayıtların incelenmesi, nüfusun genelinde nadir görülen ancak belki de uzun COVID'li insanlar arasında daha yaygın olan potansiyel risk faktörlerini belirlemede yardımcı olabilir. Ancak hastaların tüm şikayetlerinin kayıt altına alınmadığını da göz önünde bulunduran Horowitz ve meslektaşları bu analizleri yapmanın yanında binlerce insanı doğrudan inceliyor. Katılımcılar, her üç ayda bir anket yapıyor; böylece ekip insanların ne tür semptomları olduğunu ve daha iyiye mi, yoksa kötüye mi gittiğini belirleyebiliyor. Daha sonra kan, idrar, dışkı ve tükürük örnekleri üzerinde yapılan testler koronavirüsün hâlâ vücutta olup olmadığını, herhangi bir soruna neden olup olmadığını veya bağışıklık sisteminin vücudun kendisine saldırıyı öğrenip öğrenmediğini ortaya çıkarabilecek. Anormal test sonuçları olan katılımcılar ek testlere tabi tutulacak.

Çalışma yetişkinler ve çocuklar, hamileler, şu anda COVID-19 olanlar ve hastalığa yakalandıktan sonra hayatını kaybedenler olmak üzere farklı gruptan katılımcıları kapsıyor. Araştırmacılar, 20.000'e yakın katılımcının yer almasını planladıkları çalışmada, COVID-19'a hiç yakalanmamış olanlarla yakalanmış olanlar arasında neyin farklı olduğunu öğrenmeye çalışacaklar. Ekibin aradığı potansiyel risk faktörlerinden bazıları, otoimmün hastalıkları ve diğer viral enfeksiyonları içeriyor. Çalışmaya daha fazla insan katıldıkça liste uzayabilir. ■

## Menopozdan Sonra Beyindeki Değişiklikler

Özlem Ak

*Neurology* dergisinde yayımlanan bir araştırmaya göre, menopoza giren kadınlar, menopoza girmemiş kadınlardan veya aynı yaştaki erkeklerden daha fazla beyaz cevher hiperintensiteleri adı verilen beyin biyobelirteçlerine sahip. Beyaz cevher

hipertansiyonları, yaşla veya kontrolsüz yüksek tansiyon ile daha yaygın hâle gelen ve beyin taramalarında görülen küçük lezyonlardır. Bu beyin biyobelirteçleri; bazı çalışmalarda artan inme, Alzheimer hastalığı ve bilişsel gerileme riskiyle de ilişkilendirilmiştir.

Araştırma ekibinden, Almanya Nörodejeneratif Hastalıklar Merkezinde görevli Dr. Monique M. B. Breteler beyaz cevher hipertansiyonlarının beyin yaşlandıkça arttığını ve beyinde bu biyobelirteçlerin bulunmasının kişide bunamaya neden olacağı veya felç geçireceği anlamına gelmediğini ancak daha büyük miktarlarda olursa riskin

artabileceğini söylüyor. Çalışmalarında bu beyin biyobelirteçlerinin miktarı üzerinde menopozun ne gibi bir rolü olabileceğini incelediklerini belirten Breteler; sonuçların beyaz cevher hipertansiyonlarının erkekler ve kadınlar için farklı şekilde geliştiğini, menopoz veya menopozun ne zaman başladığını belirleyen yaşlanma sürecindeki değişiklikler gibi faktörlerin bunlar üzerinde belirleyici olduğunu gösterdiğini belirtiyor. Araştırmada yaş ortalaması 54 olan 3.410 katılımcının %58'i kadındı ve bunların %59'u menopoza girmişti. Ayrıca, tüm katılımcıların %35'inde yüksek tansiyon

ve bunların yarısında da kontrolsüz yüksek tansiyon bulunuyordu.

Tüm katılımcıların MRI beyin taramaları incelendi ve her bir katılımcı için beyaz cevher hipertansiyonlarının miktarı hesaplandı. Araştırmacılar, yüksek tansiyon ve diyabet gibi yaş ve vasküler risk faktörlerini göz önünde bulundurdularında menopoz sonrası kadınların benzer yaşta erkeklerle kıyasla bu beyin biyobelirteçlerinden daha fazlasına sahip olduğunu belirlediler. Araştırmacılar beyin biyobelirteçlerindeki artışın yaşla birlikte hızlandığını ve bu artışın kadınlarda erkeklerle göre daha hızlı olduğunu buldu.

Menopoz öncesi kadınlar ve benzer yaşta erkekler, ortalama beyaz cevher hipertansiyon miktarında bir fark göstermedi. Araştırmacılar ayrıca, menopoza girmiş kadınların, benzer yaşta menopoza girmemiş kadınlara göre daha fazla miktarda beyaz cevher hipertansiyonuna sahip olduğunu, 45 ila 59 yaşları arasındaki bir katılımcı grubunda, menopoz öncesi kadınlardaki ortalama beyaz cevher

hipertansiyon miktarının 0,33 ml, menopoz sonrası kadınlardakinin ise 0,51 ml olduğunu tespit ettiler. Ayrıca menopoza girmemiş kontrolsüz yüksek tansiyonlu olan kadınlarda, erkeklerle kıyasla bu beyin biyobelirteç miktarının daha yüksek olduğu da görüldü. Breteler, beyindeki küçük kan damarlarını etkileyen yüksek tansiyonlu beyaz cevher hipertansiyonlarında artışa yol açabileceğinin hâlihazırda bilindiğini söylüyor.

Araştırmacılar çalışmalarının sonuçlarının, menopozun beyin vasküler sağlığı ile nasıl ilişkili olabileceğini anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu göstermenin yanı sıra erkekler ve kadınlar için farklı sağlık kriterlerini ve menopoz durumunu hesaba katmanın gerekliliğini de kanıtladığını söylüyor. Ayrıca bulgularının özellikle vasküler risk faktörleri taşıyan yaşlı kadınlar için cinsiyete özgü tıbbi yaklaşımların ve daha özenli tedavinin önemini vurguladığını da düşünüyorlar. ■





# Aziz Sancar'dan Beyin Tümörüne Karşı EdU Sürprizi

Dr. Özlem Ak [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Aziz Sancar, 2015 yılında hücrelerin hasarlı DNA'yı nasıl onardığını ve moleküler düzeyde genetik bilgiyi nasıl koruduğunu haritalamak için yaptığı çalışmasıyla Nobel Kimya Ödülü almıştı. Ağustos ayında ise beyin kanseri tedavisiyle ilgili gerçekleştirdiği büyük bir atılımın müjdesini verdi. Sancar ve ekibi beyin kanseri tedavisinde devrim yaratacak EdU (5-etinil-2'-deoksiüridin) adlı molekülün sinir hücrelerine zarar vermeden beyindeki tümörlerin tedavisinde kullanılabileceğini gösterdi. Aziz Sancar, *The Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* dergisinde yayınlanan çalışmalarındaki keşfini çok şaşırtıcı ve büyük bir tesadüf olarak nitelendiriyor. Bu gelişme, tedavisi çok zor olan glioblastoma adlı beyin tümörü için önemli bir umut ışığı olarak değerlendiriliyor.

Yıllardır DNA'nın onarım sistemi üzerinde çalışan Aziz Sancar ve ekibi; EdU molekülünün bozulmamış DNA'da, DNA hasarlıymış gibi davrandığını ve onarım mekanizmasını harekete geçirdiğini tespit ettiklerinde oldukça şaşırmışlar. Nedenini araştırmak için EdU molekülünü ve DNA'sı hasar görmemiş hücreleri bir besin ortamına koydular.

Araştırmada molekülün DNA'yı, ultraviyole ışıktan, sigaradan ve DNA'yı değiştiren kemoterapi ilaçlarından kaynaklanan çoğu hasarı onaran ve eksizyon onarımı (kısa bir hasarlı DNA dizisinin çıkarılmasını ve bir yedek ipliğin yeniden sentezlenmesi) adı verilen onarım mekanizmasını tetikleyecek şekilde değiştirdiği tespit edildi. Araştırmacılar, EdU'nun neden olduğu



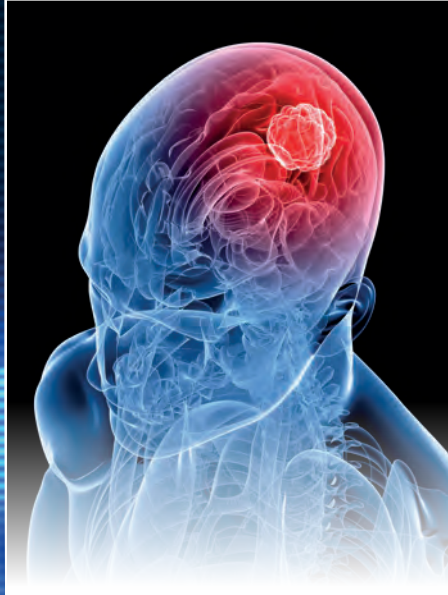
eksizyon onarımını yüksek çözünürlükte haritalayınca bunun genom boyunca gerçekleştiğini ve görünüşe göre tekrar tekrar meydana geldiğini buldular. Her yeni onarım zincirinin EdU içermesi ve bu sayede onarım yanıtının yeniden tetiklenmesi bunun kanıtıydı. Diğer bir deyişle, EdU molekülü tarafından tetiklenen bu onarım mekanizmasıyla yerinden edilen molekül serbest kaldığında tekrar genoma giriyor, hücre onu tekrar kesip çıkarıyor ve bu döngü EdU ile baş edemeyen hücre ölünceye (apoptoz) dek bu şekilde devam ediyordu. Aslında EdU molekülünün orta derecede toksik olduğunu bildiklerini



belirten Sancar, bu toksik etkinin mekanizmasının bir gizem olduğunu ama artık hücreyi tam olarak nasıl öldürdüğünü anladıklarını söylüyor. EdU'nun bu hücrel toksisitesi, kan-beyin bariyerini geçme yeteneği ile birleştiğinde, yetişkinlerde beyin kanserlerinin tedavisi için potansiyel bir aday olarak değerlendirilmesine yol açtı.

Sancar, bu keşfin başlı başına ilginç olduğunu, çünkü DNA'yı etiketlemek için EdU'yu kullanan araştırmacıların, onun eksizyon onarımını tetiklediğini de hesaba katmaları gerektiğini söylüyor. Sancar ve meslektaşları, EdU'nun sözü edilen özellikleri sayesinde etkili bir beyin kanseri ilacı geliştirmede rol oynayabileceğini düşünüyor. Çünkü EdU, kemoterapi ilaçlarının aksine kan-beyin bariyerini aşarak beyne kolayca ulaşabiliyor. Ayrıca, DNA'ya yalnızca aktif olarak bölünen hücrelerde dâhil oluyor, oysa beyinde çoğu sağlıklı hücre bölünemiyor. EdU bu sayede bölünmeyen sağlıklı beyin hücrelerini korurken hızlı bölünen kanserli beyin hücrelerini öldürebilir.

Şimdi sırada keşfin fareler üzerinde test edilmesi var. Fare testlerinin iki yıl süreceği öngörülüyor. Sancar ve ekibi, EdU'nun antikanser ajanı olarak özelliklerini araştırmak için diğer araştırmacılarla iş birliklerini sürdürmeyi umuyor.



**E**du, DNA'nın yapı taşlarından biri olan timinin bir analogu (kimyasal taklidi) olarak sentezlenen ve 2008'den bu yana bilim insanlarının DNA'yı etiketlemek için moleküler biyoloji deneylerinde en yaygın kullandıkları moleküllerden biri. Diğer timin analoglarının sahip olmadığı bazı özellikleri sayesinde EdU belirli deneylerde özellikle tercih ediliyor. Örneğin, floresan prob moleküllerinin sıkıca bağlanacağı uygun bir kimyasal "tutamak"a sahip olması nedeniyle hücre bölünmesi sırasında, DNA replikasyon süreci çalışmalarında, DNA'yı etiketlemek ve izlemek için yapılan çalışmalarda nispeten kolay ve verimli bir şekilde kullanılabilir.

**G**lioblastoma adı verilen beyin tümörleri en agresif tümörlerden biridir. Tedaviye rağmen glioblastomlu bir hastanın ortalama ömrü 15 aydır. Glioblastoma hastalarının sadece %5'i 5 yıl daha yaşayabilir. Hastanın tedaviye rağmen kısa zamanda hayatını kaybetmesinin nedeni, hâlihazırda kullanılan kemoterapi ilaçlarının kan-beyin bariyerini geçememesi ve etki gösterememesidir. Bu kanser türü eskiden yaklaşık 100.000 kişide 1'de görülürken son yıllarda bu oran 100.000'de 3,25'e yükseldi. Nüfusun yaşlanması, hava kirliliği, ağır metallerle maruz kalma ve geçmişe göre teşhis olanaklarının gelişmesi bu yükselişin etkenlerinden öne çıkanları. Avrupa ve Kuzey Amerika'da daha sık görülen hastalık, erkeklerde kadınlara göre daha sık görülüyor. ■



#### Kaynaklar

<https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2210176119>

<https://www.sciencedaily.com/releases/2022/08/220823143836.htm>

<https://news.unhealthcare.org/2022/08/scientists-discover-surprise-anticancer-properties-of-common-lab-molecule/>



# COVID-19 Aşılarından Son Haberler

Dr. Özlem Ak [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Pfizer ve BioNTech ile Moderna'nın hem eski aşılarının hedef aldığı orijinal SARS-CoV-2'ye hem de BA.4 ve BA.5 olarak bilinen omicron varyantının iki alt varyantına karşı koruma sağlayacak şekilde güncellenen hatırlatma aşılarına Amerika Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) 31 Ağustos'ta onay verdi. 1 Eylül'de, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezinin (CDC) danışma komitesi, aşıların kullanılmasını tavsiye etti.

COVID-19 aşıları kapsamında diğer önemli bir gelişme haberi ise Çin'den geldi. Eylül ayının ilk haftasında Çin, Tianjin'deki CanSino Biologics (CanSinoBIO) şirketi tarafından üretilen COVID-19 aşısının sprey şeklinde uygulanacak solunabilir bir versiyonu, Çin'de hatırlatıcı doz olarak kullanılmak üzere onaylandı. Bu aşı dünyada geliştirilmekte olan 100'den fazla oral veya nazal aşıdan sadece bir tanesi.

birlikte değerlendirdi. Bunlar; monovalan (tek değerli) mRNA COVID-19 aşılarının her biri için elde edilmiş kapsamlı güvenlik ve etkinlik verileri, izin verilen aşuların her birine benzer omicron BA.1 mRNA'sı içeren iki değerlikli bir COVID-19 aşısının klinik çalışmasından elde edilen güvenlik ve immünojenisite verileri, orijinal suşun mRNA'sını ve omicron BA.4 ve BA.5 alt varyantlarındaki ortak mRNA'yı içeren iki değerlikli bir COVID-19 aşısı kullanılarak elde edilen klinik olmayan veriler idi.

Moderna'nın güncel hatırlatma dozu 18 yaş ve üzeri kişilere, Pfizer-BioNTech'inki ise 12 yaş ve üzeri kişilere uygulanabiliyor. Aşular resmî olarak henüz insanlarda test edilmediğinden, güncellenmiş hatırlatıcıların ne kadar koruma sağladığı bilinmiyor. Bu açıdan etkinliğinin anlaşılması sürecinin, ancak grip mevsimi ilerledikçe etkinliği netleşen yıllık grip aşularınınunkine benzeyeceği öngörülüyor. Fakat benzer hatırlatma aşularının hayvan çalışmalarına ve yakın tarihli klinik denemelerine dayanarak, güncellenmiş aşuların dolaşımdaki omicron alt varyantlarına karşı orijinal COVID-19 aşularından daha iyi koruma sağlaması bekleniyor. Güncellenmiş aşuların ya da hatırlatıcıların muhtemelen hastaneye yatış ve ölüme yol açabilecek ciddi enfeksiyonlara karşı koruyuculuğunun en üst seviyede olacağı düşünülüyor. CDC

direktörü Dr. Rochelle Walensky yaptığı açıklamada, aşuların önceki aşılamadan bu yana azalan korumanın geri kazanılmasına yardımcı olabileceklerini ve daha yeni türlere karşı daha geniş koruma sağlamak üzere tasarlandıklarını belirtiyor.

ABD, La Jolla Institute for Immunology araştırma merkezinden virolog Shane Crotty'e göre güncellenmiş hatırlatma aşularının en büyük yararı 60 yaş ve üzeri kişilere, kronik rahatsızlıkları olanlara ve bağışıklık sistemi zayıf kişilere olacak. Ayrıca bu aşuların toplumsal boyuttaki aşılamayla da önümüzdeki aylarda bulaşmayı azaltacağına, sonbahar ve kış aylarında potansiyel dalgalanmaları engellemeye yardımcı olacağına dair umutlar da büyük.

## En İyi Zaman Ne Zaman?

Hatırlatma dozu yaptırmak için en iyi zaman kişiden kişiye değişiklik gösterebiliyor. Genel olarak FDA uygulanan son aşının üzerinden 2 ay geçtikten sonra hatırlatma dozunun yapılmasını öneriyor. Bununla birlikte, immünologlar genellikle koruyucu bağışıklık tepkilerini en üst düzeye çıkarmak için son aşından veya en son COVID-19 enfeksiyonundan sonra yaklaşık dört ila altı ay

**K**ullanım onayı alan Pfizer ve BioNTech ile Moderna'nın güncellenmiş hatırlatıcıları COVID-19'a karşı geniş ölçüde koruyucu bir bağışıklık tepkisi sağlamak için hem orijinal suşun bir mRNA bileşenini hem de BA.4 ve BA.5 omicron alt varyantlarındaki ortak bir mRNA bileşenini içeriyor. Bu nedenle de bivalan (iki değerli) COVID-19 aşısı olarak adlandırılıyor. FDA, bu aşılara onay verirken üç belirleyici etmeni



geçmesi gerektiğini söylüyor. CDC Başıklama Uygulamaları Danışma Komitesi (ACIP) ise yakın zamanda COVID-19'a yakalananların güncellenmiş aşı yaptırmak için üç ay beklemeleri gerektiğini öneriyor.

ACIP kışın yaşanacak potansiyel bir COVID-19 dalgasının grip mevsimine denk gelme ihtimalini göz önünde bulundurarak herkesi hem grip hem de COVID-19 aşılarını yaptırmaya davet ediyor. Hem gribe hem de SARS-CoV-2'ye maruz kalma tehlikesi varken her iki aşığı da olmanın ciddi hastalık, hastaneye yatış ve ölümlerin önlenmesi için kritik öneme sahip olduğunu hatırlatıyor.

Yıllık grip aşısına benzer şekilde, güncellenen hatırlatma aşılarının ilk önce resmî insan denemelerinde test edilmeden kullanılmasına izin verildi. FDA ve CDC'nin kararları, bunun yerine, ilk olarak 2020'nin sonlarında piyasaya sürülen orijinal Moderna ve Pfizer-BioNTech COVID-19 aşıları üzerinde toplanan kapsamlı güvenlik ve etkinlik verilerine dayanıyordu. Buna ek olarak, yetkililer artık



dolaşımında olmayan bir omikron alt varyantı olan BA.1'i hedef alan benzer güçlendiricilerin yakın tarihli iki klinik denemesinden elde edilen verileri de değerlendirdi. Son olarak, başıklık tepkisini tetiklediklerinden emin olmak için onaylanan hatırlatıcı aşılar farelerde test edildi. Moderna'nın fare çalışmalarında, bilim insanları kemirgenleri ayrıca BA.5 ile de enfekte ederek yeni aşıların orijinal Moderna aşılarına göre akciğerlerdeki enfeksiyona karşı daha etkili koruma sağladığını buldular. FDA'nın Biyolojik Değerlendirme ve Araştırma Merkezi direktörü Dr. Peter Marks, FDA'nın yıllık grip aşıları için suş değişiklikleri konusunda kapsamlı deneyime sahip olduğunu ve aşılar onayı destekleyen kanıtlara güvendiklerini belirtiyor.

## Aşıda Enjeksiyon Yerine Sprey

Yeni aşı türleri üzerinde çalışan onlarca araştırma grubu ve şirketin umudu enjeksiyon yerine SARS-CoV-2 virüsüne karşı korumayı amaçlayan burun veya ağız yoluyla verilen sprey veya damla şeklinde uygulanan aşılar. Teoride, bu aşılar SARS-CoV-2'nin vücuda girdiği burun ve ağızdaki boşlukları kaplayan ince mukoza zarlarındaki başıklık hücrelerini aktifleştirerek virüsü yayılmadan önce hızla durdurabilir. Aşı

geliştiricileri, bu “mukoza” aşıların, hafif hastalık vakalarını bile önleyeceğini ve virüsün diğer insanlara bulaşmasını da engelleyerek “sterilize başıklık” sağlayacağını umuyor. İnfluenzaya karşı sprey şeklindeki bir aşı da dâhil olmak üzere, diğer hastalıklar için hâlihazırda onaylanmış birkaç mukoza aşı bulunuyor. İnsanlardan elde edilen veriler yetersiz olsa da hayvan çalışmalarından elde edilen sonuçlar COVID-19'a karşı sterilize başıklığın uyarılabileceği fikrini destekliyor.

Çin'deki CanSinoBIO şirketi tarafından üretilen ve Convidecia Air adı verilen yeni onaylanmış mukoza aşıda, koronavirüs proteininin genetik materyalini taşıyan adenovirüs vektörü kullanılıyor. Aynı üreticinin enjeksiyonla uygulanan COVID-19 aşısında da başıklık sistemini harekete geçirmek için aynı yöntem kullanılıyor. CanSinoBIO temsilcileri yaptığı açıklamada, kendi kendine uygulanan dozun sadece bir solumadan sonra SARS-CoV-2'ye yanıt olarak kapsamlı başıklık korumasını etkili bir şekilde tetikleyeceğini söylüyor.

CanSinoBIO firması tarafından üretilen ve Çin'in yanı sıra birkaç ülkede daha kullanılan aynı aşının enjekte edilerek uygulanan versiyonu hakkında *The Lancet* dergisinde 23 Aralık 2021'de yayımlanan Faz III klinik denemeleri sonuçlarına



## Mukozal Aşlar Diğer Hastalıklara Karşı Ne Kadar Başarılı?

Günümüze dek, poliovirüs, grip ve kolera dâhil olmak üzere patojenlere karşı insanlarda kullanım için en az dokuz mukozal aşı onaylandı. Bu aşuların sekizi ağızdan, biri ise gribe karşı burun içinden yapılıyor. Ağızdan alınıp bağırsakta bağışıklığı tetikleyen çocuk felci aşısı oldukça başarılı, hatta başarısı sterilize bağışıklık sağlamaya yakın. Bazen aşı yeterince güçlü bir bağışıklık tepkisi oluşturmadığından, bazen de çeşitli yan etkileri tetiklediğinden mukozal aşular bazı hastalıklar için o kadar başarılı olmadı. Örneğin İsviçreli aşı şirketi Berna Biotech, geçici yüz felci riskini artırdığını keşfettikten sonra, 2001 yılında, burun içi grip aşısını piyasadan çekti.

ABD ve Avrupa'da onaylanmış, influenzaya karşı zayıflatılmış canlı virüs içeren ve burun içine uygulanan FluMist adlı aşı, küçük çocuklarda kas içine uygulanan versiyonundan daha iyi performans göstermesine rağmen yetişkinlerde aynı başarıyı göstermiyor. Muhtemelen bunun nedeni yetişkinlerin grip virüslerine karşı hâlihazırda bir miktar bağışıklığa sahip olması. Bu bağışıklık hastalığı önleyecek kadar güçlü olmasa bile, zayıflatılmış aşuyu etkisiz hâle getirilebiliyor.

göre, tek bir dozun ardından dört hafta veya daha uzun bir süre sonra aşının herhangi bir COVID-19 semptomunu önlemede %57,5, ciddi hastalığı önlemede %91,7 etkili olduğu belirtilmişti. *The Lancet*'te 26 Temmuz'da yayınlanan bir başka klinik deney, aşının 28 gün arayla iki defa solunmasıyla oluşan bağışıklık seviyelerinin, kas içine uygulanan aşı ile aynı seviyeye ulaştığını gösterdi.

Bu tip aşular, grip ve COVID-19 gibi virüslerin vücuda girdiği üst solunum yollarını ve akciğerleri hedef aldığından, bilim insanları solunum yoluyla uygulanan aşuların enfeksiyonların yayılmasını durdurmada çok daha etkili olabileceğini ve aynı işi yapmak için çok daha düşük dozlar gerektirebileceğini düşünüyor.

Çinli yetkililer, yeni uygulama yönteminin daha fazla insanı aşı olmaya teşvik edeceğini de umuyor. Kas içine enjekte edilerek uygulanan COVID-19 aşuları enfekte hücreleri yok eden T hücrelerini ve patojenleri nötralize eden antikorlar üreten B hücrelerini içeren bir bağışıklık tepkisini harekete geçiriyor. Kan dolaşımında yer alan bu hücreler burun ve akciğerlerde yeterince yüksek seviyelerde bulunmuyor. Aşının kan dolaşımıyla vücuda yayılması (örneğin akciğerlere ulaşması) için geçen süre içinde virüs yayılıyor ve enfekte olan kişi hastalanıyor. Mukozal aşular ise tüm vücudun bağışıklık tepkisini harekete geçirebilmelerinin yanında burun ve solunum yollarının mukozal dokusundaki bağışıklık hücrelerini de etkinleştirebiliyor. Connecticut,

New Haven, Yale School of Medicine'dan Dr. Benjamin Goldman-Israelow, bu lokalize hücrelerin enfeksiyon bölgesinde nöbetçi görevi gördüğünü ve çok daha hızlı hareket edebildiğini söylüyor. Mukoza dokusundaki yerleşik bellek T ve B hücreleri olarak bilinen mukozal bağışıklık hücreleri, dolaşımdaki T hücreleri ve B hücrelerinden biraz farklı işlevlere sahip. Örneğin, dokuda yerleşik bellek B hücreleri, patojenleri hızlı bir şekilde durdurmalarını sağlayan immünooglobulin A (IgA) adlı antikorları üretir. Bununla birlikte, IgA'nın SARS-CoV-2'ye karşı ne kadar iyi koruyacağı henüz tam olarak bilinmiyor.

Araştırmacılar, aşılanmamış kişiler için ilk doz olarak, hâlihazırda COVID-19 aşısı olanlar için





## Mukozal COVID-19 aşıları

Geliştiren Şirket	Aşı Tipi	Uygulama Yöntemi	Güncel Durum
<b>Bharat Biotech (Hyderabad, Hindistan)</b>	Çoğalmayan viral vektör	Burun içi (damla)	Şirket, iki Faz III çalışmasının tamamlandığını ancak sonuçların yayınlanmadığını söyledi. Veriler Hindistan'daki yetkililere gönderildi.
<b>CanSino Biologics (Tianjin, Çin)</b>	Çoğalmayan viral vektör (onaylı kas içi aşının aerosol hâline getirilmiş versiyonu)	Burun ve ağız yoluyla solunur.	Çinli yetkiler tarafından onaylandı.
<b>Beijing Wantai Biological Pharmacy (Beijing)</b>	Zayıflatılmış virüs	Burun içi (sprey)	40.000 kişide Faz III çalışması devam ediyor.
<b>Razi Aşı ve Serum Araştırma Merkezi (Karaj, İran)</b>	Protein temelli	Burun içi (sprey)	Ekim 2021'de İran'da acil durum izni alındı. Faz III denemelerinde (durum bilinmiyor).
<b>Codagenix (Farmingdale, New York) ve Hindistan Serum Enstitüsü (Pune)</b>	Zayıflatılmış virüs	Burun içi (damla)	Afrika'da açıklanmayan yerlerde 20.000 kişide yürütülen Faz II/III etkinlik çalışması, Dünya Sağlık Örgütü Dayanışma Deneme Aşıları'nın bir parçası olarak devam ediyor.
<b>Mount Sinai, Icahn School of Medicine (New York) ve Laboratorio Avi-Mex (Meksika)</b>	Çoğalmayan viral vektör	Burun içi (damla veya sprey)	Mexico City'de 396 kişide Faz II çalışması devam ediyor.
<b>AstraZeneca (Cambridge, İngiltere) Oxford Üniversitesi</b>	Çoğalmayan viral vektör (adenovirüs)	Burun içi (sprey)	Faz I çalışması tamamlandı (hem ilk doz hem de hatırlatıcı olarak).
<b>Meissa Aşıları (Redwood City, California)</b>	Canlı rekombinant	Burun içi (damla veya sprey)	Faz I çalışması devam ediyor (hem ilk doz hem de hatırlatıcı olarak).
<b>CyanVac (Athens, Georgia)</b>	Canlı ve çoğalabilen viral vektör	Burun içi (sprey)	Faz I çalışmaları devam ediyor.
<b>Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Merkezi (Havana, Küba)</b>	Protein temelli	Burun içi (sprey)	Küba'da 5.000 katılımcıyla Faz II çalışması sürüyor.

Londra'daki bir sağlık analizi şirketi olan Airfinity'ye göre, dünya çapında yaklaşık 100 mukozal COVID-19 aşısı geliştiriliyor. Bunlardan yaklaşık 20'si insanlarda klinik deney yürütme aşamasına ulaştı. Bunlardan Hindistan, İran ve ikisi Çin'de geliştirilenlerin güvenliği ve diğer aşılarla kıyasla ne kadar iyi çalıştıklarını test etmek için Faz III çalışmaları tamamlandı.

ise hatırlatıcı olarak mukozal aşıları test ediyor. Bazı mukozal aşılar, enjekte edilen aşılarla aynı içeriğe sahip, tek fark ise sıvı veya damlacıklar hâlinde buruna püskürtülmeleri. Örneğin, CanSinoBIO tarafından geliştirilen mukozal aşı, enjekte edilenle aynı içeriğe sahip, tek farkı aerosoller hâlinde paketlenmesi ve enjekte edilen versiyonun

beşte biri oranında dozlar hâlinde bir püskürtücü ile ağızdan uygulanması. ABD ve Avrupa'daki mukozal aşılarla ilgili büyük ölçekli insan deneme verilerinin incelenmesinin bir veya iki yıl daha süreceği tahmin ediliyor.

Goldman-Israelow ve Yale Üniversitesindeki meslektaşları tarafından fareler üzerinde

yapılan bir araştırmada, bir doz geleneksel aşıdan sonra uygulanan burun içi hatırlatma aşısının mukozal bağışıklığı tetiklediğini ve hayvanları ölümcül düzeyde koronavirüse maruz kalmaktan tamamen korurken kas içine uygulanan aşıda aynı sonuç görülmedi. Al yanaklı makaklarda (Macaca mulatta) yapılan araştırmada,

SARS-CoV-2 mRNA'sını hücrelere vermek için grip benzeri bir virüs içeren başka bir burun içi aşı, hayvanları SARS-CoV-2 enfeksiyonundan tamamen korudu. Araştırmayı yöneten NIAID'deki RNA virüsleri bölüm başkanı Ursula Buchholz, maymunların solunum yollarında ve akciğer dokularında virüs replikasyonu tespit edilemediğini belirtti.

## Etkinlikleri Nasıl ölçülüyor?

Kas içine uygulanan bir COVID-19 aşısının etkili olup olmayacağını kanda dolaşan nötralize antikor seviyelerini ölçerek hızlıca tahmin etmek mümkün. Genellikle seviyenin ne kadar yüksek olduğu korumanın ne kadar iyi olduğu anlamına geliyor. Birçok aşı geliştirici merkez sterilize bağıışıklığı uarmayı amaçlayan mukozal aşuların etkinliğini ölçmek için temelde iki belirleyici etmene bakıyor. Bunlardan ilki IgA ve diğer antikorların seviyeleri, ikincisi ise dokuda yerleşik bellek T hücreleri dâhil olmak üzere solunum yolundaki bağıışıklık tepkileri. Mukozal



aşı etkinliği başka yollarla da belirlenebiliyor. Örneğin Hindistan, Haydarabad'daki Bharat Biotech şirketi, burun içi bir COVID-19 aşısı denemesinde kan serumunda nötralize edici antikorları ölçtü. Bunlar, piyasadaki kas içi aşuların antikor seviyeleriyle eşleşir veya o seviyeleri aşarsa deneme ilk aşamayı geçmiş sayılarak başarılı kabul edilir. Ancak bu yöntemle aşının enfeksiyon veya bulaşmayı önleme yeteneği belirlenemiyor. CanSinoBIO da aşı etkinliğini tespit ederken benzer bir strateji kullanarak kan serumundaki nötralize edici antikorların seviyelerini ölçerek bunları mevcut aşularınkiyle

karşılaştırdı. 4 Ocak'ta, şirketin aerosol hâline getirilmiş mukozal aşısına ilişkin bir Faz II çalışmasının sonuçları açıklandı. Buna göre, hatırlatma dozu olarak uygulandığında, serum antikor düzeylerinin CanSinoBIO'nun kas içine uygulanan aşısından önemli ölçüde daha fazla olduğu bildirildi. Temmuz ayında firma, başka bir raporda antikor seviyelerinin zamanla azaldığını ancak yine de kas içi yolla ortaya çıkanlardan daha yüksek olduğunu söyledi. Şirket ayrıca tükürükteki T hücrelerini ve antikorları da ölçüyor ancak steril bağıışıklığı sağlamak için gereken yanıt seviyeleri henüz bilinmiyor. ■

### Kaynaklar

<https://www.the-scientist.com/news-opinion/pfizer-and-moderna-covid-19-omicron-boosters-get-ok-from-the-fda-70441>

<https://www.livescience.com/faq-updated-covid19-boosters>

[doi.org/10.1038/d41586-022-02824-3](https://doi.org/10.1038/d41586-022-02824-3)

<https://www.livescience.com/faq-updated-covid19-boosters>

<https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/coronavirus-covid-19-update-fda-authorizes-moderna-pfizer-biontech-bivalent-covid-19-vaccines-use>



# Feynman & parçacıklar

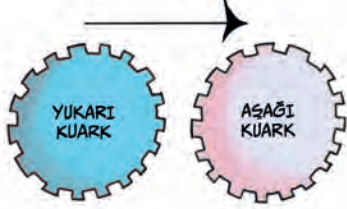
## Bilim Çizgi

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





DÖRDÜNCÜ KUVVET İSE "ZAYIF KUVVET". BU KUVVET, KUARKLARIN "ÇEŞNİSİNİ" DEĞİŞTİRİR. KUARKLAR 6 ADET ÇEŞNİDEN OLUŞUR. ÖRNEĞİN ZAYIF KUVVET ÇEŞNİSİ YUKARI OLAN BİR KUARKI, AŞAĞI KUARK HÂLINE GETİRİR. BU KADAR BASİT!



KUARKLAR, BİR TEMEL PARÇACIK SINIFI. GÜÇLÜ KUVVET İLE BİR ARAYA GELDİKLERİNDE HADRONLARI OLUŞTURUYORLAR. HADRONLAR, PROTON VE NÖTRON GİBİ KUARKLARDAN OLUŞAN PARÇACIKLARIN GENEL ADI.

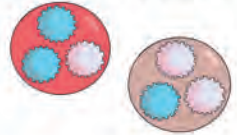
KUARKLARIN FARKLI CİNSLERİNE "ÇEŞNİ" ADI VERİLİR. GÖZLEMLENEN 6 ADET ÇEŞNİ VAR.

+1 ELEKTRİK YÜKÜNE SAHİP PROTON, 2 ADET +2/3 YÜKE SAHİP YUKARI KUARK İLE, -1/3 YÜKE SAHİP AŞAĞI KUARKTAN OLUŞUYOR. TOPLAMI +1 YAPIYOR.

NÖTRON İSE, 2 ADET AŞAĞI KUARK İLE 1 ADET YUKARI KUARKTAN OLUŞUYOR. BÖYLECE TOPLAM YÜKÜ 0 OLUYOR.



NOT: ÜST KUARK, RICHARD FEYNMAN'IN ÖLÜMÜNDEN SONRA KEŞFEDİLMİŞTİR.



BENİM GİBİ BİR SÜRÜ FİZİKÇİ, TEORİK OLARAK NE TÜR PARÇACIKLARIN NASIL BİR ARAYA GELEBİLECEĞİNE ÇALIŞIYOR.



1968 YILINDA, STANFORD DOĞRUSAL HIZLANDIRICI MERKEZİ'NDEKİ DENEYLERDE İLK KEZ PROTONDAN KÜÇÜK PARÇACIKLAR GÖZLENDİ.



PEKİ YA ELEKTRON? O DA MI KUARKLARDAN OLUŞUYOR?



AMERİKALI TEORİK FİZİKÇİ RICHARD FEYNMAN (1918 - 1988), KUANTUM ELEKTRODİNAMİĞİ VE PARÇACIK FİZİĞİ ÜZERİNE PEK ÇOK ÇALIŞMA YAPTI.

HIZLANDIRICILARDA GERÇEKLEŞTİRİLEN HADRON (ÖRNEĞİN: PROTON VE NÖTRON) ÇARPISIMLARINI, "PARTON" ADINI VERDİĞİ DAHA KÜÇÜK PARÇACIKLARLA MODELLEMİYİ ÖNERDİ.

DAHA SONRA, BU "PARTON"LARIN KUARK VE GLUONLARDAN OLUŞTUĞU GÖSTERİLDİ.





# Alev Geciktirici Teknolojiler

Malzemeleri Yanmaya Karşı Dayanıklı  
Hâle Getirebilir miyiz?

Dr. Tuncay Baydemir [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Ateş insanlığın en büyük icatlarından birisi olarak kabul ediliyor ancak ateş ve yanma olayları iyi bir şekilde kontrol edilemediğinde oldukça büyük can ve mal kayıplarına yol açabiliyor. Yangınlar yüzünden her yıl dünya genelinde çok büyük kayıplar yaşanıyor. Bildirilen raporlara göre, 2012-2016 yılları arasında dünya genelinde 17,5 milyondan fazla yangın vakası görüldü ve bu yangınlar 220.000 kişinin ölümü ve 350.000 kişinin de ciddi şekilde yaralanmasıyla sonuçlandı.





dayanıklılık özelliğini de eklemek günümüzde artık kaçınılmaz bir durum. Farklı yöntemlerle uygulanabilen alev geciktirici kimyasallar, malzemelerin yanmaya karşı dayanımlarını artırmak için günümüz teknolojilerinde önemli bir rol oynuyor.

## Yanma Nasıl Gerçekleşiyor?

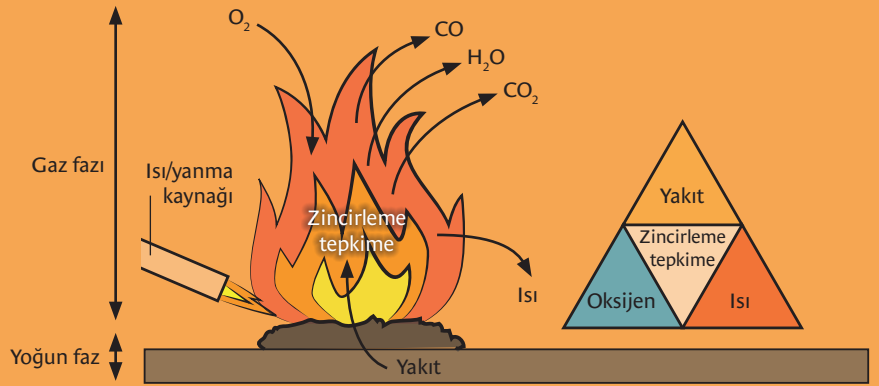
Alev geciktirici sistemler geliştirmek için öncelikli olarak yanma mekanizmasının tam olarak anlaşılması gerekiyor. Uzun yıllar boyunca bu karmaşık süreç yangın üçgeni olarak ifade edilen üç ana öge ile ifade ediliyordu. Ancak günümüzde yanma temel olarak dört ana ögeden oluşan yangın dörtgeni ile gösteriliyor. Bu dört ana öge: yakıt, oksijen, ısı ve gerçekleşen zincirleme reaksiyonlardır.

**K**âğıt ve ahşap çeşitleri ile polimerler ve kompozitler gibi malzemeleri günlük yaşamımızda yaygın olarak kullanıyoruz. Bu malzemeler; tekstil, mobilya, ulaşım, inşaat, elektrik-elektronik, havacılık ve uzay gibi endüstrilerde önemli rol oynuyor. Malzemelerin genel anlamda organik yapıda olması ve kimyasal bileşimleri onları tutuşmaya yatkın hâle getiriyor, dolayısıyla yandıklarında önemli can ve mal kayıplarının yaşandığı yıkıcı sonuçlarla karşı karşıya kalınabiliyor.

Bu tür felaketlerin önüne geçilmesi adına alınacak tüm önlemlerin yanı sıra güvenli ve etkili alev geciktirici ve yanmayı önleyici malzemelerin geliştirilmesi uzun zaman boyunca bilim insanlarının öncelikli hedeflerinden birisi olageldi. Malzeme biliminin gelişmesiyle birlikte günlük hayatta kullanılan pek çok malzemenin yanmaya dirençli hâle getirilmesi için sürekli çalışmalar yürütülüyor. Yaşam standartlarını iyileştiren çok çeşitli malzeme türlerinin

güvenli bir şekilde kullanılması, bu malzemelerden üretilen ürünlerin yanmaya karşı ne kadar dirençli olduğuna doğrudan bağlıdır.

Yeni bir malzeme geliştirirken yapı, tasarım ve kimyasal bileşim gibi bazı faktörler yanma eğilimini belirliyor. Malzemelere istenilen kimyasal ve mekanik özellikleri kazandırmak amaçlanırken aynı zamanda yanmaya karşı



Yanma mekanizması ve yanma dörtgeninin şematik gösterimi

Bir ısı kaynağı ile yanıcı katmanın termal bozunması sonucu uçucu gazlar ortaya çıkar. Bu gazlar havada yeterli miktarda oksijenle temas ettiklerinde yakıt görevi görerek tutuşur. Yoğun fazdaki termal bozunmaya yol açan endotermik tepkime (ısı alan tepkime) ekzotermik tepkime olan (ısı açığa çıkan tepkime) gaz fazındaki yanmaya dönüşür ve sonuç olarak zehirli gazlar, duman ve ısı açığa çıkar. Bu termal geri besleme döngüsü ile malzeme bozunmaya ve alevler zincirleme tepkimelerle sürekli olarak artmaya devam eder. Sonuç olarak yangın giderek büyür.

Tipik bir yangın senaryosunda ilk olarak tutuşma meydana gelir ve yangın gelişim aşaması takip eder. Bu aşamada, ısı yayılım hızı ve sıcaklığın artmasıyla yangın hızla yayılır. Birkaç dakika içerisinde açığa çıkan duman ve ısı parlamaya yol açar. Yangın bu aşamaya ulaştığında artık alevleri kontrol altına almak son derece zordur.

### **Bir yangını tanımlarken kullanılan parametreler:**

**1) Alevlerin Yayılması:** Alevin boyutu ve/veya alevin belirli bir alanı kaplaması için geçen süre

**2) Damlama:** Diğer nesnelere tutuşturabilecek alev damlacıklarının varlığı

**3) Isı salımı:** Yanma sonucunda açığa çıkan ısı miktarı

**4) Duman özellikleri:** Açığa çıkan dumanın opaklığı ve zehirliliği

## **Yeni Malzeme Teknolojileri ve Yeni Yangın Riskleri**

Bilimsel ve teknolojik gelişmeler neticesinde zorlu koşullarda iyi performans gösterebilecek çok çeşitli malzemelerden yapılmış karmaşık ürünler hayatımıza girmeye devam ediyor. Ancak bu malzemelerin genellikle tutuşmaya eğilimli olması yanıcı malzemelerin kullanımını da yaygınlaştırmış oluyor. Diğer yandan, alev geciktirici malzemeler sayesinde pek çok sektörde yer alan polimer malzemeler daha güvenli hâle getirilebilir. Alev geciktiricilerle yapılacak bazı modifikasyonlar, polimer malzemelerin hem kendi başlarına hem de diğer malzemelerle beraber kullanıldıklarındaki yanma eğilimlerini azaltabilir.



Tipik bir yangın senaryosunda ilk aşamada tutuşma ve yangının büyümesi gerçekleşir, alevler büyüyerek tam gelişmiş yangına ilerler ve sonunda yangın sönme aşamasına ulaşır.

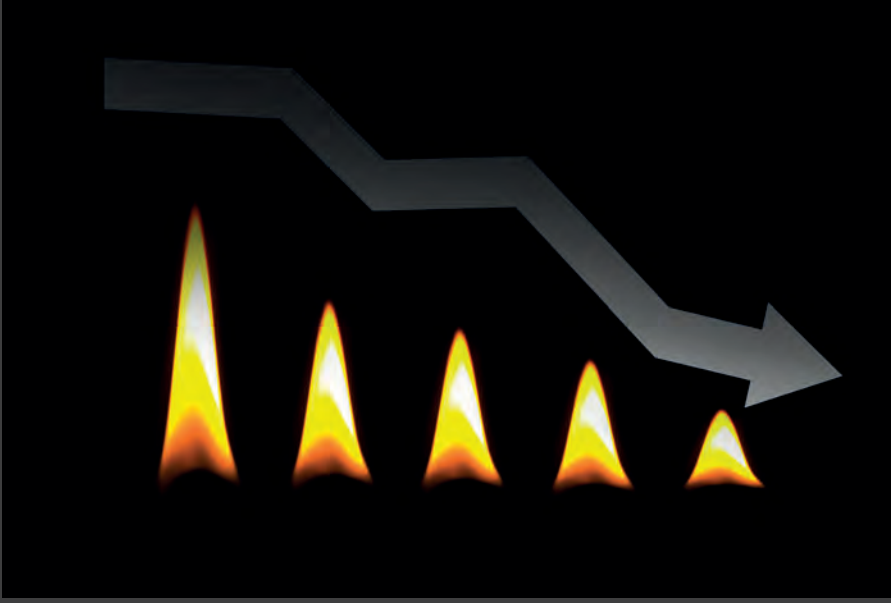
Polimer malzemeler ve türevleri sahip oldukları üstün fiziksel, kimyasal, elektriksel ve mekanik özellikleri sayesinde çoğu malzemenin yerini her geçen gün daha fazla dolduruyor. Ancak polimer malzemelerin çoğunun sahip olduğu organik yapı, onları yanmaya karşı savunmasız kılıyor. Bu nedenle termal açıdan kararlı polimerler tasarlamak ve sentezlemek oldukça önemli hâle geliyor.

## **Alev Geciktiriciler Nasıl Çalışıyor?**

Farklı alev geciktiriciler yapılarına bağlı olarak kimyasal veya fiziksel yöntemlerle eklenerek katı, sıvı ve gaz fazlarında işlevsel olabiliyor. Dolayısıyla her bir farklı malzemenin yanma sürecinde etkin olduğu aşamalar da farklılıklar sergiliyor. Ayrıca bu malzemeler birden fazla yolla da alev geciktirici etki gösterebilir. Örneğin hidroksitler alev geciktirici olarak kullanıldığında yanma esnasında ısı alan bir bozunma tepkimesi geçirerek yüzeyi soğutmaya, oksit koruyucu katman oluşturarak bariyer görevi görmeye ve gerçekleşen tepkimeden ortaya çıkan kararlı gazlarla yanıcı gazları seyreltmeye yarar.

Alev geciktiriciler ana malzemeye eklendiğinde fiziksel ve/veya kimyasal süreçlerle etkin olabiliyor.





parçalanması hızlandırılır ve böylece yanmaya katkı sağlaması engellenir. İkinci olarak ise alev geciktirici materyal, malzemenin yüzeyinde bir karbon tabakası, seramik veya camı bir yapı oluşturur. Böylece yanmanın devam etmesi engellenir.

#### ► **Gaz fazındaki tepkimeler:**

Gaz fazında oluşan ve yakıt işlevi gören serbest kararsız kimyasallar alev geciktiricinin kendisi veya alev geciktiricinin bozunma ürünleri tarafından tutulur. Böylece yangın sırasında ısı açığa çıkaran süreçler durdurulur, sistemin soğuması sağlanır ve yanıcı gazların ortaya çıkması engellenir. Nihayetinde alevler tamamen bastırılır. Özellikle metalik oksitler bu amaçla kullanılır.

Alev geciktirici malzemeler tek başlarına kullanılabildikleri gibi birden fazlası bir araya getirilerek farklı alev geciktirici mekanizmalarının da birlikte çalışması sağlanabilir. Bu sayede elde edilecek sinerji etkisi ile yanmaya karşı koruyuculuğu daha yüksek uygulamalar gerçekleştirilebilir.

#### **Yanma sürecinin fiziksel olarak geciktirilmesinde alev geciktiriciler ne işe yarar?**

##### ► **Koruyucu bir katman oluşturmak:**

Alev geciktirici, düşük ısı iletkenliğine sahip bir kalkan oluşturarak malzemeye olan ısı transferini azaltabilir. Böylece alevleri artıracak yanıcı gazların oluşmasını engeller. Fosfor veya borik asit bazlı katkı maddeleri, inorganik boratlar, silikon bileşikler ya da düşük sıcaklıklarda eriyen camlar bu prensiple çalışır.

##### ► **Soğutmak:**

Eklenen katkı maddesinin bozunma tepkimeleri yanmanın enerji dengesini değiştirebilir. Katkı maddesinin bozunurken çevresinden enerji alması alttaki malzemenin sıcaklığını yanmasının devam edebileceği sıcaklığın altına düşürür.

Alüminyum trihidroksit (ATH) kısmen bu prensibe göre çalışır ve etkinliği kullanım miktarına bağlıdır.

##### ► **Seyreltmek:**

Kararlı bazı dolgu maddelerinin (talk ve kalker gibi) ve bozduğunda kararlı gazlar oluşturan katkı maddelerinin eklenmesi yakıtı seyreltir. Bu sayede gaz karışımının alt tutuşma sınırının aşılması engellenir.

#### **Yanma sürecinin kimyasal tepkimeler yoluyla engellenmesi de mümkün. Bu kimyasal tepkimeler yoğun faz ya da gaz fazında gerçekleşir:**

##### ► **Yoğun fazdaki tepkimeler:**

Bu fazda iki tür tepkime gerçekleşebilir. İlk olarak, kullanılan alev geciktirici tarafından malzemenin

# Alev Geciktirici Olarak Hangi Kimyasallar Kullanılır?

Çok çeşitli kimyasal malzemelerin alev geciktirici olarak etkinlik gösterdiği çeşitli bilimsel çalışmalarla kanıtlandı. Gaz veya yoğun fazda kullanılması planlanan özel kimyasallar, genellikle malzemenin moleküler yapısına ve bu yapının ısıl bozunma davranışına göre seçilir. Bununla birlikte kullanılacak kimyasalların zehirlilik, kirlilik ve biyobirikim gibi zararlı özellikleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, bazı halojen ve antimon temelli kimyasalların alev geciktirici olarak kullanımı bu tür değerlendirmeler sonunda dünyanın çoğu yerinde ya sınırlandırılmış ya da tamamıyla yasaklanmıştır.

## Katkı Maddesi Olarak Uygulanan Alev Geciktiriciler

Alev geciktiricilerin ana malzemeye fiziksel yollarla karıştırılması da uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntem, malzeme üretim süreçlerini etkilemediği gibi aynı zamanda uygulaması kolay ve düşük maliyetlidir. Bu yüzden endüstriyel uygulamalarda sıklıkla tercih edilir.

İnorganik alev geciktirici katkı maddeleri düşük maliyet, düşük zehirlilik, düşük aşınma ve düşük duman salımı gibi nedenlerle sıklıkla tercih edilir. Küresel alev geciktiricilerinin %40-50'sini oluşturan inorganik alev geciktiricilerin başlıcaları arasında metal hidroksitler (alüminyum hidroksit, magnezyum hidroksit vb.) ile metal hidroksi karbonatlar sayılabilir.

Çalışma prensiplerine gelince, bu metal bileşikler ısıdıklarında bozularak yanıcı olmayan su buharı ve/veya karbondioksit açığa çıkmasına neden olur. Bu sayede koruyucu bir katman ile seyreltme etkisini birlikte gösterirler. Diğer yandan bu tür katkı maddelerinin alev geciktirici verimliliklerinin düşük olması çok fazla miktarlarda kullanılmalarını gerektirir; bu da ana malzemenin mekanik özelliklerinin olumsuz etkilenmesine yol açar. Dolayısıyla metal oksitler daha çok geleneksel alev geciktiricilerin performanslarını artırmak için kullanılır.

Fosfor içeren inorganik alev geciktiriciler de geniş uygulama alanı buluyor. Gaz fazında ortaya

çıkan radikaller, yanma sırasında açığa çıkan serbest radikalleri söndürerek yangının ilerlemesini durdurur. Yoğun fazda ise hem korlaşmayı destekler hem de ısı transferi ve yanıcı uçucu maddelerin salımını engeller.

Organik alev geciktiriciler olarak genellikle halojen içeren kimyasallar kullanılır. Bunlar gaz fazda yanma sonucunda açığa çıkan reaktif serbest radikalleri yakalayarak etki gösterirler. Genellikle klor ve brom içeren bu alev geciktiriciler ağırlıklı olarak kullanılmalarına rağmen halojen içeren alev geciktiricilerin çevreye zararları ve toksisiteleri yüzünden kullanımları ya sınırlandırıldı ya da tamamen yasaklandı. Sonrasındaysa araştırmalar halojen içermeyen organofosfor bileşiklerine doğru kaydı. Hem gaz hem de yoğun fazda yüksek yanma önleyici performans gösteren bu bileşikler üzerine araştırmalar yapılmaya devam ediyor.

Organik-inorganik hibrit alev geciktiriciler ise hem inorganik parçacıkların bariyer etkisini hem de organik bileşiklerin serbest



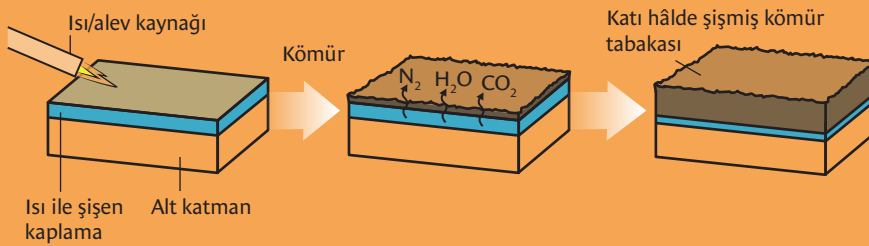
Katkı maddesi olarak alev geciktiriciler



radikalleri tutucu etkisini bir araya getirmek için malzemeye birlikte eklenerek uygulanıyor. Silikon, metal ve fosfor bazlı hibritler bu alanda ön plana çıkıyor.

Şişen alev geciktirici sistemler üzerine de son yıllarda çok sayıda araştırma yapıldı. Bu sistemler genellikle üç bileşenden oluşuyor: asit kaynağı (amonyum tuzları ve fosfatlar gibi), karbonizasyon maddesi (hidroksil içeren bileşikler) ve şişirme maddesi (ısıtıldığında açığa gaz çıkaran melamin ve üre gibi). Yanma sırasında genellikle yoğun fazda çalışan bu sistem, malzeme yüzeyinde gözenekli köpük şeklinde bir tabaka oluşturuyor ve alttaki malzemenin daha fazla yanmasını önüyor. Ayrıca ısı transferini yavaşlatarak yanıcı özellikteki uçucu bileşiklerin yayılmasını engelliyor.

Polimer malzemeler ısıtıldığında termal bozunmaya uğruyor ve bu durum malzemenin üstünde yanıcı gazların oluşmasına yol açıyor. Ortamda ısı ve oksijen varsa buhar hâlindeki bu gazlar yakıt işlevi görüyor ve alevlerin hızlı bir şekilde artmasına yol açıyor. Dolayısıyla



Yoğun fazda çalışan, şişen alev geciktirici kaplama sisteminin şematik gösterimi

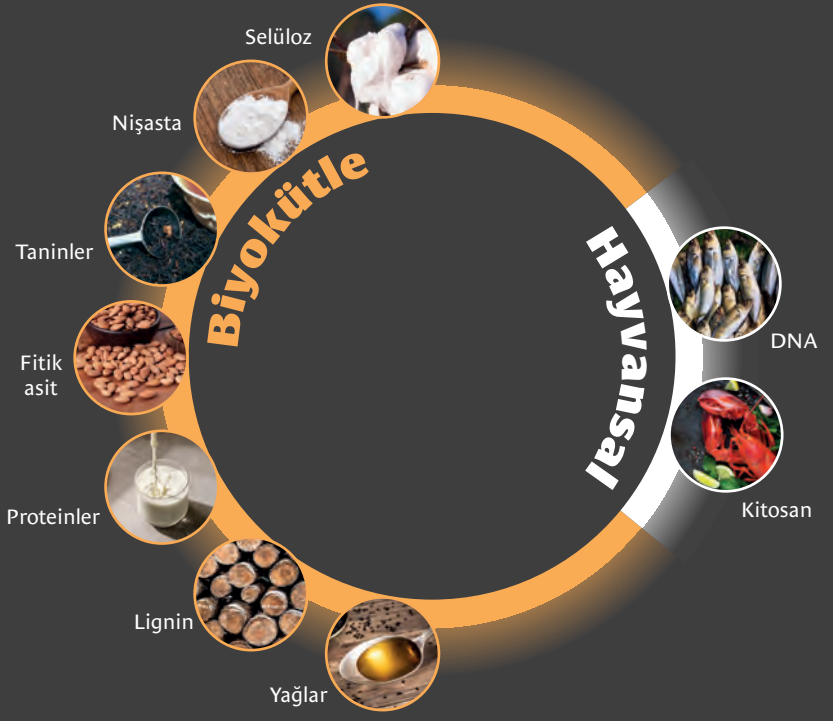


polimer malzemelerin bozunma sürecinde kontrollü bir kömürleşme sağlanırsa malzemeye alev geciktirici özellik kazandırılabilir. Son yıllarda araştırmacılar farklı polimer malzemeler üzerinde konu ile ilgili araştırmalar yapmaya devam ediyor.

21. yüzyılın en önemli teknolojilerinden biri olan nanoteknoloji de alev geciktirici malzemelerde geniş bir kullanım alanı buldu. Polimer nanokompozitler, düşük

miktarlarda kullanıldığında bile yüksek verimlilikte alev geciktirici etki göstermelerinin yanında malzemenin mekanik özelliklerini de güçlendiriyor. Bu yüzden endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak tercih ediliyor.

Nanokompozit bazlı bu malzemelerin alev geciktirici etkileri temel olarak iki şekilde gerçekleşiyor. Bunlardan birincisi, bariyer oluşturarak ısının yayılma hızını düşürmesi ve alevlerin yayılması gibi riskleri azaltması. İkincisinde ise eriyik viskozitesini artırarak yanma sırasındaki eriyik damlamasını önleyerek alevlerin yayılmasını engellemesi. Polimer/katmanlı silikat nanokompozitler, polimer/katmanlı ikili hidroksit nanokompozitler ve karbon bazlı polimer nanokompozitler bu sınıfın öne çıkan malzemeleri arasında gösteriliyor. Diğer bir uygulamada



Biyobazlı alev geciktiriciler.  
Kullanılan malzemeler biyokütle veya hayvansal kökenli olabilir.

da sıvı kristal polimerler sayesinde hem ana malzemenin mekanik özelliklerini geliştirmek hem de alev geciktirici özellik elde etmek mümkün olabiliyor.

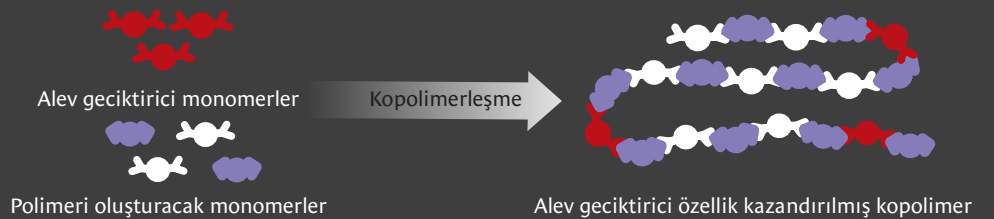
Biyomalzeme bazlı alev geciktiriciler de son yılların gözde çalışma konularından biri hâline geldi. Fosil kaynaklar yerine yenilenebilir kaynakların kullanılmasına gösterilen hassasiyet alev geciktiriciler için de söz konusu olmaya başladı. Özel kimyasal bileşime sahip bazı biyobazlı malzemeler yandıklarında termal olarak kararlı kömür tabakaları oluşturarak alev geciktirici işlevi görüyor. Bunlar arasında karbon bazlı biyomalzemeler (selüloz, nişasta, kitosan ve lignin gibi) ve fosfor bazlı biyomalzemeler (fitik asit gibi) bulunuyor.

## Kopolimerleşme Uygulamaları ile Alev Geciktirici Yöntemler

Katkı maddesi olarak eklenen alev geciktiricilerin malzeme özelliklerini olumsuz etkilemesi, toksik olması ve biyobirikim potansiyeli taşıması araştırmacıların yanmaya dayanım özelliğini polimer malzemelerin molekül zincirine dâhil etmeyi düşünmelerine yol açtı. Kopolimerleşme olarak bilinen bu süreçte alev geciktirici özellik sağlayan birimler molekül

zincirinin içerisine kimyasal olarak yerleştiriliyor ve malzemeye alev geciktirici özellik kazandırılıyor.

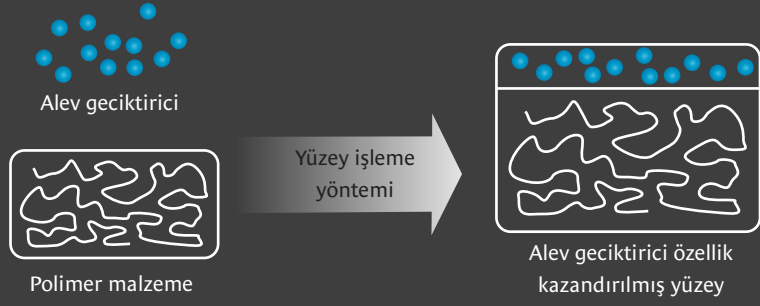
Polyesterler, poliamidler, poliüretanlar, epoksi reçineler ve polistirenler gibi malzemelerde bu yöntem araştırmacılar tarafından başarıyla uygulandı. Yöntem pek çok açıdan başarılı olsa da kopolimerleşme tepkimelerinin oldukça hassas değişkenlere bağlı ve yüksek maliyetli olması gibi dezavantajları da var. Burada da yine halojen, fosfor ve silikon bazlı malzemeler kullanılıyor.



Kopolimerleşme ile malzemeye alev geciktirici özellik kazandırma



# Yüzeye Uygulanan Alev Geciktirici Yöntemler



Malzeme yüzeyine uygulanan alev geciktiriciler

Malzemelerin yüzeylerini kaplama yoluyla da alev geciktirici özellik elde edilebiliyor. Yüzey uygulamaları sayesinde ateş ve malzeme arasında yanmaya dayanıklı bir ara yüzey oluşturulurken aynı zamanda malzemenin özellikleri de bu durumdan fazla etkilenmiyor. Yüzey uygulamaları özellikle köpük ve tekstil gibi yüksek yüzey alanına sahip malzemelere uygulandığında yanmayı henüz ilk aşamalarında engellebiliyor.

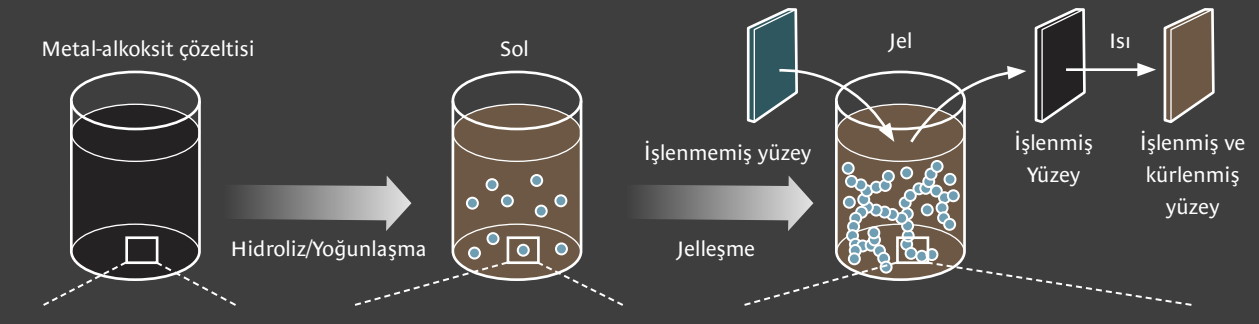
Yüzey uygulamalarının en eskilerinden olan “arka kaplama” yöntemi, alevlere maruz kalacak yüzeyin diğer tarafının alev geciktirici malzeme ile kaplanmasına dayanıyor. Böylece yüzeyin görünümünde ve dokunma hissiyatında bir farklılık oluşmuyor. Bu yöntem özellikle polimer filmler, plakalar ve tekstil malzemeleri için uygulanıyor. Tipik

olarak bu kaplamalar bir reçineye dağıtılmış aktif bileşenden oluşuyor. Reçine sıcağa eriyince aktif alev geciktirici bileşen ile çarpan alev arasında temas sağlıyor ve yangunun büyümesini engelliyor. Yöntem, kimyasalların çeşitliliği nedeniyle ticari olarak yaygın bir şekilde kullanılmaya devam etse de günümüzde yeni araştırmaların yürütüldüğü aktif bir çalışma alanı değil.

Yüksek yüzey alanına sahip tekstil malzemelerinde kullanılan diğer bir yöntem ise daldırma/kurutma tekniği. Bu yöntemde alev geciktirici çözeltisine batırılan malzeme sonrasında kurutuluyor. Bu teknikte alev geciktiricilerin performansını belirleyen en önemli etkenlerden biri, bu malzemelerin yüzeyle kararlı çapraz bağlar oluşturacak şekilde kimyasal olarak bağlanmasıdır.

Bununla birlikte, plazma/ultraviyole destekli teknolojiler sayesinde yüzeye uygulanan alev geciktiricilerin dayanıklılığı artırılabilir. Plazma uygulamalarıyla birlikte yüzeyin kimyasal olarak aktif gruplarının sayısı artırılarak daha etkin bir yüzey kaplaması gerçekleştirilebilir. UV ışığı ile de yüzey ve alev geciktirici kaplama arasında çapraz bağların oluşturulması sağlanıyor.

Sol-Jel alev geciktirici uygulamaları için metal alkoksit bazlı öncü maddelere iki aşamalı hidroliz/yoğunlaşma reaksiyonları tatbik ediliyor. İlk olarak metal alkoksit çözümü içinde dağıtılıyor ve hidrolize ediliyor. Sonrasındaysa daha fazla hidrolize edilen metal alkoksit bir jel oluşturmak üzere yoğunlaştırılıyor ve işlevsel bir kaplama elde etmek için kurutuluyor.



Sol-Jel yüzey uygulaması ile malzemeye alev geciktirici özellik kazandırılıyor.

Diğer bir uygulama yöntemi de katmanlı olarak gerçekleştiriliyor. Bu yöntem, yüzey üzerine yüzeye zıt elektriksel yüke sahip katmanların birbiri ardına uygulanmasına dayanıyor. Tüm yüzey alev geciktirici uygulamalarının içinde bu teknik basitlik, çeşitlilik ve tasarlanabilirlik açılarından avantajlar sunuyor. 100 nanometre gibi oldukça ince yapıda gerçekleştirilen kaplamalar sayesinde yüksek seviyelerde alev geciktirici etki elde edilebiliyor.

Tüm sözü geçen yüzey uygulamalarının yanında son yıllarda alev geciktiricilerin

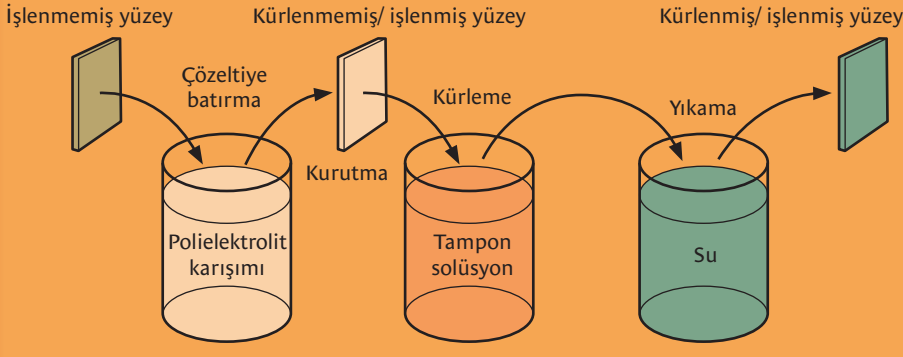
polielektrolitler ile kaplama, kızılötesi yansıtıcı kaplama ve biyotaklit temelli (doğadan esinlenen) kaplama teknikleri ile uygulanması üzerinde araştırmalar devam ediyor.

## Yanma Dayanımı Özellikleri Nasıl Test Ediliyor?

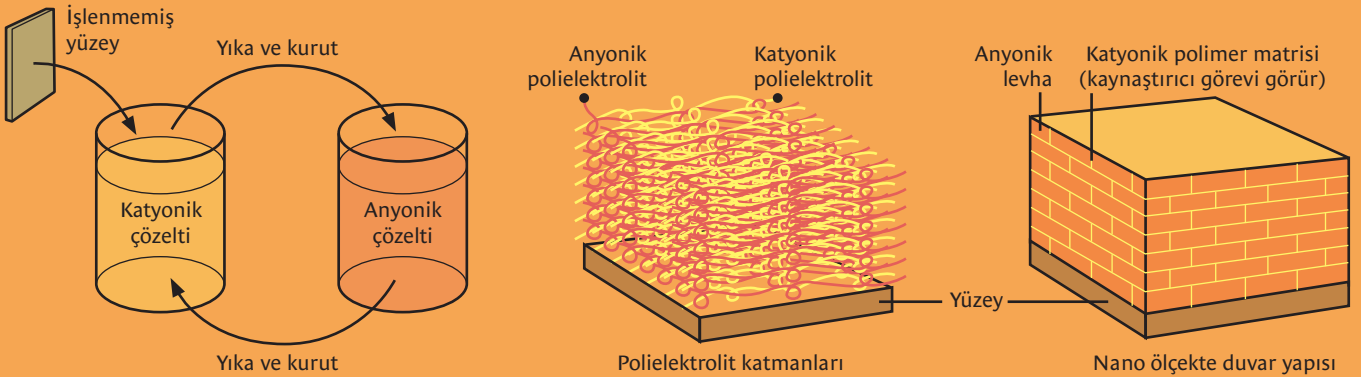
Kendiliğinden sönme davranışı bir alev geciktiricinin başarısını gösteren en net durumdur.

Bir alev geciktirici uygulamasının farklı koşullardaki performanslarını ölçmek için bazı kriterler geliştirilmiş ve standartlar belirlenmiştir. Bu standartlar ülkeden ülkeye bazı farklılıklar gösterebilir. Ayrıca güncellenen güvenlik yönetmeliklerine bağlı olarak da bu standartlar zaman zaman revize edilir. En yaygın kullanılan standart testler, en yüksek ısı salımına kadar geçen süre, toplam ısı salımı ve toplam duman salımı gibi verileri işlenmiş ve işlenmemiş yüzeyler üzerinde karşılaştırarak test eder.

Ancak uygulamanın başarılı olduğunu değerlendirmek için sadece bu standartların sağlanması yeterli değildir. Aynı zamanda hâlihazırda kullanılan alev geciktirici malzemelere kıyasla yeni yöntemin daha az toksik, daha uygun maliyetli ve daha kolay uygulanabilir olması da beklenir.



Yanıcı bir yüzey üzerine uygulanan polielektrolit malzeme biriktirme yönteminin şematik gösterimi. İşlenmemiş yüzey polielektrolit karışımına daldırılır ve kurutulur. Daha sonra tampon çözelti içerisine daldırılarak kaplama sabitlenir. Son olarak yıkama işlemiyle tutulmamış fazla malzeme yüzeyden ayrılır.



Malzeme hedeflenen sayıda katmanla kaplanıncaya kadar sulu çözeltilere dönüşümlü olarak daldırılıyor. Kullanılan malzemelere bağlı olarak çok katmanlı farklı yapılar elde ediliyor ve bu yapılar ana malzemeye alev geciktirici özellik kazandırıyor.

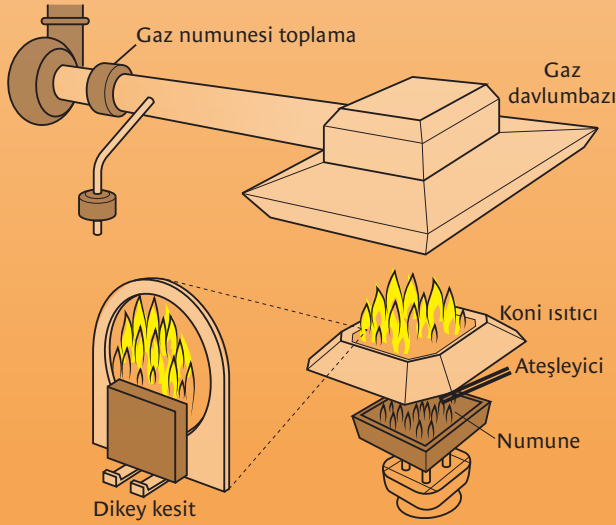


## Alev Geciktirici Standart Test Yöntemleri

Alev geciktirici malzemelerin performansları değerlendirilirken pek çok yöntem uygulanıyor. Uluslararası geçerliliği olan bazı testler, kodları ve bu testlere ilişkin genel bilgileri sizler için kısaca derledik.

### Konik Kalorimetre Testi (ASTM E1354, ISO 5660)

Bu testte 10 cm x 10 cm ölçülerindeki örnekler, bir alev kaynağı ile belirli bir ısı akısına maruz bırakılır. Yapılan analizlerle malzemenin yanma ısı, yanma süresi, ısı yayma hızı, toplam ısı salımı, toplam duman salımı, oksijen tüketimi ve kütle kaybı gibi yanma özellikleriyle ilgili veriler elde edilir.



Konik kalorimetrenin şematik gösterimi

### Mikro Ölçekli Yanma Kalorimetresi (Pirroliz Yanma Akış Kalorimetresi) Testi (ASTM D7309)

Bu yöntemde, miligram ölçekli numuneler ısı eşliğinde parçalanır, bu sırada açığa çıkan yanıcı gazlar yanma odasına gönderilir ve fazla miktarda oksijenle karıştırılır. Sonrasında bu gaz karışımı yakılır ve elde edilen ürünler üzerinden analizler gerçekleştirilir. Genellikle çok küçük numuneleri veya gaz fazında aktif olan alev geciktiricileri test etmek için kullanılır.



Mikro ölçekli yanma kalorimetresi test cihazı

### Sınırlayıcı Oksijen İndeksi (LOI) Testi (ASTM D2863, ISO 4589)

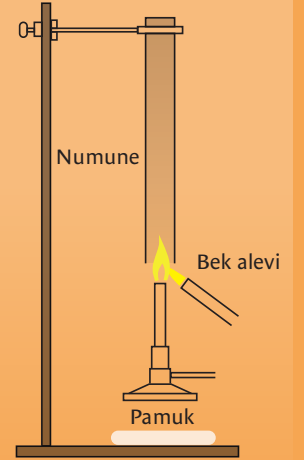
LOI, bir malzemenin yanmaya devam etmesi için gerekli olan en düşük oksijen yoğunluğunu gösterir. Yanmak için atmosferik oksijen yoğunluğundan daha fazla miktarda oksijene ihtiyaç duyan malzemeler yanmaz olarak değerlendirilir. Bir malzemenin LOI değeri hesaplanırken örnekler termal olarak dirençli bir cam tüpün içine dikey olarak yerleştirilir ve farklı oksijen yoğunluklarına göre yanma davranışları değerlendirilir.

Sınırlayıcı oksijen indeksi (LOI) test cihazı



### UL-94 Testi (ASTM D3801, UL-94V, IEC 60695-11-10)

Bu yöntemde, bir bek alevi 10 saniye boyunca dikey asılı bir numunenin tabanına 45 derecelik bir açıyla uygulanır. Numune ilk alev almasından sonra 30 saniye içinde sönerse ikinci kez aynı şekilde 10 saniye boyunca alev maruz bırakılır ve yanma davranışına göre malzeme değerlendirilir. Testin daha az agresif olan yatay versiyonu da yapılır.



UL-94 testinin şematik gösterimi

### Dikey Alev Testi (VFT) (ASTM D6413, NFPA 2112, GB/T 5455)

30,5 cm x 8,9 cm ebatlarındaki numuneler, kapalı bir ortamda 12 saniye boyunca kontrollü olarak metan alevine maruz bırakılır ve alev geciktirici özellikleri test edilir. Tekstil örneklerinin bu testi geçmesi için kendi kendine sönmeleri gerekir. Yanma süresi ve artık kütle gibi bilgiler bu testle elde edilir. Testin daha az agresif olan yatay versiyonu da bulunur.

## Alev geciktiricilerin tarihçesindeki bazı önemli kilometre taşları

# Alev Geciktiricilerin Kısa Bir Tarihçesi

Alev geciktirici malzemelerin tarihini binlerce yıl eskiye götürmek mümkün. Eski Mısırlıların MÖ 484'te ahşap ve pamuğu yanmaya daha dayanıklı hâle getirmek için bazı minerallerden faydalandıkları biliniyor. MÖ 86 Pire Kuşatması'nda ahşap savaş gemileri ve kuleler alum çözeltisi (bir tür alüminyum sülfat tuzunun çözeltisi) uygulanarak yanmaya karşı daha dayanıklı hâle getirilmiş. Bundan yüzlerce yıl sonra bir alev geciktirici malzemenin patenti ilk olarak Obadiah Wyld tarafından İngiltere'de 1735'te alındı ve bu olay modern alev geciktirici endüstrisinin de doğuşuna yol açtı. Fransız kimyager ve fizikçi Louis Joseph Gay-Lussac'ın 1820'lerde Paris'teki tiyatro perdelerine alev geciktirici özellik katmak için yaptığı çalışmalar da alana önemli katkılar sundu. Daha sonra yeni malzemeler ve teknolojilerle birlikte alev geciktiriciler üzerine yapılan çalışmalar büyük bir hız ve çeşitlilik kazandı. 2001 Stokholm Sözleşmesi ile bazı halojenleri içeren alev geciktiricilerin kullanımının yasaklanması gibi çeşitli gelişmelerin de alev geciktiriciler üzerine yapılan çalışmaların geleceğini belirlemede önemli rol oynadığı söylenebilir.

Alev geciktiricilerin uygulanması için kullanılan yöntemler de sürekli bir şekilde değişim ve gelişim gösterdi. Eski Mısır döneminde uygulanan basit kaplama tekniklerinin yerini günümüzdeki karmaşık kaplama teknolojileri ile plazma, sol-jel ve üç boyutlu baskı gibi daha teknolojik uygulamalar aldı.



- (MÖ 484) Eski Mısırlılar**  
Ahşap yüzeylere alev geciktirici olarak potasyum alüminyum sülfat uygulanması
- (MÖ 86)**  
Pire Kuşatması'nda alum ve sirkenin ahşap yapılarda alev geciktirici olarak kullanılması
- (1735) Obadiah Wyld**  
Selülozik malzemelere alev geciktirici olarak alum, demir sülfat ve boraks karışımı uygulanması (551 nolu İngiliz patenti)
- (1820) Joseph Louis Gay-Lussac**  
Alev geciktirici olarak amonyum fosfat ve boraks kullanılması
- (1930)**  
Antimon (III) oksit ve klorlanmış parafin
- (1932)**  
Sentetik polimer malzemeler
- (1950)**  
Klorendik asitin keşfi
- (1956)**  
Alüminyum trihidroksit (ATH)
- (1960)**  
Dekloran plus (DCRP)
- (1980)**  
Halojen, fosfor, azot bazlı alev geciktiriciler
- (1990)**  
Bazı halojen içeren alev geciktiricilerin yasaklanması Nanokompozitler
- (1999)**  
Alev geciktirici olarak nanoparçacıkların kullanılması
- (2001)**  
Stokholm Sözleşmesi
- (2003)**  
Organofosfor alev geciktiriciler

Yeni teknolojiler ve biyobazlı alev geciktiriciler



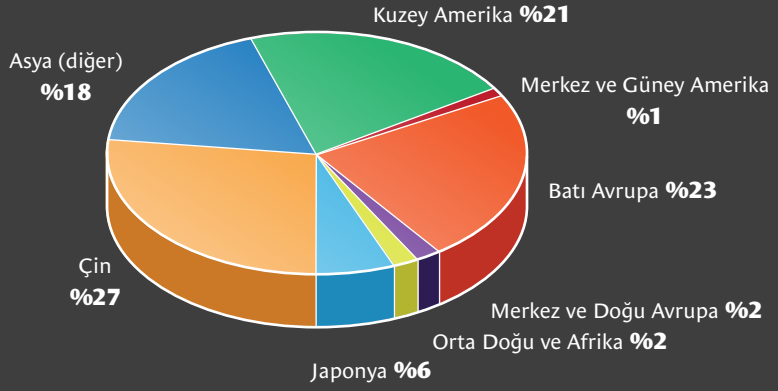
## Alev Geciktirici Malzemeler Büyük Bir Pazar Payına Sahip!

2019 yılında Dünya genelinde 2,39 milyon tondan fazla alev geciktirici kimyasal kullanıldığı bildiriliyor. Alüminyum trihidroksit bu pazarın %38'lik kısmı ile en büyük orana sahip. İkinci sırayı ise halojen (klor ve brom) içeren alev geciktiriciler alıyor. Bu sistemler sinerjik bir etki için genellikle antimon trioksit ile birlikte kullanılıyor. Organofosfor bileşikleri, inorganik fosfor bileşikleri ile azot ve çinko bazlı diğer alev geciktiricilerse geri kalan %32'lik kısmı oluşturuyor.

IHS Consulting'in 2020 yılı pazar araştırmasına göre, son yıllarda alev geciktiricilerin kullanımı sürekli arttı. Bu artış özellikle elektronik sektöründe oldukça belirgindi. Araştırma şirketine

göre alev geciktirici kullanımının yıllık %2,7 oranında büyümeye devam etmesi öngörülüyor.

Alev geciktirici malzemelerin sektörler ve bölgelere göre dağılımına gelecek olursak, plastik ve reçine endüstrilerindeki kullanımın en fazla olduğu söylenebilir. Geri kalan kullanımın büyük bir bölümünü ise tekstil ve kauçuk ürünleri oluşturuyor. 2019 yılı verilerine göre, Asya kıtası %51'lik pay ile alev geciktirici kimyasalların kullanımında ilk sırada yer alıyor. Bu yüzdeler dilimin yarısından fazlası ise en büyük tüketici konumunda bulunan Çin'e ait.

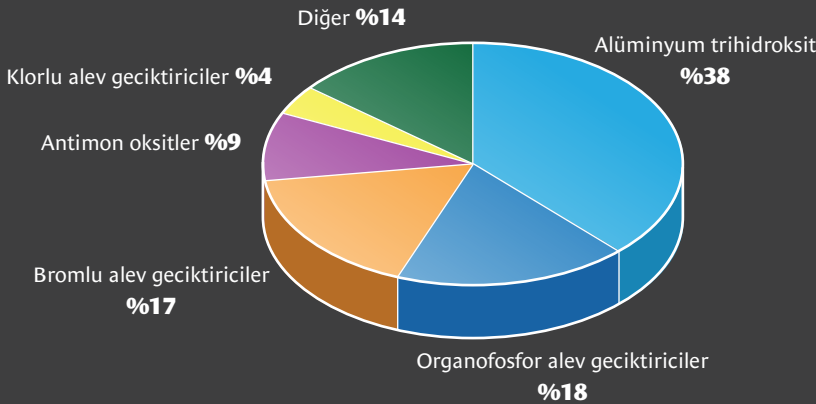


Bölgelere göre alev geciktirici tüketimi (2019)

## Genel Bir Değerlendirme

Teknolojik ve bilimsel gelişmelerle bağlı olarak gelişim gösteren alev geciktirici uygulamalarının güncellenen güvenlik, sağlık ve çevre politikalarına da uyumlu olması gerekiyor. Son dönemlerde alev geciktirici malzeme kullanımına bağlı olarak duyulan endişelerin giderilmesi adına yeni standartlar uygulanmaya başlandı. Böylece doğaya ve sağlığa zararlı alev geciktiricilerin kullanımı yasaklandı. Bununla birlikte, geliştirilen daha etkili uygulamalar sayesinde geçtiğimiz yıllarda pek çok can ve mal kaybının da önüne geçildi.

Modern alev geciktirici malzeme teknolojileri için yapılacak yeni çalışmalarda gereksinimler de süreç içerisinde netleşti. Hem çevre dostu hem de zararsız



Alev Geciktiricilerin Türlerine Göre Küresel Payları (2019)



Araştırmacıların alev geciktirici teknolojiler geliştirirken kullandıkları malzeme ve uygulama yönteminden en yüksek performansı almaya odaklanmaları gerekiyor. Güncel araştırmalarda farklı teknolojilerin aynı anda uygulanması ile alev önleyici özelliklerde sinerjik bir etki elde edilmesi hedefleniyor. Elbette tüm bu çalışmalar yapılırken çevre dostu malzeme ve yöntemlerin kullanımının yanında endüstriyel olarak kolay uygulanabilirlik ve düşük maliyet gibi hususlar da büyük önem arz ediyor. Sonuç olarak araştırmacıların çalışmalarının temelinde tüm farklı olasılıklar için en iyi alev geciktirici sistemlerin geliştirilerek uygulanması hedefleniyor. ■

malzeme ve yöntemlerin kullanılması, çok yönlü bir yangın güvenliğinin sağlanması (tutuşmayı engelleme, açığa çıkan ısıyı ve zehirli gaz salımını azaltma gibi), mümkün olan en az malzemenin kullanılması ile en yüksek verimliliğin elde edilmesi, alev geciktirici özelliğin uzun süre kalıcılığının sağlanması

(kumaşların yıkanması durumunda alev geciktirici özelliğin azalmaması gibi) ve karbon salımının asgari düzeyde tutulması hedeflerine uygun olacak şekilde biyobazlı, geri dönüştürülebilir ve/veya biyobozunur özellik taşıyan malzemelerin geliştirilmesi alev geciktirici teknolojilerinin temel gereksinimleri arasında sayılıyor.

## Kaynaklar

- Liu, B., Zhao, H., Wang, Y., "Advanced Flame-Retardant Methods for Polymeric Materials", *Advanced Materials*, 2107905, 2022.
- Lazar, S.T., Kolibaba, T.J., Grunlan, C., "Flame-retardant surface treatments", *Nature Reviews Materials*, 5, 259-275, 2020.
- Bourbigot, S., Duquesne, S., "Fire retardant polymers: recent developments and opportunities", *Journal of Materials Chemistry*, 17, 2283-2300, 2007.
- Wazarkar, K., Kathalewar, M., Sabnis, A., "Reactive Modification of Thermoplastic and Thermoset Polymers Using Flame Retardants", *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, Cilt 55, Sayı 1, 71-91, 2016.
- Vahabi, H., Laoutid, F. ve ark., "Flame retardant polymer materials: An update and the future of 3D printing developments", *Materials Science and Engineering*, R 144, 100604, 2021.
- Watson, D.A.V. ve Schiraldi, D.A., "Biomolecules as Flame Retardant Additives for Polymers: A Review", *Polymers*, 12, 849, 2020.
- Fanfarová, A., Gašpercová, S., Osvaldová, L.M., "Testing of Fire Retardants", *Applied Mechanics and Materials*, Cilt 861, 72-79, 2016.
- Davesne, A-L., Jimenez, M., Samyn, F., Bourbigot, S., "Thin Coatings for fire protection: An overview of the existing strategies, with an emphasis on layer-by-layer surface treatments and promising new solutions", *Progress in Organic Coatings*, 154, 106217, 2021.
- Olawoyin, R., "Nanotechnology: The future of fire safety", *Safety Science*, 110, 214-221, 2018.
- Madyaratri, E.V., Ridho, M.R. ve ark., "Recent Advances in the Development of Fire-Resistant Biocomposites-A Review", *Polymers*, 14, 362, 2022.
- <https://www.flameretardants-online.com/>
- <https://polymer-additives.specialchem.com/>
- <https://www.americanchemistry.com/chemistry-in-america/chemistries/flame-retardants>
- <http://chemturaflameretardants.com/flameRetardantsInfo.html>



# Tekno-Yaşam

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



## Süpersonik Yolcu Uçakları Geri Dönüyor

Ses saatte 1.234 km hızla yayılır, ses hızını aşabilen uçaklara süpersonik uçaklar denir. Süpersonik hızda uçan ticari yolcu uçağı Concorde, 27 yıllık hizmetin ardından son uçuşunu 2003'te yaparak emekliye ayrılmıştı. Günümüzde kullanılan yolcu uçakları ise ses hızının altında, saatte yaklaşık 900 km hız ile uçabiliyor. Normalde ses hızının üzerine çıkan uçaklar hem aşırı yakıt tüketiyor hem de çok fazla gürültüye yol açıyor. Üstelik bakım maliyetleri de yüksek. Bu gibi nedenlerle tercih edilmeyen süpersonik yolcu uçakları son zamanlarda yeniden gündemde. Daha az yakan ve ucuza mal olan yeni nesil süpersonik yolcu uçaklarının 2029'dan itibaren yolcu taşımaya başlaması planlanıyor. Bu çerçevede birçok havayolu şirketi üreticilere sipariş vermeye başladı bile. Hermeus, Aerion ve Boom gibi birçok yeni firma süpersonik ticari uçak üretme hedefinde. Yakın zamanda 100'den



fazla sipariş alan Boom Overture adlı yolcu uçağı, 1,7 Mach hızına ulaşabilen, yaklaşık 8.000 km menzilli ve 65-80 kişi kapasiteli olacak.

Ses hızının üzerinde yapılan uçuşlar ses patlamalarına neden olduğu için birçok ülke gürültü nedeniyle ticari uçakların ses hızının üstünde uçmasına izin vermiyor. Bu nedenle Boom Overture gibi uçaklar genellikle yalnızca okyanus üzerinde gittiklerinde yüksek hızla uçuşuyor. Buna rağmen Overture'un hâlihazırda 7 saat süren New Jersey - Londra uçuşunu 3,5 saatte tamamlayabileceği düşünülüyor.

<https://bit.ly/ssonik>

# En İyi Yarışçı: Yapay Zekâ

Sony AI (artificial intelligence: yapay zekâ) laboratuvarları gerçek yarışçılarla boy ölçüşebilen bir yapay zekâ programı geliştirdi. Sophy adını verdikleri yapay zekâ, Gran Turismo oyununda dünyanın en iyi oyuncularını geride bırakmayı başardı. Gran Turismo, günümüzdeki pist ve araçları son derece gerçekçi şekilde taklit etmesiyle bilinen bir bilgisayar oyunu. İlk olarak, Sophy'nin boş pistte yaptığı derece hayli etkileyici olsa da boş pistte zaman denemesi yapmakla, gerçek yarışçılarla aynı pistte yarışmak çok farklı şeyler. Nitekim böylesi bir yarışta Sophy başarısız oldu. Bazen fazla agresif olup diğer yarışçılara çarparak ceza alıyor bazen de iddiasız yarıştığı için geride kalıyordu. Sophy'nin yazılımı üzerinde çalışmaya devam eden mühendisler, yapay zekâyâ ne zaman risk alması gerektiğini ve ne zaman güvenli sürmesi gerektiğini öğretti. Böylece Sophy, bir sonraki yarışta tüm sürücüleri geçerek birinci oldu. Üstelik bunu kurallara uygun bir şekilde yarışarak başardı.

Elbette yapay zekânın bir oyunda insanları yenmesi yeni bir şey değil. 1997'de IBM Deep Blue dünya satranç şampiyonu Garry Kasparov'u yenerek tüm dünyayı şaşırtmıştı. O gün bugündür birçok oyunda yapay zekânın başarılarına şahit oluyoruz. Ancak Gran Turismo gibi simülasyon düzeyinde gerçekçilik sunan hareketli oyunlardaki Sophy gibi sanal yarışçıların başarılı olması, gerçek dünyaya yönelik yapay zekâ uygulamaları için bir kapı aralıyor. Mühendislerin bir sonraki hedefi Sophy'i gerçek hayattaki drone müsabakalarında yarıştırmak. Kim bilir belki de gelecekte Formula 1 pistlerinde bir yapay zekâyı gerçek sürücülerle yarışırken görebiliriz. Sophy ile profesyonel bir oyuncunun zamana karşı yarışını izlemek için [https://youtu.be/nZbA\\_CDoWrk](https://youtu.be/nZbA_CDoWrk) adresini, başkalarıyla yarışını izlemek için <https://youtu.be/4Gfm317R7I4?t=1068> adresini ziyaret edebilir ya da yandaki kare kodları akıllı cihazınızdaki barkod okuyucuya okutabilirsiniz.



<https://bit.ly/gt-sophy>



## Artemis: Ay'a Dönüş

NASA, 1972'de Ay'a giden son uçuş olan Apollo 17'den yaklaşık yarım asır sonra Ay'a yeniden astronot göndermek için Artemis programını başlattı. 2017'de başlayan Artemis programına bugüne kadar 40 milyar dolar harlandı. Yakın zamanda gerçekleşmesi planlanan Artemis 1 ile gönderilecek uzay aracının Ay yüzeyinin 100 km üzerinde yörüngeye girmesi planlanıyor. Artemis 1'de insan bulunmayacak, bunun yerine cansız mankenler kullanılacak. Bu mankenler titreşim ve radyasyonun yanı sıra kemiklerle dokulara yansıyan basınç gibi çeşitli değişkenleri ölçen hassas sensörlerle donatılacak. Bir erkek ve iki kadın mankenden oluşan cansız ekip, cinsiyetten kaynaklı fizyolojik farklılıkları yansıtacak şekilde tasarlanacak. Bu sayede gelecek yıllarda yapılacak insanlı Artemis uçuşları için veri toplanacak. Ayrıca ayakkabı kutusu büyüklüğünde 10 mini uzay aracı da yolcu kapsülünden uzaya bırakılacak. Bu mini uzay araçları, Ay yüzeyinin haritalanması gibi görevlerde kullanılacak. Gelecek yıl yapılması hedeflenen Artemis 2, Ay yörüngesinde astronotların da yer alacağı bir gezi olarak planlanırken, 2025 veya 2026'da yapılması planlanan Artemis 3 ile ilk defa bir kadın ast-



ronotun Ay'a ayak basması hedefleniyor. 2027'de yapılacak Artemis 4 uçuşuyla ise Ay'ın yörüngesinde dola- nan I-HAB adında bir uzay istasyonu kurulması planlanıyor. Artemis'in en önemli hedeflerinden birisi Mars yolculuğu için bir ara durak oluşturmak ve insanların güvenli bir şekilde Mars'a gönderilip geri getirilmesiyle ilgili deneme çalışmaları yapmak. Bu program sayesinde Ay yüzeyinde gidebilecek araçlar, yeni nesil uzay kıyafetleri, uzay robotları ve yaşam destek sistemleri gibi birçok teknolojinin olgunlaştırılması hedefleniyor.

<https://bit.ly/artemis-nasa>

## Parolasız Giriş Dönemi



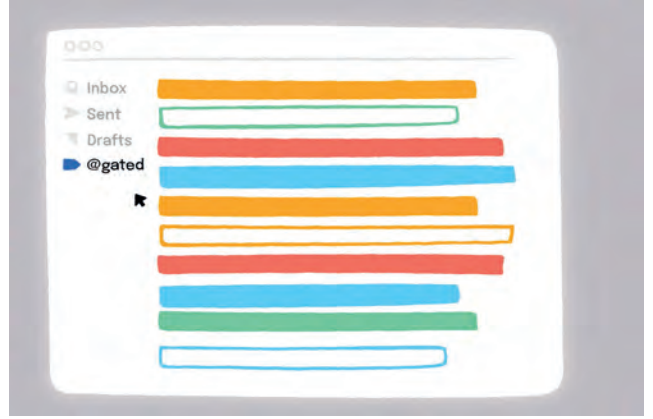
Apple, Google ve Microsoft ortak bir açıklama yaparak mobil, masaüstü ve web için parolasız girişe imkân tanıyacak FIDO adındaki ortak bir standardı destekleyeceklerini duyurdu. Bu sistem sayesinde, üye olduğunuz bir web sayfasına giriş yapmak için Android ve IOS cihazınızın kilidini açmanız yeterli olacak. Cihazınız ilgili web sayfasıyla iletişime geçerek sizin sistemde oturum açmanızı sağlayacak. Böylece parola unutma derdinden de kurtulabileceksiniz.

FIDO standardı bugün için bazı web sitelerinde kullanılabilir olsa da mevcut hâliyle en azından ilk girişte parolayı kullanmak gerekiyor. Ancak yeni dönemle birlikte paroladan tamamen kurtulmak mümkün olabilir. Sistemin gelecek yıl tümüyle aktif hâle gelmesi hedefleniyor.

<https://bit.ly/parolasiz>

# İstenmeyen E-postalara Çözüm

Birçok elektronik posta (e-posta) sağlayıcısı istenmeyen e-postaları (spam) ayrı bir bölümde toplasa da zaman zaman hiç tanımadığımız kişilerden ilgisiz e-postalar alabiliyoruz. Özellikle biraz popüler kişiler için bu durum çok ciddi bir sorun olabiliyor. Gated uygulaması bu soruna pratik bir çözüm üretmiş. Ücretsiz olarak kaydolabileceğiniz bu hizmet sayesinde, hiç tanımadığınız birisi size bir e-posta atmaya çalıştığında o kişiye otomatik bir bilgilendirme cevabı gönderiliyor. Bu e-postada eğer size ulaşmak istiyorlarsa sizin seçmiş olduğunuz bir hayır kurumuna Gated üzerinden küçük de olsa bir miktar bağış yapmaları gerektiği yazıyor. Bu sayede hem sosyal sorumluluk projelerine ara-

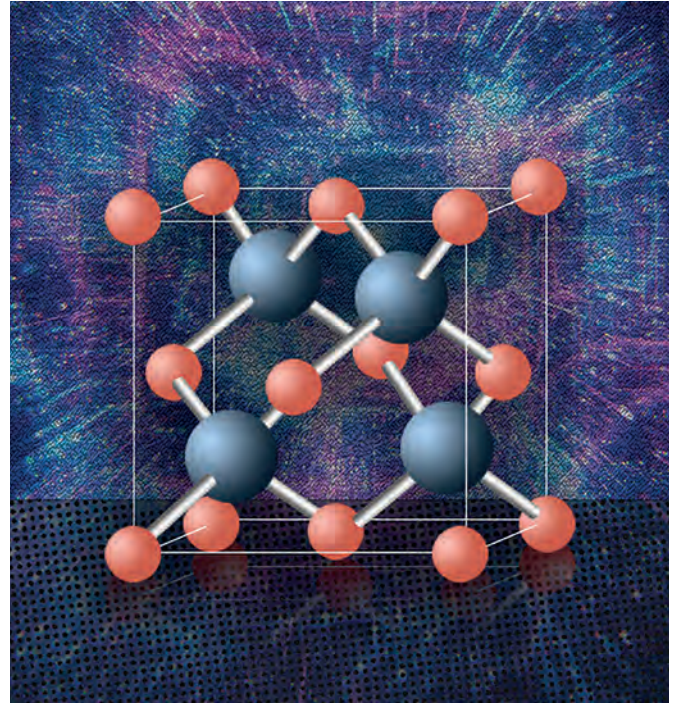


cılık etmiş oluyorsunuz hem de çok alakasız e-postalardan kurtuluyorsunuz. Yaygınlaşır mı bilinmez ama “E-posta için gürültü kesici kulaklık” sloganıyla adını duyuran Gated hayli ilgi çekici bir uygulama.

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

## Yeni Yarıiletken

*Science* dergisinde yayımlanan bir makaleye göre, Amerika Birleşik Devletleri, Massachusetts Institute of Technology'den Gang Chen liderliğindeki bir grup bilim insanı, kübik boron arsenitin silikondan daha iyi özelliklere sahip bir yarıiletken olduğunu ortaya çıkardı. Materyal, özellikle aşırı ısınma konusunda silikona göre çok daha avantajlı bir ısı iletim performansı sağlıyor. Birçok elektronik çip için aşırı ısınma ciddi bir darboğaz oluşturuyor. Kübik boron arsenit bu soruna çözüm olabilir. Öte yandan kristal hâlinde kübik boron arsenit üretmek o kadar da kolay değil. Şu ana kadar üretilen kristaller 1 cm'den küçük boyutlarda. Üstelik termal ve elektriksel özellikleri kristal içinde homojen dağılmıyor. Eğer önümüzdeki yıllarda yüksek saflıkta ve büyük boyutlarda kübik boron arsenit kristalleri üretmenin kolay bir yolu bulunursa bu yenilik çığır açıcı bir gelişme olabilir.



<https://bit.ly/kubik-boron>



# Matematiğin En Prestijli Ödülleri

## Fields, Abacus ve Chern Madalyaları Sahiplerini Buldu

İlay Çelik Sezer [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Prof. Dr. Ekin Özman [ Boğaziçi Üniversitesi Matematik Bölümü

Uluslararası Matematik Birliği (International Mathematical Union: IMU) tarafından verilen ve alanlarındaki en prestijli ödüller olarak bilinen Fields, Abacus ve Chern Madalyaları bu yılki sahiplerini buldu. Bu ödüller 4 yılda bir düzenlenen Uluslararası Matematik Kongresi'nde takdim ediliyor. Fields ve Abacus Madalyaları 40 yaş altı bilim insanlarına yönelik. Chern Madalyası için ise bir yaş sınırı bulunmuyor.





**F**ields Madalyası, adayların hem ortaya koydukları çalışmalara hem de gelecek için başarı vaat etmelerine istinaden üstün matematiksel başarıları takdir etmek amacıyla veriliyor. Abacus Madalyası da bilişim bilimine matematiksel yönden üstün katkılarda bulunan matematikçilere veriliyor.

Bu yıl dört matematikçi Fields Madalyası'na layık görüldü. Hugo Duminil-Copin, istatistiksel fizikteki özellikle üç ve dört boyutlu faz geçişlerine ilişkin rastlantısal kurama ait uzun süredir çözüm bekleyen problemleri çözdüğü için; June Huh, Hodge kuramındaki fikirleri kombinatoriğe uyguladığı, geometrik kafesler için Dowling-Wilson kestirimini kanıtladığı, matroidler için Heron-Rota-Welsh kestirimini kanıtladığı, Lorentzian polinomları kuramını geliştirdiği ve güçlü Mason kestirimini kanıtladığı için; James Maynard, analitik sayı kuramına ve asal sayıların yapılarının anlaşılmasına katkılarının yanı sıra Diophantine yakınlıklarında önemli ilerlemeler sağlayan çalışmalarından dolayı; Maryna Viazovska ise  $E_8$  kafesinin özdeş kürelerin 8 boyutlu uzayda en sıkı şekilde istiflenmesini sağladığını kanıtlamasının yanında bununla ilintili uç problemlere ve Fourier analizindeki enterpolasyon problemlerine katkılarından dolayı Fields Madalyası ile ödüllendirildi.

## Fields Madalyası Kazanan İkinci Kadın Matematikçi

Bu yılki tören, Fields Madalyası'nın 86 yıllık tarihinde ikinci kez bir kadın matematikçinin ödül almasına sahne oldu. Törende Maryna Viazovska'nın matematikteki pek çok başarısından, özellikle de  $E_8$  olarak adlandırılan kafesin kürelerin 8 boyutlu uzayda en sıkı şekilde istiflenmesini sağladığına ilişkin kanıtından bahsedildi. Viazovska'nın çalışmalarını ve başarılarını takdim etmek üzere davetli olarak bir konuşma yapan matematikçi Henry Cohn, Viazovska'nın pek çok insanın deneyip başaramadığı hiç de bariz olmayan keşifler yaptığından söz etti.

Ukrayna'da doğup büyüyen Viazovska ailesiyle birlikte, her iki ebeveyninin de eğitimi ve iş sahibi olmasına rağmen 1980'li yıllarda Sovyet rejiminde, bağımsızlığının erken yıllarındaki olumsuz ekonomik şartlardan dolayı da Ukrayna'da pek çok aile gibi zorluklar yaşadı.

Viazovska daha ilkökul birinci sınıftayken okuma yazma işlerinden çok matematiği sevdiğini fark etti. "Okumada çok yavaş, yazmada çok dağınıktım. Ama matematikte hayli hızlıydım."



Maryna Viazovska



Mariam Mirzakhani

Viazovska, Fields Madalyası'nın 86 yıllık tarihinde ödül alan ikinci kadın oldu. Fields Madalyası kazanan ilk kadın matematikçi ise 2014'te ödüllendirilen ve 2017'de henüz 40 yaşındayken hayata veda eden Mariam Mirzakhani idi.





Ressam M. C. Escher'in dairesel döşeme desenlerinin bir örneği.

şeklinde açıklıyor bu durumu. Eğitiminin sonraki yıllarında da matematiğe olan yeteneği, ilgisi ve tutkusunu dikkat çekiciydi. Lise eğitimini özel programlı bir okulda aldı. Burada öğrencilerin ileri düzey matematik ve fizik konularını anlaması için büyük gayret gösteren öğretmenleri sayesinde güçlü bir temel edindi. Bu okulda öğrenciyken yıllardır istediği Bilim Olimpiyatları'nın rekabetçi dünyasına daldı. Ancak Olimpiyatlar'da hayal ettiği ölçüde başarılı olamadı. Yine de bu sürecin ona kazanmayı ve kaybetmeyi öğrettiğini düşünüyor.

Viazovska bir matematikçi olarak ilk büyük başarısını 2005'te Kiev Üniversitesinde son sınıf öğrencisi iken matematikte yüksek lisans

yapan Andrii Bondarenko ile birlikte ilk orijinal araştırma sonuçlarını yayımladığı zaman yaşadı ve bu başarı kendine olan güvenini güçlendirdi. Bu makaleden sonra kendilerine Danylo Radchenko'nun da katılmasıyla iyi bir öğrenci ekibi oldular ve 2011'de en prestijli matematik dergisi sayılan *Annals of Mathematics*'de, matematik dünyasında hayli ses getiren bir çalışma yayımladılar. Çalışmaları, belirli bir noktalar kümesindeki değerlerine bakarak bir fonksiyonun davranışını analiz etme şeklindeki klasik türde bir problemi irdeliyordu.

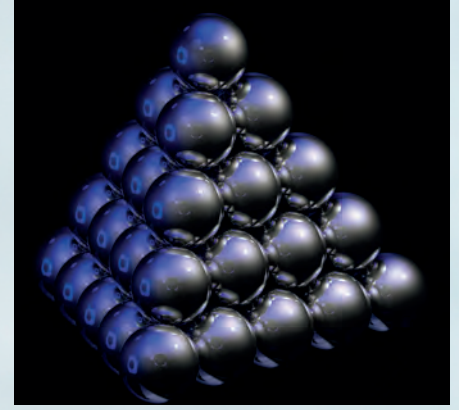
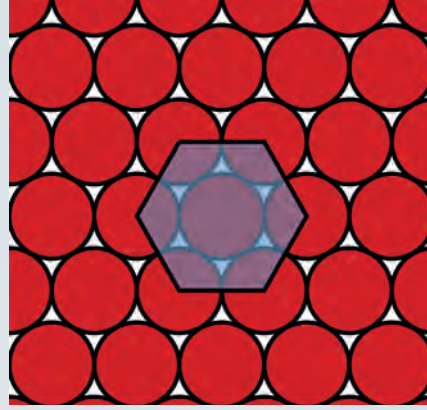
Lisans yıllarında Viazovska çalışmalarını apayrı alanlar olarak görünen cebir ve analiz (kalkülüsün bir genellemesi)

arasında paylaşarak kendi deyimiyle "ikili" bir hayat yaşıyordu. Ancak sonra doktora çalışmaları için Bonn'a gitti ve burada modüler formlar üzerinde çalışmaya başladı. Modüler formlar, ressam M. C. Escher'in dairesel döşeme desenlerinde görülen cinsten özel simetritlerle ilgili fonksiyonlardır. Modüler formlar çokça analiz içeren bir alan olmasına rağmen bunların simetriterini incelemek için cebir de kullanmak gerekiyor. Viazovska böylece bu alanın iki ayrı tutkusunu bir araya getirdiğini söylüyor.

Viazovska, Bondarenko ve Radchenko'yla birlikte üçlü olarak da bir süre çözmeye çalışmış oldukları yüzlerce yıllık bir soruyu yeniden ele alarak modüler formların kürelerin



Dairelerin düzlemde en sıkı şekilde istifleme yolunun petek örüntüsü (solda), kürelerin 3 boyutlu uzayda en sıkı şekilde istiflenme yolunun ise manavlardaki gibi piramit şeklinde (sağda) istiflenme olduğu biliniyordu.



en sıkı şekilde nasıl bir arada istiflenebileceği sorusunu aydınlatıp aydınlatamayacağını araştırmaya başladı. Matematikçiler daireleri düzlemde en sıkı şekilde istifleme yolunun petek örüntüsü, küreleri 3 boyutlu uzayda en sıkı şekilde istifleme yolunun ise manavlardaki gibi piramit şeklinde istifleme olduğunu biliyorlardı. Ancak aynı soru daha yüksek boyutlar için de sorulabilirdi.

Üçten daha fazla boyutlu uzaylarda küreleri en sıkı şekilde istiflemenin yolunu ise kimse bilmiyordu. Ancak iki özel boyut (8 ve 24) için güçlü adaylar vardı. Bunlar  $E_8$  (8 boyutlu için) ve Leech kafesleri (24 boyutlu için) adı verilen, yüksek derecede simetrik ve küreleri matematikçilerin bulabildikleri diğer tüm düzenlemelerden daha sıkı şekilde istifleyebilen iki düzenleme şekliydi.

Harvard Üniversitesinden Noam Elkies, belirli fonksiyonları kullanarak kürelerin ne kadar sıkı istiflenebileceğine ilişkin üst sınırlar hesaplamaya yönelik

bir yöntem geliştirmişti. 8 ve 24 boyutlu uzaylarda bu üst sınırlar  $E_8$  ve Leech'e karşılık gelen yoğunluklarla neredeyse bire bir örtüşüyordu. Matematikçiler bu iki boyutun her birinde, üst sınırı  $E_8$  ve Leech kafesleriyle kusursuz biçimde uyuşan, böylece bunların en sıkı istiflenme düzenleri olduğunu kanıtlayacak "sihirli" fonksiyonlar olması gerektiğinden emindi. Ancak araştırmacıların bu fonksiyonları nerede bulabilecekleri konusunda hiçbir fikri yoktu.

Bondarenko, Viazovska ve Radchenko bir sihirli fonksiyon kurabilme çabasıyla modüler formlara yöneldiler ancak uzun bir süre üzerinde çalışmalarına rağmen çok küçük bir ilerleme kaydedebildiler. Sonunda Bondarenko ve Radchenko dikkatlerini başka problemlere yöneltti. Ama Viazovska kürelerin istiflenmesi konusunu düşünmekten kendini alamıyordu. Kendi deyişiyle problem sanki ona aitti.

Viazovska problem üzerinde birkaç yıl çalıştıktan sonra 8 boyutlu uzay için gereken sihirli fonksiyonu bulmayı başardı. Probleme bulduğu çözüm bir modüler formdan değil, belirli bir "kuazimodüler form"dan (simetrisinde hatalar olan bir form) geldi. Sonuçları açıkladığı makalesi pek çok matematikçi tarafından çok etkileyici bulundu. Cohn da bunlar arasındaydı. Cohn, Viazovska'nın yaklaşımının 24 boyutlu uzayda da geçerli olacağından emin şekilde Viazovska'ya iş birliği teklifinde bulundu. Sonunda Cohn, Viazovska, Radchenko ve iki başka matematikçi bir haftalık yoğun bir çalışma sonucunda Leech kafesinin 24 boyutlu uzayda kürelerin en sıkı şekilde istiflenmesini sağladığını kanıtlamayı başardılar.

Viazovska ve çalışma arkadaşları bunun ardından gözlerini daha da büyük bir hedefe diktiler. Matematikçiler uzunca bir süredir  $E_8$  ve Leech kafeslerinin kürelerin en iyi şekilde istiflenme

şekli olmaktan daha fazlasına sahip olduğunu düşünüyor, bu kafeslerin “evrensel olarak optimal olduklarını”, yani bir sürü kriter (örneğin birbirini karşılıklı iten elektronların boşluktaki ya da kıvrımlı polimerlerin çözelti içindeki en düşük enerjili pozisyonları) için de en iyi düzenlemeyi sağladığı hipotezini savunuyorlardı. Viazovska ve arkadaşları,  $E_8$  ve Leech kafeslerinin tüm bu farklı bağlamlarda enerjiyi minimize ettiğini kanıtlamak üzere çalışmaya başladı ve bir temel oluşturdular. Ancak bu temelin onları kanıtla götürmesi Viazovska'nın bir noktada çok kritik ve cesurca bir kestirimde bulunması sonucunda mümkün oldu. Sonuçta yayımladıkları makale çığır açıcı bir gelişme olarak kabul ediliyor.



Leech kafesinin 24 boyutlu uzayda kürelerin en sıkı şekilde istiflenmesini sağladığını kanıtlamak üzere Viazovska ile iş birliği yapan Henry Cohn, Fields Madalya töreninde de Viazovska'yı takdim konuşmasını üstlendi.

## Asal Sayılarla İlgili, Tarifi En Kolay, Çözümü En Zor Problemlerin Fatihi

2022 Fields Madalyası sahiplerinden biri de Oxford Üniversitesi profesörü 35 yaşındaki James Maynard oldu. Maynard resmî Fields açıklamasına göre “analitik sayı kuramına olağanüstü katkılarından dolayı” ödüllendirildi.

Küçüklüğünden beri kendi yolunu çizmeyi seven bir mizaca sahip olan Maynard, eğitim hayatı boyunca bir şekilde hep matematikle daha çok içi içe olacağı seçimler yaptı. Oxford'daki lisansüstü eğitimi sırasında



James Maynard

matematikteki sıra dışı yeteneği görünür hâle geldi. Doktora tez danışmanı Roger Heath-Brown, Maynard'ın doktora sürecinin ikinci yarısından itibaren artık görüşmelerinin bir danışman-danışan buluşmasından çok birlikte çalışma toplantısı gibi geçtiğini belirtiyor.

Maynard, Oxford'dan ayrılıp bir yıllığına doktora sonrası çalışmaları için Montreal Üniversitesine gittiği dönemde, asal sayıların aralıklarını anlamaya yönelik potansiyel bir yaklaşım üzerine kafa yormaya başlamıştı bile. Bir kural olarak asal sayılar sayı doğrusunda ileri gidildikçe daha seyrek bulunmaya başlar. Ancak bazı açılardan da rastgele sayılar koleksiyonu gibi davranırlar, bu yüzden matematikçiler bu sayıların sıklıkla birbirlerine göre ortalamadan daha yakın ya da daha uzak şekilde konumlanmasını bekler. Matematikteki en



ünlü problemlerden biri ikiz asal sayılar kestirimidir. Buna göre aralarındaki fark sadece 2 olan sonsuz sayıda asal sayı çifti vardır.

Maynard on yıl kadar önce yayımlanmış bir makalede açıklanan, asal sayıları filtrelemeye yönelik bir yöntemin asal sayıların aralıklarının anlaşılmasında da ilerleme sağlayabileceğini düşündü. Bilgisayarlı hesaplamalar da yaparak konu üzerinde çalıştıkça bu doğrultuda anlaşılmayı ve keşfedilmeyi bekleyen bir şeyler olduğuna ilişkin işaretlere rastladı. Doktora sonrası danışmanı Andrew Granville ise Maynard'ı bu yolda gitmekten alıkoymaya çalıştı çünkü bundan tatmin edici bir sonuç çıkmayacağını düşünüyordu. Ancak Maynard hiç oralı olmadı ve çalışmasına devam etti.

Maynard bu konu üzerinde çalışmaktayken sayı kuramı dünyasını sallayan bir gelişme oldu. Adı pek duyulmamış Yitang Zhang adlı bir matematikçi, ikiz asal kestiriminin ispatı değilse de ona o zamana kadarki en yakın ispatı yaptı. Zhang, aralarında en fazla 70 milyon fark bulunan sonsuz sayıda asal sayı çifti olduğunu ispatladı. Bu sırada Maynard asal sayıların aralıklarını anlamaya yönelik kendi yaklaşımı üzerinde çalışmaya devam etti. Yaklaşık altı ay sonra, Zhang'inkinden tamamen bağımsız ve daha güçlü bir yaklaşım ortaya çıkardı.



Maynard'ın ispatı, aralarında en fazla 600 fark bulunan sonsuz sayıda asal sayı çifti olduğunu gösteriyordu. Üstelik Maynard'ın yaklaşımı sadece asal sayı çiftleri için değil; üçlüleri, dördüleri ve daha büyük koleksiyonlar için de (her biri için farklı bir aralık sınırı vermek şartıyla) geçerliydi. Bu, o kadar iyi bir sonuçtu ki Maynard'ın kendisi bile bir yerde bir hata mı yaptım diye bulgusuna kuşkuyla yaklaşıyordu. Granville, Maynard'ın ispatını en küçük ayrıntısına kadar yazması gerektiği, aksi takdirde kimse tarafından tanınmadığı için hiç

kimsenin ona inanmayacağı konusunda ısrarcı oldu. Sonuçta Maynard mükemmel bir makale ortaya çıkardı.

Öte yandan bu sürecin sonlarına doğru beklenmedik bir gelişme yaşandı. Maynard ve Granville, başka bir matematikçinin, hem de Fields Madalyası sahibi ünlü bir matematikçi olan Terence Tao'nun da aynı sıralar aynı sonucu elde ettiğine ilişkin bir duyum aldı. Zhang'ın 70 milyon üst sınırıyla ilgili ispatı yayımladıktan sonra matematikçiler bu üst limiti aşağı çekmek üzere büyük bir iş

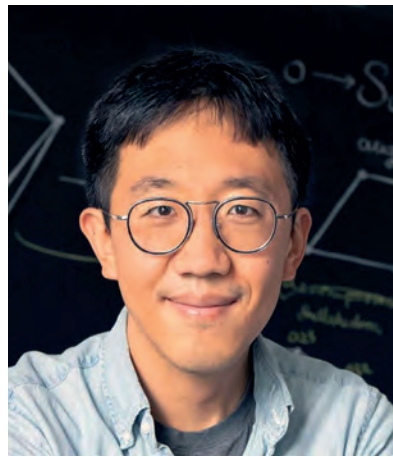
birliği içine girdiği zaman Tao da bu problemle ilgilenmeye başlamıştı. Doğrusu Tao, Maynard'ın sonucunu duyuncaya kadar kendi ispatıyla gurur duyuyordu. Ancak Maynard'ın ispatını okuyunca onun daha net sonuçları olduğunu ve biraz daha güçlü ifadeler kanıtladığını gördü. Bunun zerine büyük bir yüce gönüllülük rneği göstererek bu kadar genç bir matematikçinin başarisını glgelememek adına kendi sonucunu yayımlamaktan vazgeçti. Biliyordu ki Maynard'la ortak bir yayın yapsalar herkes için asıl zor kısmını Tao'nun yaptığını düşünecekti.

Maynard asal sayılar arasındaki kk aralıklarla ilgili ispatını yayınladıktan sonra sayı kuramcıları onun ortaya koyduğu anlayışı hemen başka problemlere de uygulamaya başladı. Ancak bu doğrultuda da en büyük başarı yine bizzat Maynard'dan geldi. Maynard asal sayıların büyük aralıklarının nasıl ele alınması gerektiğini de zerek bu konuda 75 yıldan uzun bir süredir hiçbir ilerleme sağlanamamış tahminleri geliştirdi. Granville, Maynard'ın kendi yöntemini bu yeni senaryoya uygulamasını sayı kuramında gördüğü en akıllıca numaralardan biri olarak niteliyor. Maynard daha sonra yaptığı bu ve benzer çalışmalarla da orijinalliğini ortaya koydu ve sayı kuramı dünyasında büyük bir heyecan uyandırdı.

## Matematikte Kendini Bulan Kayıp Ruh: June Huh

Bu yıl Fields Madalyası kazanan matematikçilerden biri olan June Huh belki de en sıra dış hikyelerden birinin kahramanı. Uzattığı niversite hayatının altıncı senesine kadar matematiğe yönelik en kk bir ilgisi olmayan Huh, bugün kombinatorik ve geometri alanları arasında bağlantılar kurarak ortaya koyduğu st düzey keşifler sayesinde 39 yaşında Fields Madalyası sahibi oldu.

Huh'ın matematiksel olarak en önemli özelliği, matematiğin farklı alanlarında "gezerek" tam da doğru nesnelere bulma yeteneği. Huh, görünürde birbirinden uzak alanlar olan geometri ve kombinatoriği birbiriyle diyaloga geçirmek için tam da gereken



June Huh

nesnelere belirlemeyi başardı. Lisansüstü eğitim döneminden itibaren matematiğin diğer dallarına uğrayıp dolambaçlı yollar katederek her bir ispatın kalbine ulaşmak suretiyle kombinatorikteki birkaç önemli problemi zvmeyi başardı.

Aslında bu anlamda Huh'ın hayat hikyesinin de matematik yapma şekline benzediği söylenbilir. Gençken matematiğe yönelik herhangi bir tutkusu olmayan ve aslında neyle ilgilendiğini, neye yetenekli olduğunu ve ne yapmak istediğini bile bilmeyen Huh; bir tesadüf sonucunda matematiği sevebileceğini anlamış.

Huh herhangi bir günde sadece üç saatliğine odaklanarak alışıyor. Ancak bu sürede çalıştığı şey bir matematik problemi olabildiği gibi bir derse hazırlanmak ya da oğluna doktor randevusu ayarlamak gibi rutin bir iş de olabiliyor. Hatta genellikle neye odaklanmak istediği üzerinde pek fazla kontrolü olmadığını kendisi de itiraf ediyor. Sevdiği bir şey bile olsa, kendisini bir şey yapmaya zorlamanın ve belirli planlar yapmanın asla işe yaramadığını da belirtiyor. Ayrıca dikkatini bir şeyden başka bir şeye geçirmekte de zorlanan bir yapısı var.

Aslında bu durum Huh'ın kklğnden beri böyleydi. Okula gitmek onun için işkence gibiydi. Aslında ğrenmeyi seviyordu ama sınıf düzeni içinde



bir şeye odaklanmayı ya da dersten bir şeyler kapmayı başaramıyordu. Bunun yerine kendi kendine kitap okumayı ve evlerinin yakınındaki bir dağda yürüyüşe çıkmayı yeğliyordu.

Matematikten kaçınmak için elinden geleni yaptı. İstatistik hocası olan babası bir keresinde ona bir çalışma kitabından sorular çözdürmeye çalıştı. Ama o cevapları arkadan kopyalamayı tercih etti. Lise yıllarında şair olma tutkusuyla okulu bırakmayı düşündü. Ancak sonra bunun kendisi için o kadar da tatmin edici bir uğraş olmadığını fark etti. 2002’de Seul Ulusal Üniversitesine girdiğinde kendini tamamen yönsüz ve amaçsız hissediyordu. Bir



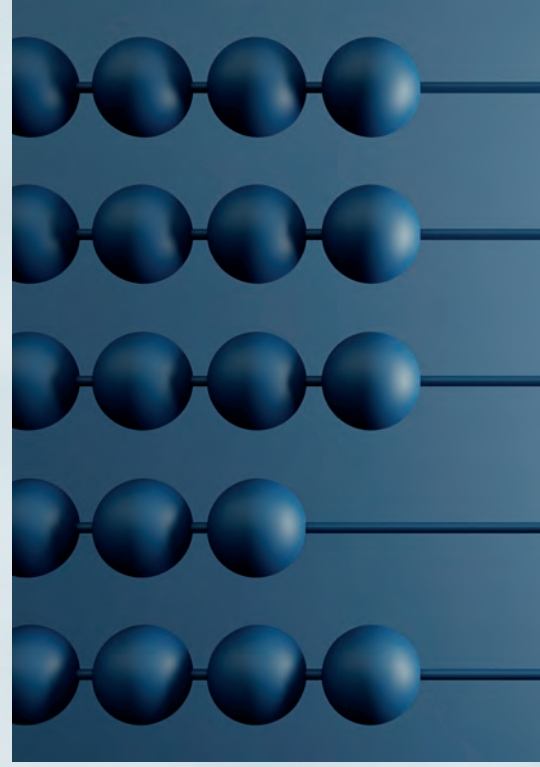
The Heidelberg Laureate Forum

1970’te Fields Madalyası kazanan Heisuke Hironaka, Huh’ın hem matematiğin büyüdü dünyasına girmesine vesile oldu hem de hayli geç dâhil olduğu matematik alanında açıklarını kısa sürede kapatmasına âdeta bir usta-çırak ilişkisi içinde yardım etti.

ara bilim yazarı olmayı düşünüp astronomi ve fizik okumaya karar verdi. Ancak sıklıkla dersleri kaçırıyor ve bazı dersleri tekrar almak zorunda kalıyordu. O dönemi, “Genellikle kaybolmuş hissediyordum. Ne yapmak istediğimi, neye iyi olduğumu bilmiyordum.” şeklinde betimliyor Huh.

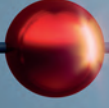
Altı senelik üniversite hayatının son yılındayken, 1970’te Fields Madalyası kazanmış ünlü bir matematikçi olan Heisuke Hironaka’nın verdiği bir derse kaydoldu. Huh çabucak karizmatik bir hoca olan Hironaka’nın etkisinde kaldı. Ama onu ilk günden itibaren büyüleyen şey yalnızca hocanın karizması değil, aynı zamanda matematiğin kendisi oldu. “Cebirsel Geometriye Giriş” olarak sunulan derste, normalde cebirsel denklemlerin çözümleri ve bunların geometrik özelliklerinin işlenmesi gerekirken Hironaka belirli tiplerdeki uzaylara odaklanan bir alan olan tekillik kuramı adlı bir alanda kendi yaptığı çalışmalardan söz ediyordu. İki yüz kişiyle başlayan sınıf mevcudu hızla azaldı ve derste kala kala Huh dâhil beş öğrenci kaldı.

Huh hayatında ilk defa matematiksel bir araştırmaya gerçek zamanlı olarak tanıklık ediyordu. Hironaka’nın dersleri diğer lisans dersleri gibi yapılandırılmış, soruları önceden cevaplandırılmış dersler değildi.



İşte tam da bu belirsizlik, hiç kimsenin nasıl yapıldığını bilmediği bir şeyi yapmaya çalışmak, bilinmezliğin verdiği özgürlük ve böyle bir durumda mümkün olabilecek sürprizler Huh’ın hoşuna gitti.

Hironaka belki de bunu fark ederek Huh’la daha fazla ilgilenmeye başladı. Huh mezun olup Seul Ulusal Üniversitesinde bir yüksek lisans programına başladıktan sonra Hironaka ile bol bol zaman geçirdi. Tatillerde Japonya’ya onunla birlikte gidiyor, Tokyo ve Kyoto’da onunla kalarak matematik konuşmaya devam ediyordu.



Pek parlak olmayan lisans deneyimi yüzünden ABD’de başvurduğu bir düzine doktora programının biri hariç hepsinden red aldı. 2009’da University of Illinois, Urbana-Champaign’de doktora başladı. Başka bir ülkede yaşamaktan kaynaklanan zorluklara rağmen doktora sırasındaki deneyimleri çok değerliydi. Kendini tamamen matematiğe verebilmişti ve matematiği en başta kendisine çekici kılan keşif özgürlüğünün tadına varabilmişti.

Kısa sürede sivrilmeyi başardı. Henüz Illinois’de doktora öğrencisi iken graf (çizge) kuramındaki 40 yıllık bir problem olan “Read’s kestirimi”ni ispatlamayı başardı. Ortaya koyduğu çözüm matematik

camiasını şaşırttı. Daha önce doktora başvurusunu reddeden Michigan Üniversitesi Huh’ı davet ederek doktora programına aldı. Huh matematikçileri davranışlarıyla da etkiledi. Huh’ın konuşmaları ve konferansları anlaşılır ve somuttu. Onunla konuşulduğunda üzerinde çalıştığı kavramlar hakkında hem derin hem de geniş bir biçimde düşündüğü açıkça görülüyordu. Bir lisansüstü öğrencisi için şaşırtıcı derecede olgun görünüyordu. Çalışma arkadaşları Huh’ın aynı zamanda son derece mütevazı biri olduğunu da vurguluyor.

Huh daha sonra Eric Katz ile birlikte çalışarak matroid adı verilen nesnelere ilgili önemli bir ispat daha yaptı. İkili tüm matroidler için log dışbükeyliğini ispatlayarak “rota kestirimi” adı verilen problemi çözdü. Hodge kuramındaki fikirleri kombinatoriğe getirmesi, geometrik kafesler için Dowling-Wilson kestirimini kanıtlaması, Lorentzian polinomları kuramını geliştirmesi ve güçlü Mason kestirimini kanıtlaması da Huh’ın diğer önemli başarıları arasında yer alıyor.

## Matematiğe Sportif Yaklaşımıyla Hugo Duminil-Copin

2022 Fields Madalyası sahiplerinden Hugo Duminil-Copin, gerek matematiğe yaklaşımı gerekse kişiliği ile matematikçilerle ilgili kimi klişeleri ya da ön yargıları yıkıyor. Örneğin matematiğin genellikle bireysel bir uğraş olduğu düşüncesinin aksine, Duminil-Copin çalışmalarının her aşamasında paylaşımı, tartışmayı ve konuşmayı seviyor. Yine matematikçilerin genellikle içe dönük yapıda olduğu düşüncesinin aksine, onun dışa dönük ve sosyal bir kişiliği var.

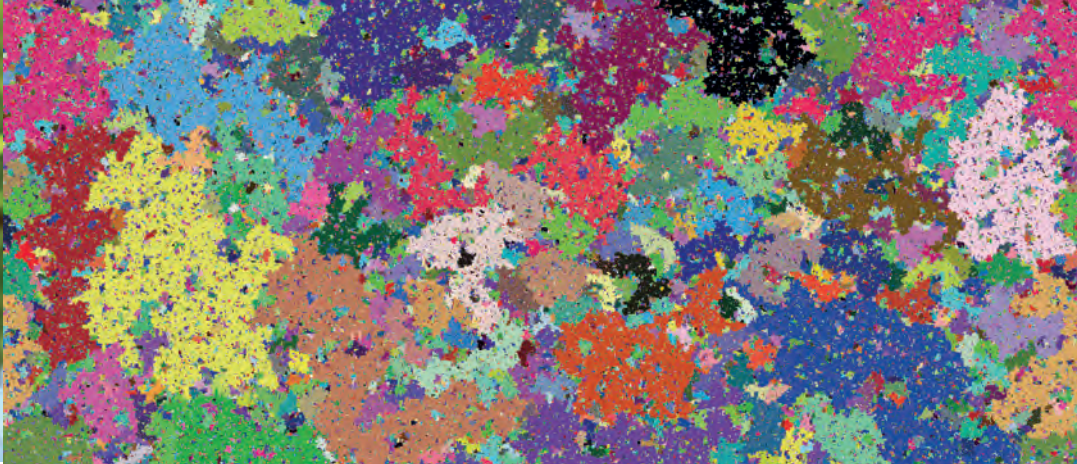
Duminil-Copin’in karmaşık ağların akışla ilgili özelliklerine ilişkin geliştirdiği anlayışlar ona bu yıl Fields Madalyası kazandırdı. Sportif bir insan olan Duminil-Copin yürüyüş yapıyor, bisiklet sürüyor, yüzüyor, turmanıyor ve sıklıkla da bu etkinlikleri sırasında matematiksel aydınlanmalar yaşıyor. Farklı etkinliklere olan ilgisi matematiğine de yansımış durumda. Matematikçilerin faz geçişlerine ilişkin anlayışını dönüştürmeye yönelik devam eden çabaları kapsamında matematiğin çeşitli alanlarından araçlar topluyor.

Duminil-Copin, matematik ve fizik arasındaki sınırda gezinerek





Hugo Duminil-Copin



Perkolasyon araştırmalarında model simülasyonları sonucunda elde edilen bir grafik örneği.

sıvıların gözenekli bir ortamda, örneğin suyun kahve tanecikleri arasındaki akışına ilişkin modelleri inceliyor. Rastlantısal ağlarda bağlantılı kümeler oluşmasını da içeren bu tür modeller bir hastalığın yayılması, bir haberin dolaşımı ve bir orman yangınınun ilerlemesi gibi olguları da betimleyebiliyor.

Duminil-Copin'den önce bu modellerle ilgili perkolasyon kuramı adı altındaki çalışmalar biraz tıkanmış hâldeydi. Görece basit tipte bir perkolasyon modeli bile ancak 1990'larda etraflıca anlaşılabilmişti. Fakat çoğu model anlaşılmaktan uzaktı. Duminil-Copin bu daha karmaşık olan modelleri aydınlatarak daha genel bir perkolasyon kuramı inşa etti.

Çalışma arkadaşları tarafından son derece enerjik, tutkulu ve iyimser biri olarak tarif edilen Duminil-Copin'in hep aktif bir hayatı oldu. Paris'in bir banliyösünde büyüyen Duminil-Copin zamanını gitar çalarak, arkadaşlarıyla vakit geçirerek ve ailesiyle kamp, yürüyüş ve kayak

gibi sporlar yaparak geçiriyordu. En çok da sporla uğraşmayı seviyordu ve hentbol oynuyordu. Matematik, tek olmak bir yana, birincil ilgi alanı bile değildi. Hatta hangi koleje gideceğine karar verme aşamasında bilim ve spor arasında kararsız kalmıştı. Fakat sonra matematik ve fen ağırlıklı bir okula girdi. Burada sınıfın en zayıf öğrencilerinden biri olarak başlayıp en tepeye çıktı. Hiçbir zaman cesaretini yitirmediğini, her zaman pozitif olduğunu ve en azından yaptığı şeyden keyif almaya çalıştığını belirten Duminil-Copin'in bu tutumu Fransa'da lise sonrası, üniversite giriş sınavlarına hazırlandığı süreçte, stresini kontrol etmesinde çok işe yaradı. Sonuçta Fransa'nın en iyi üniversitelerinden biri olan Paris'teki École Normale Supérieure'e girdi.

Duminil-Copin o zamana kadar fizik mi matematik mi okumak istediğinden tam da emin değildi. Bir yandan dünyayı anlamak istiyor, bir yandan da net ve kendi kendine yeten açıklamalara ihtiyaç duyuyordu. İlki fiziğin, ikincisi ise

matematiğin sağlayabileceği şeylerdi. Sonuçta Duminil-Copin matematiğin fiziğe çok yakın olan ve tamamen fiziksel süreçlerden yola çıkılan bir alanına, perkolasyona odaklandı. Cenevre Üniversitesinde yaptığı doktora çalışmasında elde ettiği bulgular matematik alanındaki en prestijli dergi sayılan *Annals of Mathematics*'te yayımlandı. Duminil-Copin doktorasını bitirdiği gün Cenevre Üniversitesinden teklif aldı ve 2 yıl sonra 2014'te, henüz 29 yaşındayken profesör oldu. O zamandan bugüne kadar da perkolasyon alanında pek çok çıkış açıcı keşif yaptı ve hatta bu alanı yeniden şekillendirdi. Swiss Federal Institute of Technology Zurich'ten (ETH Zurich) Wendelin Werner, Duminil-Copin'in alanda yanıt bekleyen soruların aslında yarısını çözdüğünü belirtiyor.

Duminil-Copin'in bilimsel dehasının yanında en öne çıkan özelliği ise başkaları için, toplum için sorumluluk duyması. Duminil-Copin gerek konuşurken gerek öğretirken ve gerekse yazarken başkalarını nasıl

etkileyeceği konusunda çok dikkatli davranan biri. ETH Zurich'ten birlikte çalışma da yaptıkları yakın arkadaşı Vincent Tassion, Duminil-Copin'in aşırı derecede cömert biri olduğunu, birlikte çalışma yaparken karşısındakine bir alan tanıdığını, karşısındakinin kendini zeki hissetmesini sağladığını ve bunun çok motive edici olduğunu belirtiyor. Duminil-Copin için elde ettiği sonuçları olabildiğince genel ve iyi bir şekilde yazmak bile bir saygı meselesi. Gerek zamanını harcayarak makaleyi okuyacak matematikçilere gerekse onun sonuçlarına binaen çalışmalar yapacak araştırmacılara karşı bu sorumluluğu hissediyor. Bu, bir ispatı rafine edip özüne indirmek ve gereksiz ya da kafa karıştırıcı parçaları çıkarmak üzere yıllar harcaması anlamına bile gelebiliyor. Önemli çalışmalarının birinde var olan ispatını, alana yeni başlayan öğrencilerin daha kolay anlayabilmesi için basitleştirdiği biliniyor. Fields Ödülü töreninde Duminil-Copin'i takdim konuşmasını yapan, Imperial College London'dan Martin Harier onun birtakım şeyleri ilk kez ispatlayan kişi olmaktan ziyade, bir şeyleri başkaları için gerçekten anlaşılır kılmayı içtenlikle önemseydiğini belirtiyor. Duminil-Copin, Fields Madalyası'nı kazandıktan sonra artık matematikte araştırmamanın ne olduğunu ve neden önemli olduğunu doğru şekilde gösteren bir nevi elçi rolü de oynaması gerektiğini hissediyor.

## İletişimi Anlamaya Yönelik Yeni Bir Yol Geliştiren Bilim İnsanına Abacus Madalyası

2022 Abacus Madalyası bilişim karmaşıklık kuramını geliştiren çığır açıcı araştırmalarından dolayı Mark Braverman'a verildi. Bilişim karmaşıklık kuramı, bilişim kuramını kullanarak iletişim protokolleri ile ilgili mantık yürütmeyi sağlayan bir çerçeve sunuyor. Braverman'ın çalışmaları amortize iletişimde daha düşük sınırlar veren doğrudan-toplama kuramlarının, dahiyane protokol sıkıştırma yöntemlerinin ve gürültüye dirençli yeni etkileşimli iletişim protokollerinin yolunu açtı.

38 yaşındaki Braverman 10 yıldan uzun bir süredir, yaklaşık 80 yıl önce Claude Shannon'ın başlattığı öncü çalışmaları genişletip zenginleştirerek etkileşimli iletişimin yeni ve dönüştürücü bir kuramını geliştirmekle uğraştı. Braverman'ın büyümekte olan çerçevesi araştırmacıların "bilgi" gibi soyut kavramları kesin matematiksel terimlere çevirebilmesini sağlıyor. Böylece zor problemleri daha kesin ifadeler hâlinde yeniden ortaya koyabiliyorlar. Braverman'ın

programı, hesaplamaların sınırlılıklarına ilişkin yeni anlayışların yolunu açıyor ve insanların çevrim içi etkileşim biçimine doğrudan değiniyor.



Mark Braverman

Lance Murphey

IMU'nun ödüle ilişkin açıklamasında Braverman'ın bilgi karmaşıklığı kuramına katkılarının, iki taraf birbiriyle iletişim kurduğu zaman ortaya çıkan bilgi maliyetinin farklı şekillerde ölçülmesine ilişkin daha derin bir anlayışa olanak sağladığı belirtiliyor. Braverman'ın çalışmaları, iletim hatalarına daha dayanıklı yeni kodlama stratejileri ile veri iletimi ve veri üzerindeki değişiklikler sırasında veriyi sıkıştırmaya yönelik yeni yaklaşımlar geliştirilmesinin yolunu açtı.

Braverman; 1984 yılında, Rusya'da Ural Dağları'nın batı eteklerinde yer alan bir endüstri şehri olan Perm'de, matematikçi bir anne ile fizikçi bir babanın oğlu olarak dünyaya geldi. Sovyetler Birliği'nin yıkılmasını ve ortaya çıkan istikrarsızlığı takiben aile 1992'de İsrail'in Hayfa şehrine göç etti. On yedi yaşına kadar üç farklı ülkede yaşayıp üç farklı dil öğrenen, dolayısıyla tam anlamıyla bir memleketi olmayan Mark



## IMU Abacus Madalyası

Uluslararası Matematik Birliği (IMU) Abacus Madalyası dört yılda bir düzenlenen Uluslararası Matematikçiler Kongresi'nde bilişim bilimine matematiksel yönden üstün katkılarda bulunan matematikçilere veriliyor. Karmaşıklık kuramı, programlama dillerinin mantığı, algoritmaların analizi, kriptografi, bilgisayarla görüş, örüntü algılama, bilgi işleme ve zekânın modellenmesi gibi alanlar da dâhil olmak üzere bilgisayar biliminin tüm matematiksel yönlerinin yanı sıra bilimsel hesaplama ve nümerik analiz, optimizasyon ve kontrol kuramının hesaplamalı yönleri ve bilgisayar cebiri gibi bilişim biliminin matematiksel tarafında kalan pek çok alan Abacus Madalyası'nın kapsamına giriyor.

IMU Abacus Madalyası Komitesi, IMU Yürütme Kurulu tarafından seçiliyor. Komitenin başkanı kamuoyuna açıklanırken komite üyelerinin isimleri, madalya kongre sırasında verileceğe kadar gizli tutuluyor. Madalya adayının, madalyanın verileceği kongre yılının 1 Ocak'ı itibarıyla 40 yaşını doldurmamış olması gerekiyor.

Abacus Madalyası, "Matematikçilerin Abacus Kuşu" adlı tematik motifi taşıyan bir altın madalya ile 10.000 avro değerinde nakitten oluşuyor. Ödül Helsinki Üniversitesi ile Simons Derneği tarafından fonlanıyor.

İlk kez bu yıl Abacus Madalyası adıyla verilen ödül, 1982'den 2018'e kadar Rolf Nevannlinna Ödülü adıyla verilmişti ancak 2018'de, ödülün adının Abacus Madalyası olarak değiştirilmesine karar verildi.

Braverman kuramsal bilgisayar bilimini evi kabul ederek şöyle diyor: "Kuramsal bilgisayar bilimi nerede olmasını istiyorsanız oradadır".

Braverman kendini matematik ve bilgisayar kodlamasına hep yakın buldu ama belirttiğine göre ebeveynleri onu hiçbir zaman zorlamadı. Braverman ebeveynlerinin onu, sadece kendisini matematikte rahat hissedeceği bir noktaya getirdiklerini belirtiyor. Braverman ayrıca bu iki konuda yetenekli olduğunun göstergesi olarak 1998, 1999 ve 2000 yıllarında Uluslararası Matematik Olimpiyatı'nda iki bronz ve bir altın madalya kazandı. 2001 yılının baharında Hayfa'daki Technion'dan (İsrail Teknoloji Enstitüsü) matematik ve bilgisayar bilimi alanlarında çift ana dal diploması aldı. Daha sonra aynı yıl içinde ailesiyle birlikte, annesinin öğretim görevlisi olarak iş bulduğu Kanada'ya taşındı. Toronto Üniversitesinde bilgisayar bilimi alanında lisansüstü eğitime başladığı o kış henüz 17 yaşındaydı.

Braverman özellikle, kompütasyonun farklı taraflar arasında bilgi alışverişi gerektirdiği zamanlarda, "belirli bir kompütasyonel görevi gerçekleştirmek için ne kadar kaynak gerektiği" sorusunu soran iletişim karmaşıklığı konusu üzerine çalıştı. Bu çalışmalarını bilgi kuramının kurucusu Claude Shannon'un ortaya koymuş olduğu temel üzerinde geliştirdi. Shannon bilgisayarların kullandığı temel veri birimleri olan 1'ler ve 0'lardan oluşan bir dizinin ne kadar bilgi içerdiğini matematiksel olarak tanımlamıştı. Bu da verinin ne kadar sıkıştırılabileceğine ve iletim sırasındaki hatalara yönelik düzeltmelerin nasıl uygulanabileceğine yönelik bir anlayış sağlamıştı.

Shannon'un bilgi kuramı tek yönlü iletişimi tanımlarken Braverman karşılıklı iletişimle ilgilendi. Kendi deyişiyle, "Birlikte kompütasyon yapan iki taraf var" idi. Bunun basit bir örneği şöyle: Elinde birer isim listesi bulunan iki insan var ve her iki listede de olan bir isim var mı bilmek istiyorlar. "Bu soruyu cevaplamak için ne kadar bilgi alışverişi yapmamız gerekir diye sorabilirsiniz." diyor Braverman. Braverman böyle bir durumda her bir tarafın bildikleri hakkında açıklamaları gereken bilgiyi en aza indirgeyen bir protokol tasarladı. Braverman'ın en büyük katkısı etkileşimli iletişimin sınırlarını tanımlayan büyük ve genel kuralları ifade eden geniş bir çerçeveye inşa etmiş olması. Bu kurallar, veriler algoritmalarla çevrim içi olarak gönderilirken verileri sıkıştırmaya ve korumaya yönelik yeni stratejilerin yolunu açıyor. Daha önce araştırmacılar, özellikle bir insanın hiçbir şey bilmediği ya da iki insanın birbiriyle örtüşen bilgilere sahip olmadığı durumda, iki insanın nasıl karşılıklı bilgi gönderebileceği üzerinde çalışmıştı. 1970'lerde bilgisayar



bilimciler, iki insanın birbirine örtüşen bir miktar bilgiye sahip olması durumunda neler yaşanabileceğine ilişkin senaryoları incelemiş ve çözmüştü. Ancak Braverman ve çalışma arkadaşları bu alışverişlerin veri iletim işleri olmaktan çok, kompütasyonel işler olduğunu ilk kez gösteren bilim insanları oldu.

Bilgi kuramı ile kompütasyonel karmaşıklık arasında kurduğu bağlantılar Braverman'ı iki ya da daha fazla kişi tarafından paylaşıldığı zaman veriyi sıkıştırmak (ki çevrim içi iletişimin tam merkezindeki bir konu) için yeni yollar arama konusunda motive etti. 2011-2020 yılları arasında Braverman ve çalışma arkadaşları iki ya da daha fazla kişi arasında paylaşılan bilgiyi sıkıştırmaya yönelik matematiksel kurallar tanımladı. Bu iş de yeni soruları tetikledi. Örneğin Braverman öğrencileri ve çalışma arkadaşlarıyla birlikte konuşmanın çeşidinin iletişim maliyetini nasıl etkilediğini araştırdı.

Ancak Braverman sadece bu tür sorulara yanıt bulmakla kalmadı. O, araştırmacıların bu tür soruları önce ifadeye döküp sonra da bunları matematiğin resmi diline çevirmelerini sağlayan yeni bir bakış açısı ortaya koydu. Braverman'ın kuramı bu soruların araştırılabilirliği ve geleceğin teknolojilerinde görülebilecek yeni iletişim protokollerinin tanımlanabilmesi için bir zemin hazırladı.



## **Chern Madalyası Matematik Camiasının Vazgeçilmez İsmi Barry Mazur'un Oldu**

Tıpkı Fields ve Abacus madalyaları gibi Uluslararası Matematik Birliği (International Mathematical Union: IMU) tarafından dört senede bir verilen Chern Madalyasını bu sene Harvard Üniversitesinden matematikçi Barry Mazur kazandı. 2010'dan bu yana verilen Chern Madalyası, matematikteki üstün başarılarının en yüksek düzeyde takdir edilmesi gerektiği düşünülen matematikçilere verilen ve herhangi bir yaş sınırı bulunmayan bir ödül. Bu yılki ödülün Mazur'a verilmesinin nedeni "topoloji, aritmetik

geometri ve sayı teorisindeki derin keşifleri ve yeni nesil matematikçileri yetiştirmedeki liderliği ve cömertliği" olarak duyuruldu. Uluslararası matematik camiasında eşsiz bir figür olan 84 yaşındaki matematikçi, günümüzde az rastlanan şekilde, matematiğin çok farklı alanlarında çığır açan sonuçlar ortaya koydu. Bir alandan diğerine geçme yeteneği zaten olağan dışı olan Mazur'u benzersiz kılan özelliği bambaşka alanlar arasındaki derin analogileri algılaması. Bu analogiler, yalnızca öne çıkan sorunlara çözümler getirmekle kalmadı, aynı zamanda yeni araştırma alanlarının gelişmesini de sağladı.

Mazur birçok yönden çok somut bir matematikçi. Üzerinde çalışacağı problemi belirliyor ve bu problemi çözmek için kendine has teknikler üretiyor. Bunu yaparken daha yüksek genellemelere ve soyut bir bakış açısına geçme yeteneğine de sahip. Bu özelliği, fikirlerini



paylaşmak konusundaki cömertliği ile birleştiğinde, Mazur’u matematiği birçok farklı seviyede tartışabilecek, alışılmadık derecede etkili bir muhatap yapıyor. Bu nedenle çevresindeki öğrencileri, genç araştırmacıları ve meslektaşlarını âdeta bir mıknatıs gibi kendine çeken Mazur, matematik topluluğunun vazgeçilmez bir üyesi konumunda.

Aktif araştırma hayatına çok önemli yayınlar yaparak devam eden Mazur’un doktora tezi topoloji alanında. Kendisini bir matematikçiden çok bir filozof olarak tanımlayan Mazur, sadece matematiğin farklı alanlarında değil; felsefe, edebiyat, hukuk ve fizik gibi pek çok başka alandaki derin bilgisi nedeniyle, hâlen aktif olarak ders verdiği Harvard Üniversitesinde matematik dışında da dersler verebileceği özel bir pozisyona sahip.

Mazur ayrıca, danışmanlık yaptığı yaklaşık 60 doktora öğrencisi de dâhil olmak üzere,



kariyerlerine yeni başlayan insanlara gösterdiği rehberlikle de ünlü. Gençlerle çalışmaktan neden zevk aldığı sorulduğunda: “Çoğu zaman benim onlara öğrettiğimden daha fazlasını onlar bana öğretiyorlar.” cevabını veriyor.

İşte Mazur’un çığır açan sonuçlarından bazıları...

**Mazur Hilesi:** Doktora çalışmalarını topoloji alanında yürüten Mazur, tezinde “Jordan Eğrisi Kuramı” olarak bilinen kuramın tüm boyutlarda geçerli olacak bir versiyonunu kanıtladı.

Bir kâğıt üzerine çizilen kapalı bir eğriyi düşünelim. Jordan eğrisi kuramı, bu eğrinin üzerinde bulunduğu kağıdı “eğrinin içi” ve “eğrinin dışı” olarak adlandırabileceğimiz iki kısma ayırdığını söyler. Dahası, eğri ne kadar karmaşık olursa olsun, iç kısmını bir diske dönüştürmenin, daha matematiksel ifade edecek olursak, iç kısmın bir diske homeomorfik olmasının mümkün olduğunu söyler.

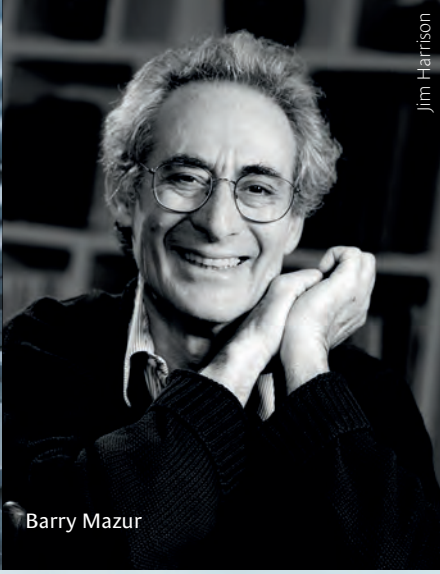
Schoenflies problemi, benzer bir durumun daha yüksek boyutlarda geçerli olup olmayacağını sorar. İşte, Mazur, doktora tezinde bu problemi çözdü. Bunu yapabilmek için literatürde “Mazur Hilesi” adı verilen bir yöntem geliştirdi. Görünüşte büyümlü ama titiz ve dikkatli bir çalışmanın ürünü



olan bu teknik, ortaya çıkan zorlukları sonsuza “iterek” gözden kaldırmaya dayanır. Ünlü topolog Valentin Poenaru bu durumu şu şekilde açıklar: “Barry’nin tüm boyutları aynı anda ele alan çalışması âdeta bir şimşek gibi geldi. Bu çalışma, yüksek boyutlu topolojide bundan sonra gelenler için psikolojik bir devrimdir.”

Aslında topolojideki bir sonuç olsa da Jordan eğrisi kuramı düğüm teorisinde sıkça kullanılan bir yaklaşımı beraberinde getirir: Bir düğümün kendisine bakmak yerine, düğümün içinde olduğu hayal edilen uzayın, içinden düğümün çıkarılmış olduğu hâline bakmak. Düğümün olmadığı bu alan size düğümün kendisi hakkında çok şey söyleyebilir. İlginç bir şekilde, bu yaklaşım Mazur’u düğümlerle hiçbir ilgisi olmayan bir alana daha götürür: sayı kuramı!





**Gönülçelen Çiçekler:** Sayı kuramı, ifadesi yalın ve basit olmakla birlikte, ispatı çok zor ve yüksek teknik beceri gerektiren problemler içermesiyle ünlüdür. Bu tür problemlerden en bilineni ispatı 300 yıldan fazla süren Fermat'ın son kuramıdır. Bu durum sayı kuramının çekici yanlarından biri olarak da görülebilir. Mazur, 1991 tarihli bir makalesinde bunu şöyle ifade eder: "Sayı kuramı, çok da çaba sarf etmeden, tatlı ve masum bir şekilde sayısız problem üretir; bunlar gönülçelen çiçekler gibidir. Ama aynı sayı kuramı, baştan çıkardığı çiçek severleri ısırmayı bekleyen böceklerle doludur. Kişi bir kere ısırıldı mı artık kendini bu yola adamaya hevesli hâle gelir."

Aslında Mazur'u cezbeden çiçek basit bir denklem ya da kolay bir ifade değil, düğüm kuramıyla sayı kuramı arasında bulunduğu bir

benzetmeydi. Mazur, asal sayılar düğümlere, diğer tam sayılar da düğümü çevreleyen uzaya benzer olarak kabul edildiğinde, düğüm kuramının güçlü fikirlerinin sayı kuramına da uyarlanabileceğini fark etti. Bu durumu, "Düğümde kullandığımız kelime dağarcığını sayılarla ilgili kelime dağarcığına aktarma fikri ilgi çekiciydi. Sadece çok eğlenceli değil, aynı zamanda sayı kuramında sezgiye dayanan iyi bir yoldu." diye ifade ediyor. Bu yaklaşımın bir sonucu, Mazur'un 1984'te, Andrew Wiles ile ortak çalışması olan Iwasawa ana sanısının bir kanıtıydı. Bu sanı, çok genel olarak, farklı bir ortamda çalışan Riemann hipotezinin bir benzeri olarak görülebilir. Iwasawa ana sanısının ispatı, Mazur'u pek çok farklı önemli sonuca götürdü ve en önemlisi sayılar kuramında yeni yönler belirledi.

Wiles, Mazur ile ortak yaptıkları bu çalışmadan sonra yine Mazur'un 1977 yılında yazdığı ve Steele Ödülü'ne layık görülen çığır açıcı bir başka makalesindeki

fikirlerden esinlenerek Fermat'ın son teoreminin ispatına giden yola girdi. Mazur'un 1977'deki makalesi, 70 yıldan uzun süredir çözülemeyen bir soruyu cevaplıyordu. Ancak belki de daha önemlisi, Alexander Grothendieck'in cebirsel geometrideki devrim niteliğindeki çalışmalarının tamamen sayı kuramıyla ilgili bir probleme uygulanabileceğinin ilk örneği olmasıydı. Yayınlandığı ilk andan itibaren dikkat çeken bu makalenin gerçek değeri, yıllar geçtikçe başka araştırmacıların bu makaleyi âdeta bir sıçrama tahtası gibi kullanarak elde ettikleri sonuçları gördükçe daha iyi anlaşılır. Mazur bu makaledeki fikirlere dayanarak sonraki birkaç yıl içinde rasyonel sayılar üzerindeki eliptik eğrilerin torsiyon gruplarının sınıflandırmasını bitirdi, yani rasyonel eliptik eğriler için torsiyon sanısını çözdü. Mazur'un teoreminin tüm kuvvetiyle daha yüksek mertebeli sayı cisimleri için ispatı ise henüz yapılamadı. ■

### Kaynaklar

- <https://www.mathunion.org/imu-awards/fields-medal/fields-medals-2022>
- <https://www.mathunion.org/imu-awards/imu-abacus-medal/abacus-medal-2022>
- <https://www.quantamagazine.org/ukrainian-mathematician-maryna-viazovska-wins-fields-medal-20220705/>
- <https://www.quantamagazine.org/number-theorist-james-maynard-wins-the-fields-medal-20220705/>
- <https://www.quantamagazine.org/june-huh-high-school-dropout-wins-the-fields-medal-20220705/>
- <https://plus.maths.org/content/bm>
- <https://www.mathunion.org/fileadmin/IMU/Prizes/Chern/mazur-final.pdf>
- <https://www.quantamagazine.org/hugo-duminil-copin-wins-the-fields-medal-20220705/>
- <https://www.quantamagazine.org/mark-braverman-wins-the-imu-abacus-medal-20220705/>
- <https://www.nytimes.com/live/2022/07/05/science/fields-medal-math>



# Merak Ettikleriniz

Mesut Erol [ [merak.ettikleriniz@tubitak.gov.tr](mailto:merak.ettikleriniz@tubitak.gov.tr) ]

## Neden Bazı Peynirleri Eriterek Tüketmeyi Tercih Ederiz?

Kaşar, çedar, parmesan, kolot, hellim, mozzarella, örgü, lor, tel peynir... Neredeyse tüm öğünlerimize, bazen de tatlılarımıza kattığımız, en çok tükettiğimiz besin gruplarından biridir peynir. Isıtarak akışkanlığı artırıldığında daha da çekici hâle gelen ve normalde isteksizce tükettiğimiz besinlere eşlik ettiğinde onları daha cazip kılan bir besin aynı zamanda. Araştırmalar peynirin dokusunun onu tüketme miktarımızı ve tüketirken aldığımız lezzetin düzeyini etkilediğini gösteriyor.

Çikolatalı kek, muhallebi benzeri bir tatlı ve peynir türleriyle yürütülen deneyler; bu yiyeceklerin kıvam, doku ve acıcılıkları değiştirildiğinde ağızımızda bıraktıkları hissin de önemli ölçüde değiştiğini gösteriyor. Deneylerde aynı yiyeceklerin iki farklı versiyonu gruplara ayrılan katılımcılara sunuldu. Daha akışkan ya da daha yumuşak besinleri yiyen katılımcılar tükettikleri besinlere daha yüksek puanlar verdi ve bu yiyecekleri tüketim miktarları diğer katılımcı grubundan daha yüksek oldu.

Araştırmacılar bu durumun nedenlerinden birinin sarf edilen efor düzeyi olduğunu düşünüyor. Çünkü akışkan ya da daha yumuşak dokuya sahip yiyecekler, sert yapıdakilere kıyasla kolayca çiğnenebildiğinden tüketimleri daha az efor gerektiriyor.

Ancak besinleri çiğnerken gereken efor miktarı kişiden kişiye değişkenlik gösterebilir. Bunun bir nedeni de bazı insanların tükürüğünde nişastayı parçalayan amilaz adlı enzimin daha fazla bulunmasıdır. Bu durumda, bol amilazlı tükürüğe sahip bireylerin nişastayı daha hızlı parçalayabildikleri için ısıtılarak akıcı hâle getirilen peynirleri daha iştahlıca tükettikleri söylenebilir.

Eritilmiş peynirin cazibesinin bir diğer nedeni de besin içeriğidir. Yarı katı ya da daha akıcı hâle getirilmiş çikolata ve peynir gibi yağlı yiyeceklerin ağızımızda bıraktığı his, beynimizin bu yiyeceklerdeki yağ içeriğini teşhis etmesini kolaylaştırır. Böylece, yüksek kalorili bir besinin çiğnendiğini anlayan beynin ödül merkezi yolları etkinleşir ve tüketilen besinin zevkine varılır.

### Kaynaklar

Iwasawa, A., Suzuki-Iwashima, A., Iida, F., & Shiota, M. (2014). Effects of Flavor and Texture on the Desirability of Cheddar Cheese during Ripening. *Food Science and Technology Research*, 20(1), 23–29.

[popsci.com/science/article/2012-09/fyi-why-does-cheese-taste-better-when-its-melted](http://popsci.com/science/article/2012-09/fyi-why-does-cheese-taste-better-when-its-melted)

[scientificamerican.com/article/how-sugar-and-fat-trick-the-brain-into-wanting-more-food](http://scientificamerican.com/article/how-sugar-and-fat-trick-the-brain-into-wanting-more-food)



## Yaşlandıkça Okuma Hızımız Azalır mı?

İnsanların çoğu yaşlandıkça görme duyularının sağlığından bağımsız olarak okuma hızında düşüş deneyimler. Sözcük anlamlarına yönelik bellek 60'lı ve 70'li yaşlara dek sorunsuz çalışsa da okumadaki yavaşlamanın orta yaşlarda başladığına dair bulgular mevcut. Henüz net bir açıklaması olmayan bu durumun olası nedenlerine dair öne çıkan bazı görüşler var.

Yaşlı insanların hatalardan kaçınmak için daha dikkatli ve yavaş okudukları görüşünü test eden bir deneyde genç ve yaşlı bireylerin okuma hızlarını artırmaları sonucundaki kavrayış düzeyleri karşılaştırıldı. Okuma hızlarını iki katına çıkaran katılımcılar yaşlarından bağımsız olarak benzer düzeyde kavrayış hatası gösterdikleri için deneyde bu görüşü destekleyen bir sonuç ortaya çıkmadı.

Genç yetişkinlikten orta yaşlılığa geçişte gerçekleşen okuma hızı düşüşünün başlıca nedeni olarak beyindeki veri işleme sürecinin yavaşlaması gösteriliyor. Çoğu insan tek başına duran bir harfin verisini kalabalık bir grup içindekine kıyasla daha hızlı işleyebiliyor. Kalabalık bir grup hâlindeki harflerin işlenmesinde ise çevresel görüş ya da diğer adıyla dolaylı görüş yeteneği de rol oynuyor. İlerleyen yaşla birlikte çevresel görüş verilerinin işlenmesindeki yavaşlama sözcükleri daha yavaş algılamamıza yol açıyor. Çevresel görüş alanındaki veri yoğunluğunun farklı yaş gruplarındaki insanların okuma hızına etkisinin incelendiği bir çalışmada ileri yaştaki katılımcıların daha yavaş okudukları gözlemlendi. Çevresel görüş alanındaki harf yoğunluğu arttıkça yaşça büyük katılımcıların daha fazla kavrayış hatası yaptıklarının belirlenmesi de araştırmanın bulguları arasında.

Öte yandan, hem duyduğumuz hem de okuduğumuz sözcük ve cümlelerin işlenerek kısa süreli depolandığı bellek birimine fonolojik döngü (seslendirme döngüsü) deniyor. Fonolojik döngü kapasitesinde yaşla birlikte gerçekleşen değişimi belirlemeye çalışan bir deneyde, 40 yaş üstü katılımcıların fonolojik döngülerinde daha az veri depolayabildiği belirlendi. Bu da azalan kapasitenin artan yaşla birlikte gelen okuma yavaşlamasında önemli düzeyde etkisinin olduğunu düşündürüyor.

### Kaynaklar

Lindenberger, U., & Ghisletta, P. (2009). Cognitive and sensory declines in old age: Gauging the evidence for a common cause. *Psychology and Aging*, 24(1), 1–16.

Malyutina, S., Laurinavichyute, A., Terekhina, M., & Lapin, Y. (2018). No evidence for strategic nature of age-related slowing in sentence processing. *Psychology and Aging*, 33(7), 1045–1059.

[sciencedaily.com/releases/2012/11/121122095305.htm](https://www.sciencedaily.com/releases/2012/11/121122095305.htm)



# Biyoekonomi, Döngüsel Ekonomi ve Döngüsel Biyoekonomi

Mehmet Levent KURNAZ [ *Boğaziçi Üniversitesi, Fizik Bölümü, İklim Değişikliği ve Politikaları Merkezi  
Özgün Biyoekonomi Kaynakları Mükemmeliyet Merkezi, Gebze Teknik Eğitim Araştırma Vakfı & Gebze Teknik Üniversitesi*

Işıl AKSAN KURNAZ [ *Gebze Teknik Üniversitesi, Biyoteknoloji Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü  
Özgün Biyoekonomi Kaynakları Mükemmeliyet Merkezi, Gebze Teknik Eğitim Araştırma Vakfı & Gebze Teknik Üniversitesi*



**G**itgide kalabalıklaşan dünyamız, artık hepimizi besleyip barındıramıyor. Kaynaklar azalıp tükendikçe, kaynakların etkin kullanımı veya onların yerine geçebilecek alternatifler gibi farklı stratejiler geliştirilmeye çalışılıyor. Nitekim, Birleşmiş Milletlerin belirlediği Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (<https://sdgs.un.org/goals>) tam da bu sorunla mücadele etmek için kurgulandı. Gün geçtikçe artan kaynak sıkıntısıyla baş edebilmek için geliştirilen yöntemler arasında dögüsel ekonomi ve biyoekonomi kavramları ile tanımlanan stratejiler bulunuyor. O zaman öncelikle gelin bu kavramları tanımlayalım.

Geleneksel endüstriyel üretim ve tüketimimiz doğrusaldır. Bu sistemlerde doğadaki ham maddeler alınır, işlenir, ürüne dönüştürülür, tüketici tarafından satın alınarak kullanılır veya tüketilir, son olarak da artık ya da atıklar çöpe atılır. Kaynakların sınırsız olduğu ve atıkların sihirle yok olacağı bir sistemde yaşıyor olsak bu şekilde sonsuza kadar devam edilebilirdi ancak içinde yaşadığımız gerçeklikte kaynaklarımız kısıtlı, artık veya atıklar ise hem çevreye zarar verebiliyor hem de zaten az olan kaynakları hızla tükettiğimizi gösteriyor. Son yıllarda oldukça popüler olan “Sıfır Atık” projeleri, bu doğrusal gidişatın sonundaki atıkları mümkün olduğu kadar geri dönüştürerek aynı ya da başka ürünler için girdi olarak kullanmayı ve bu şekilde doğrusallığı bir miktar “dögüsellğe” yaklaştırmayı



hedefliyor. Ancak bu stratejiler tam anlamıyla dögüsellik sağlayamıyor, dolayısıyla da tek başlarına yeterli olamıyor.

Avrupa Çevre Ajansının tanımlamasına göre dögüsel ekonomi, “hem yenilenebilir veya geri dönüştürülebilir kaynakların oranını artırmaya hem de hammadde ve enerjinin tüketimini azaltmaya çalışırken bir taraftan da emisyonları azaltıp malzeme kaybını minimize eden” ve bunun yanında ürünlerin, malzemelerin ve kaynakların değerlerini mümkün olduğunca uzun süre korumayı hedefleyen yaklaşımlardır. Dögüsel ekonominin temel yapı taşları arasında, doğadan elde edilen ham maddelerin en

aza indirilmesi, bunun yerine kaynakların dögüsel sistem içinde kurgulanarak yeniden kullanımı, yenilenerek değerlendirilmesi ve yeniden dağıtımı bulunuyor. Böylelikle dögü dışına atık çıkışının mümkün olduğunca azaltılması hedefleniyor. Dögüsel ekonominin temel yapı taşları, onları karşılayan İngilizce kelimelerin ilk harfleri nedeniyle 4R olarak biliniyor: azalt (reduce), yeniden kullan (reuse), geri dönüştür (recycle) ve geri kazan (recovery; özellikle enerji konusunda).

Biyoekonomi ise dögüsel ekonomi ile ilişkili ancak onun ötesinde bir kavram. Avrupa Birliğine göre biyoekonomi, “yenilenebilir biyolojik kaynakların



geliştirilmesi, bu kaynakların ve onlardan ortaya çıkan atıkların gıda, yem, biyo-bazlı ürünler ve biyoenerji gibi katma değerli ürünlere dönüştürülmesi”dir. Her ne kadar sürdürülebilir bir dünya için örtüşen noktaları ve hedefleri olsa da temelde döngüsel ekonomi ile biyoekonomi farklı kavramlardır. Döngüsel ekonomi neredeyse tüm sektörlerle hitap eder, örneğin fosil yakıtların kullanımını azaltmak için mevcut kaynakların yeniden kullanımı gibi stratejilere odaklanır. Oysa biyoekonomi aynı soruna farklı bir açıdan yaklaşır ve fosil yakıtlara alternatif olarak biyodizel gibi yenilenebilir biyolojik kaynaklı ürünlerin geliştirilmesine odaklanır. Biyoekonomi ayrıca düşük karbonlu girdiler, sürdürülebilir tedarik zincirleri ve yenilebilir biyokaynaklar kullanılarak yüksek katma değerli biyobazlı ürünler için ileri teknolojilerin geliştirilmesi gibi kavramları da içerir.

Biyoekonomi, doğası gereği zaten büyük ölçüde döngüsel; bununla birlikte iki kavramın birleşiminden ortaya çıkan döngüsel biyoekonomi kavramı ise biyoçeşitliliği korumayı ve dayanıklı ekosistemler ile biyolojik kaynakların sürdürülebilir şekilde yönetilmesini hedefler. Avrupa Komisyonuna göre döngüsel biyoekonomi, doğal kaynaklara bağımlılığın azaltılması, üretimin dönüştürülmesi, kara ve deniz biyokütellerinden yenilenebilir kaynakların sürdürülebilir bir şekilde üretilmesinin teşvik edilmesidir.



Gıda güvenliği açısından olduğu kadar gelecekteki biyobazlı endüstriler açısından da son derece önemli bir yeri olan biyokütellerin devamlılığını sağlamak hepimizin görevi. Biyokütellerin tıbbi bitki ve ilaç sektörü ile gıda sektörleri başta olmak üzere pek çok endüstriyel sektör tarafından hızla tüketilmesi, bizlerin ve çocuklarımızın geleceğini tehdit ediyor. Bu açıdan mevcut doğrusal ekonomi sistemlerinin hızlı şekilde döngüsel ekonomi ve döngüsel biyoekonomiye dönüştürülmesine yönelik yatırımların yapılması gerekiyor.

Biyoteknoloji yatırımları da biyoekonomilerin olmazsa olmazı. Bunlardan biri olan biyorafinerilerde yenilenebilir biyolojik kaynaklar

ve biyo-bazlı süreçlerden faydalanılarak birden fazla biyo-bazlı ürün üretilmesi hedeflenir. Bu yüzden, biyorafineriler fosil-bazlı ekonomilerden biyoekonomilere dönüşüm süreci açısından son derece önemli. Mevcut hâliyle tarım ve endüstri kaynaklılar da dâhil olmak üzere çeşitli organik atıklar, hayvansal atıklar ve belediye katı atıkları biyorafinerilerde kullanılır ve bunlardan gerek enerji gerekse katma değerli biyo-bazlı ürünler elde edilir. Döngüsel biyoekonomi ve sürdürülebilirlik açısından gerek atıkların sağlıklı ve güvenli bir şekilde geri kazanılması gerekse yenilenebilir biyokütellerin etkili ve verimli kullanımı da önemlidir. İkinci nesil biyorafinerilerde ham madde olarak özellikle lignoselülozik



biyokütle kullanılarak etilen glikol, biyoetanol, laktik asit ve benzeri pek çok ürün eş zamanlı olarak üretilebilir. Üçüncü nesil biyorafinerilerde ise mikroyosunlar kullanılarak yüksek katma değerli ürünler elde etmek hedeflenir. Dördüncü nesil biyorafinerilerin ise metabolik olarak iyileştirilmiş yenilikçi biyokütllerle çalışma prensibi kapsamında geliştirilmesi planlanıyor. Özellikle üçüncü ve dördüncü nesil biyorafinerilerde yatırım ve Ar-Ge maliyeti doğal olarak yüksek olsa da sürdürülebilirlik, yüksek verim, negatif karbon çıktısı ve ürün çeşitliliği gibi değişkenler açısından bu yeni teknolojiler kritik öneme sahiptir.

Tam anlamıyla dögüsel biyoekonomi sistemleri, tümüyle biyobazlı olan bir “dögüsel karbon ekonomisi” olarak özetlenebilir. Bu da sıfır emisyon hedefini gerçekleştirecek şekilde atmosfere salınan karbonun sadece doğal bitki örtüsü ile değil, biyoteknolojik ve benzeri stratejilerle tutulmasının sağlanması demek. Dögüsel biyoekonominin sağlanması için mevcut ekonomik sistemlerin tümüyle yeniden kurgulanması; örneğin sektörler arasında biyokütlenin kullanımı, geri dönüştürülmesi, yeniden kazanımı, eşzamanlı ürün elde edilmesi gibi konularda ortaklıklar kurulması önerilir. Bunun yanında, kara, deniz ve ormanların kullanımının yerel, ulusal ve bölgesel bazda ve değişen iklim koşullarına göre yeniden planlanması da gerekir.



Ancak biyoekonominin temel sistem yapısına bakıldığında biyolojik kaynakların önemli bir kısmının beslenme amaçlı kullanıldığı görülür. Bu da özellikle bu besinlerin yetiştirildiği ortamlardan, yani çoğunlukla topraktan her geçen gün daha fazla besleyici maddelerin alınması anlamına geliyor. Tarıma ilk başladığımız dönemlerde besin üretilen bölge ile besinin tüketildiği bölge arasındaki fiziki uzaklık az olduğundan topraktan aldığımız maddeleri toprağa geri döndürmemiz çok da zor olmuyordu. Bugünün yaşantısında ise Orta Amerika’da yetişen bir meyve, Vietnam’da paketlenerek Belçika’da satışa sunulabiliyor. Böylesi geniş tedarik zincirlerinin olduğu sistemlerde de topraktan aldıklarımızı toprağa geri verebilmek neredeyse imkânsızlaşıyor.

Ülkemiz gibi tarımın binlerce yıldır düzenli biçimde topraktan besin emdiği bir bölgede toprağı verimli kılmak ancak suni kimyasal yöntemlerle mümkün olabiliyor. Ancak bu suni kimyasal yöntemler hem azot başta olmak üzere oldukça fazla miktarda element ve minerale ihtiyaç duyuyor hem de büyük miktarda enerji tüketiyor. Bu koşullar altında hem enerji tüketimini hem de ham madde kullanımını dikkate aldığımızda ise sürdürülebilir ve dögüsel bir tarım sisteminin bugün için gerçekleştirilebilir olduğunu düşünebiliriz ancak böyle bir üretim şekli günümüzde neredeyse 8 milyara ulaşan dünya nüfusunu beslemeye yeterli olmayabilir. Bunun arkasında yatan önemli sebeplerden biri de sıkça sözünü ettiğimiz Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları’na uygun olmayan gelişme yapısıdır. Yani, yeryüzünün





çeşitli noktalarındaki insanları beslemek için kendi besinlerini yetiştirmelerine yardımcı olacak teknik, tarımsal ve politik sistemler üretmek ve geliştirmek yerine; gelişmiş ülkelerde üretilen ürünlerin ihtiyaç duyan ülkelere ticaretinin sağlanması problemin çözümü olarak görülüyor. Oysa döngüsel biyoekonominin beslenme ile ilgili kısmında en önemli hususlardan biri her bölgenin kendisine yetecek biyolojik kaynakları üretebilmesidir. Eğer gıda üretiminde ve tüketiminde israfın önüne geçebilirsek bu yolda önemli bir adım atmış oluruz.

TÜİK verilerine göre, ülkemizde üretilen gıdanın en az yarısı besin hâline gelmeden atık ya da artık hâline geliyor. Döngüsel bir gıda sistemi kurabilmek için bu atık veya artıkların tümünün komposta dönüştürülerek toprakla buluşturulması gerekir. Ülke olarak döngüsel ekonominin temellerini benimsemek ve bu döngüsellüğün tarımsal boyutu üzerinde özellikle durmak son derece verimli olacaktır.

“Sıfır Atık” projelerinin temelinde, atık üretmemektense çıkan atıktan değer elde etme çabası bulunur. Bu bağlamda gıda atıklarının elektrik üretiminde kullanılmasının yanında, toprak üretiminde de değerlendirilerek tarıma geri kazandırılması gibi çalışmalar yapılabilir. “Sıfır Atık” projeleri ile birlikte “permakültür” gibi bütüncül ekolojik sistemleri üretmeye dayalı yaklaşımların yaygınlaştırılması, ülkemiz özelinde düşünürsek, binlerce yıldır süregelen



tarımsal faaliyetlerden yorgun düşmüş Anadolu toprağına destek sağlayabilir.

Döngüsel ekonomi konusunda ileride bulunan ülkelerde geri dönüşümün ne derece kıymetli olduğu ve ne kadar büyük bir ekonomik değer ortaya çıkardığı bilinir. Bu ülkeler artık klasik geri dönüşüm maddelerinin ötesinde, biyolojik atıkların da ekonomiye kazandırılması için önemli adımlar atıyor. Çöp yakma tesislerinde yakılan çöpler ne geri dönüştürülebilir ne de kompost sistemleri ile değerlendirilerek tarıma geri kazandırılması söz konusu olabilir. Bu sistemlerin ülkemizde de yaygın bir biçimde kullanılması, döngüsel biyoekonominin tarımsal ayağı olarak yaşamımıza değer kazandırabilir.

Avrupa Biyoekonomi Kümelenmeleri son on yıldır kaynak verimliliğine yönelik araştırmalar ile yenilikçi çalışmaları destekliyor ve döngüsel biyoekonomi kavramına gittikçe

daha da önem veriyor. Buna rağmen hâlâ atık yönetimi ve geri dönüşüm konularına odaklanılması üzücüdür; en kısa zamanda döngüsel ürün üretim kurgusu, biyorafinerilerde ürün kaskatlaması (product cascading) gibi yenilikçi kavramlar öne çıkmalı ve etkin 4R uygulamaları başlatılmalıdır. Tüm bunlar kurgulanırken, özellikle yerel üretim-yerel kullanım konseptinin ön planda tutulması ve gelişmekte olan ülkelerin bu biyoekonomi dönüşümü için gerekli teknolojik altyapıya sahip olmaması durumunun da göz önünde bulundurulması önemlidir. Tüketim odaklı pazarlama stratejilerinin yerine “evladiyelik” üretim süreçlerine dönülmesi gerekir.

Bu aşamada hem üreticiler hem de tüketiciler bilinçlendirilmeli, gerekli yerel ve ulusal politikalar bu doğrultuda düzenlenmelidir. Döngüsel ekonomi ve döngüsel biyoekonomi ürünlerinin, yatırım maliyetleri göz önüne alındığında, piyasadaki mevcut ürünlerle rekabet



edebilir hâle gelmesi oldukça zordur. Bunun için toplumsal davranışlarımızın değişmesine ve kritik bazı mevzuat düzenlemelerine ihtiyaç vardır. Zira özellikle döngüsel biyoekonomi stratejilerinde pek çok sektörün radikal yatırım dönüşümlerine ihtiyaç duyması söz konusudur. Buna ek olarak biyoekonomi ürünleri yetiştirmek için değerlendirilecek arazinin çeşitlilikleri gözetilecek şekilde kurgulanması ve verimli kullanılması, biyoekonomi modellerinin standart olmayıp yerel önceliklere göre değişiklikler gösterecek şekilde düzenlenmesi gibi pek çok faktör de göz önüne alınmalıdır.



İnsan sağlığı açısından önemli biyoekonomi kaynaklarından biri de tıbbi ve aromatik bitkilerdir. İlaç ve kozmetik sektörü dünyanın çeşitli yerlerinde tıbbi açıdan önemli etken maddeler içeren biyoekonomi kaynaklarını kullanır. Dolayısıyla, artan nüfus ve sağlık problemleri karşısında bu kaynakların sürdürülebilirliği ciddi bir sorun olarak görülür. Firmaların ve insan sağlığının sürdürülebilirliği açısından önemli olmakla birlikte, bu alanda yapılan yatırımlarda gerek etken maddelerin çıkartıldığı bölgelerdeki biyoçeşitliliğin korunması, gerekse yerel halkın bu etken maddelerden kaynaklanan ekonomik gelirden faydalanması da göz önünde bulundurulmalıdır. Diğer bir deyişle, çevresel sürdürülebilirlik, firmalar arası rekabetçilik, sinerji ve inovasyon kavramları gözden geçirilirken ilgili bölgenin ve bölge halkının sosyoekonomik sürdürülebilirliği de uzun vadede önem taşır. Özellikle endüstriyel açıdan ileri olan ülkeler ile biyoekonomi

kaynakları açısından zengin ülkeler arasında tüm ilgilileri mutlu edecek kazan-kazan stratejilerinin oluşturulması, BM Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları arasında da yer alan “barış” hedefi açısından son derece önemlidir. Kabul edilmesi gereken esas noktalardan biri bu amaçların birbirinden bağımsız ya da ayrı ayrı değil, birlikte başarılması gerektiğidir. Yani açlığı gidermeye çalışırken bir enerji kıtlığına yol açılmamalıdır. Bu amaçların birlikte başarılabilmesi ise ancak ve ancak döngüsellüğün hayatımızın her noktasına erişmesi ve yaşam düzenimizi buna göre oluşturabilmemiz ile mümkün olabilir.

Özetle, döngüsel ekonomi, biyoekonomi ve döngüsel biyoekonominin kesişim noktasında mutlaka yatırımların gerek ticari kârlılık ve insanlığa fayda gerekse yerel ekonomilere katkı gibi açılardan düşünülmesi ve kurgulanması gerekir. ■

## Kaynaklar

- Aksan Kurnaz I, Arsan ED, Kurnaz ML (2022). “Chap1, Circular Bioeconomy and Sustainability”, in *Biodegradable Waste Management in the Circular Economy: challenges and opportunities*, ed. Kacprzak M, Attard E et al, Wiley Pub, ISBN 978-1-119-67984-4
- Aksan Kurnaz I, Salman Ünver S (2020). *Biyoteknoloji Çağına Hoş Geldiniz!* ABA Publishing, Istanbul, Turkey. ISBN: 978-625-7718-05-9
- Aksan Kurnaz I, Salman Ünver S (2019). *Adım Adım Biyogirişimcilik: Biyoteknoloji girişimci ve yatırımcılarına yol haritası*. Editors, ABA Publishing, Istanbul Turkey. ISBN: 978-605-69584-5-8
- Atabani AE, Tyagi VK, Fongaro G, Treichel H, Pugazhendhi A, Hoang AT (2022). Integrated biorefineries, circular bioeconomy, and valorization of organic waste streams with respect to bioproducts. *Biomass Conv Bioref* 12: 565
- Avrupa Çevre Ajansı EEA (2018). The circular economy and the bioeconomy: partners in sustainability. EEA Report No 8/2018 (<https://www.eea.europa.eu/publications/circular-economy-and-bioeconomy>)
- Kurnaz ML, Kurnaz IA (2021). Commercialization of medicinal bioeconomy resources and sustainability. *Sust Chem Phar* 22: 100484
- Muscat A, de Olde EM, Ripoll-Bosch R, Van Zanten HHE, Metzger TAP, Termeer CJAM, van Ittersum MK, de Boer IJM (2021). Principles, drivers and opportunities of a circular bioeconomy. *Nature Food* 2: 561-566
- Pinales-Marquez CD, Rodriguez-Jasso RM, Araujo RG, Loreda-Trevino A, Nabarlaz D, Gullon B, Ruiz HA (2021). Circular bioeconomy and integrated biorefinery in the production of xylooligosaccharides from lignocellulosic biomass: a review. *Indust Crops Prod* 162: 113274
- Stegmann P, Londo M, Junginger M (2020). The circular bioeconomy: its elements and role in European bioeconomy clusters. *Res Conc Recyc* X6: 100029
- Tan ECD, Lamers P (2021). Circular bioeconomy concepts – a perspective. *Front Sust* 2: 701509
- Yücel G (2019). Sürdürülebilirlik yolunda biyoekonomi ve döngüsel ekonomi. *EkoIQ*, 11 Kasım 2019; <https://ekoIQ.com/2022/07/yesil-badana-ve-kirli-dunyasi/>



# Migrenin Gizemi Çözüldü mü?

Dr. Özlem Kılıç Ekici [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

40 yılı aşkın süredir devam eden araştırmalar sonucunda, bilim insanları migren sırasında beyinde neler olduğunu ortaya çıkarmaya ve migrenle başa çıkmak için umut verici yeni ilaçlar geliştirmeye başladılar. Sonunda migren baş ağrılarını ve onların nasıl tedavi edileceğini anlamaya başladık mı? İşte, migren ile ilgili bilinenler ve hâlâ cevapsız kalan sorular...







Migren, dünya genelinde yaklaşık bir milyar insanı etkileyen en yaygın nörolojik rahatsızlıklar arasında yer almasına rağmen bu rahatsızlığa nelerin sebep olduğu, migren ataklarının başlamadan önce önlenip önlenemeyeceği ve etkili tedavi yöntemleri hakkında çok az şey biliyoruz. Bunun nedeni kısmen migrenin mekanizmasının çok karmaşık olması, kişiden kişiye belirtilerin (semptomların) ve ağrı seyrinin farklılıklar göstermesi. Migren atakları insanları farklı şekilde etkiliyor, çoğu kişi için migren önceden tahmin edilemez olabiliyor ancak bazen ön belirtiler görülebilir; ayrıca kadınlarda erkeklere göre çok daha yaygın görülüyor.

Pek çok insan genellikle şiddetli olan baş ağrıları yaşarken, migren hastaları için durum bundan çok daha fazlası olabiliyor ve ataklar diğer başka semptomları da beraberinde getiriyor. Kişi aniden konuşamaz veya göremez hâle gelebiliyor. Mide bulantısı; bazı kokulara, yiyeceklere ve ışığa karşı aşırı hassasiyet; en ufak sese katlanamama; gözlerin yuvalarından çıkacakmış gibi hissedilmesi; uykulu ve uyuşuk olma hâli; boyun sertliği ve çok daha fazlası... Tüm bu semptomlar birkaç saatten birkaç güne kadar sürebiliyor. Danimarka'daki Aalborg Üniversitesinden Parisa Gazerani, "Çoğu insan migrenin sadece şiddetli bir baş ağrısı olduğunu zannedebilir ama baş ağrısı

**I**lk migren atağınız ne zaman ve nasıl başladı hatırlıyor musunuz? Benim için migrenle ilgili yaşadığım ilk tecrübe unutulmazdı. 12-13 yaşlarındaydım. Ailemle birlikte akşam yemeği için hazırlık yaparken kafama aniden bir darbe yemiş gibi hissettim. Sanki birisi kafamın yan tarafına bir çekiçle vuruyordu. Ağrı o kadar şiddetliydi ki kollarımın uyuştüğünü hissettim. Elimde ne varsa düşürdüğümü hatırlıyorum. İlk defa böyle bir ağrı hissediyordum. Ardından ikinci bir vuruş geldi. Ve üçüncüsü... O anda her şey beni çok rahatsız etmişti. Tabagımdaki yemeğin kokusu, avizeden tam da yüzüme vuran ışık, annemlerin bana ne olduğunu anlama çabaları ve aralarında geçen konuşmalar, sesler... Ağrı azalınca

kadar bir yorganın altına saklanmak için odama koşmadan önce anneme, babama ve kız kardeşime sessiz olmaları ve bana bir şey sormamaları için yalvardığımı hatırlıyorum. İlk migren atağımı yaşamıştım. Kendimi bildim bileli annemin yaşadıklarını artık ben de yaşamaya başlamıştım. Yıllar sonra, 20'li, 30'lu ve 40'lı yaşlarıma geldiğimde, ataklarımın sıklığı ve ağrılarımın şiddeti artmış ama migrenle başa çıkma yöntemim büyük ölçüde değişmemişti. Migren atağım tuttuğu anda doktorumun önerdiği ağrı kesici ilacımı alıp kesinlikle karanlık ve sessiz bir ortamda, eğer yapabilirsem, saatlerce uyumak ve uyandığında ağrımın hafiflemiş olmasını umut etmek...

migrenin belirtilerinden sadece birisi; aslında migren, çok çeşitli belirtileri olan bir tür beyin hastalığı.” diyor.

Araştırmacılar migren sırasında veya öncesinde beyindeki mekanizmayı ortaya çıkarmak için çalışmalarına yoğun bir şekilde devam ediyorlar. Konuyla ilgili birtakım sonuçlar elde edilmeye başlandı. Bu bilgilerin sadece migren atağı oluştuğunda insanları rahatlatmak için değil, migreni başlamadan önce durdurmak ve önlemek için birtakım tedavilerin geliştirilmesinde de kullanıldığını görmek, özellikle benim gibi uzun yıllardır migrenden muzdarip olanlar için sevindirici bir haber.

## Migren Atakları Nasıl Başlıyor?

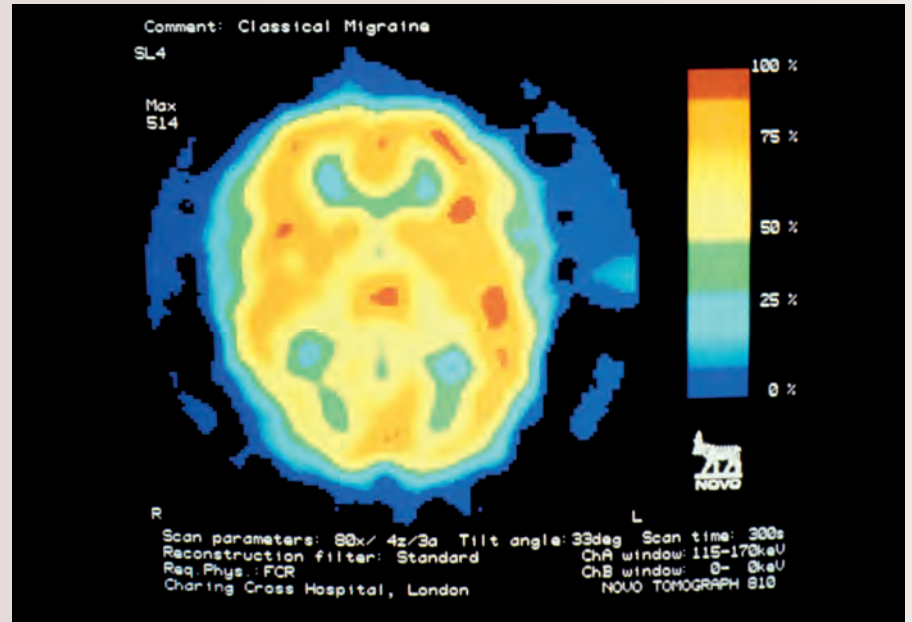
Migrenin, ön beyin bölgesi olan hipotalamusta (hipofiz bezi aracılığı ile beyin ve endokrin sistem arasındaki bağlantıyı sağlayan bir beyin bölgesi) başladığı düşünülüyor. Bunun nedeni, erken semptomların çoğunun hipotalamusun bilinen işlevleriyle uyumlu olması. Esneme, yorgunluk ve ruh hâli değişiklikleri... Tüm bunlar migrenin başlangıç belirtilerinden ve hepsi de hipotalamus tarafından kontrol ediliyor. Migreni tetiklemede ne rol

oynadığı kesin olarak bilinmese de hipotalamusun bir tür bozuk sinyal veya beyin aktivitesi dalgasına neden olduğu düşünülüyor. Migrenli insanların beyin görüntüleri incelendiğinde, dalganın beynin arkasındaki oksipital lobda başladığı görülmüş. Burası görsel korteksin bulunduğu bölge. Dalganın burada başlaması, çok sayıda insanın baş ağrısının hemen öncesinde görme bozuklukları, migren aurası ve ışığa hassasiyet yaşamasının nedenini de açıklıyor.

Sinyalin veya dalganın genelde beynin arkasından ön tarafına doğru yayıldığı söyleniyor. Beyin aktivitesindeki bozulma yolu migren atağı geçiren kişilerde değişiklik gösterebilir, bu da geniş

bir belirti yelpazesinin oluşmasına neden olur. Sol yarım küreden geçen bir bozulma yolu, bazı insanların konuşmasını etkileyebilir. Beynin ön kısmındaki motor bölgelere ulaşan bozulma yolu ise kollarda uyuşukluk, ağırlık ve genel bir yorgunluk hissine neden olabilir.

Birçok araştırma, başı ve yüzü etkileyen trigeminal sinirin (yüzdeki hissiyatı ve ısırma, çiğneme gibi hareketleri sağlayan sinir) ve diğer sinir hücrelerinin atak sırasında ağrıya neden olan kimyasal sinyaller saldırdığını gösteriyor. Bazı bilimsel yayınlarda, kan damarlarının da migren ataklarının oluşmasında rol oynayabileceğinden bahsediliyor.



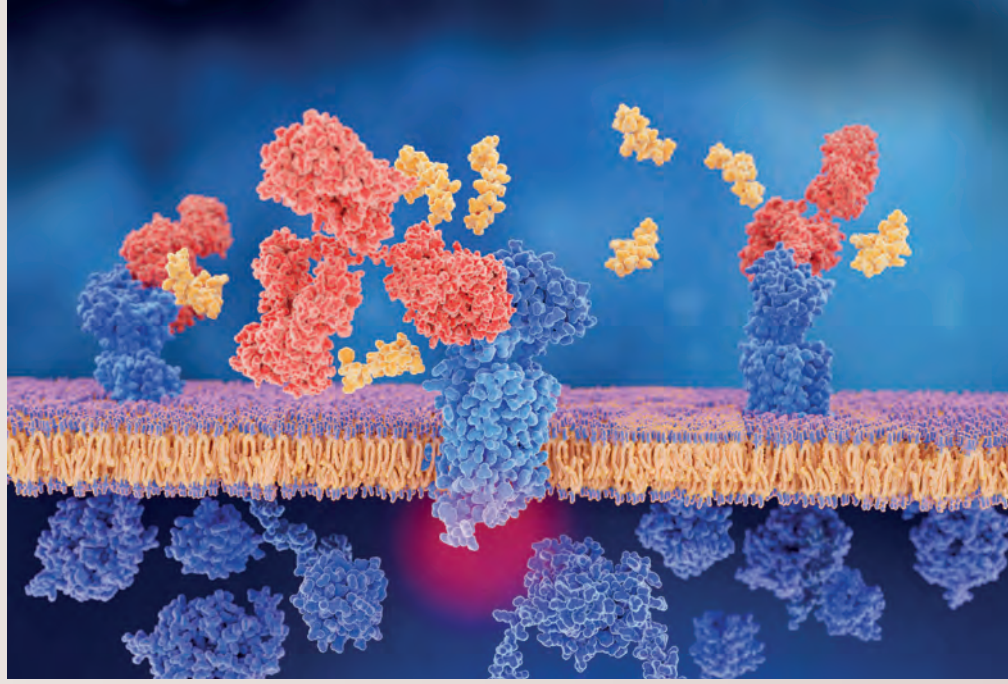
Klasik migren atağı sırasında bir hastada beynin Tek Foton Emisyon Tomografisi (SPET) görüntüsü. Renk kodlu görüntü, beynin metabolik olarak aktif (kırmızı renk) ve düşük aktivite (sarıdan maviye değişen renklerdeki) bölgelerini gösterir. Düşük kan akışı ile düşük aktivite migrenden kaynaklanır. Klasik migren, tipik olarak başın bir tarafını etkileyen, bulantı ve kusma ile ilişkili, tekrarlayan zonklayıcı bir baş ağrısını tanımlar. Genellikle öncesinde titreyen ışıklardan oluşan bir aura veya bulanık görme meydana gelir.



# Migren Başlamadan Önce Hissedilebilir mi?

Migren atakları; duygu durum değişiklikleri, boyun sertliği ve esneme gibi bir dizi semptomu içerebilen; prodrom olarak bilinen uyarıcı bir aşama veya belirtilerle başlayabilir. Prodrom, kötü bir şey olacağına dair belirsiz bir his ya da bir rahatsızlığın başlangıcı veya ön belirtisi olarak tanımlanabilir. Prodromu genellikle ağrı ile ilişkilendirilen migren atağının kendisi takip eder. Ağrı kişiyi güçten düşürebilir; kişinin görmesini, konuşmasını ve motor hareketlerini etkileyebilecek duysal rahatsızlıklar hafif şiddetliden dayanılmaz dereceye kadar çeşitlilik gösterebilir. Baş ağrısı ve diğer belirtiler, atağa ve tedavinin etkinliğine bağlı olarak dakikalarca, saatlerce ve hatta günlerce sürebilir.

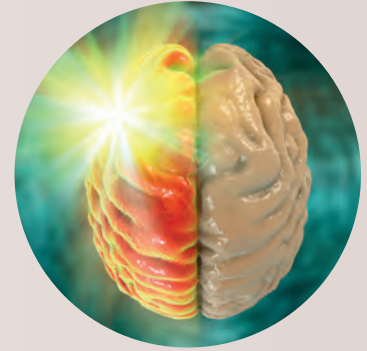
Migren atağı sonrası olarak bilinen postdrom döneminde ise bitkinlik, bezginlik, yorgunluk ve uyuşukluk durumu çoğu insanda devam eder. Ağrının azalması ile birlikte oluşan rahatlama hissine, sürekli tatlı bir şeyler yeme isteği ve sık idrara çıkma ihtiyacı eşlik edebilir.



Migren tedavisi ve CGRP reseptörü illüstrasyonu. Kalsitonin geni ile ilişkili peptit (CGRP) reseptörünü (mavi) bloke etmek için kullanılan monoklonal antikorlar (kırmızı). Kalsitonin geni ile ilgili peptit (CGRP, sarı), reseptörüne (mavi) bağlanmak üzere tasarlanmıştır. Bu, serebral kan damarlarındaki nöronların ve düz kas hücrelerinin zarlarında meydana gelir ve beyin kan damarlarının genişlemesine yol açan G-proteinleri (koyu mavi, altta) aracılığıyla bir sinyal yolağı aktive eder. CGRP reseptörünü bloke etmek migren ataklarının sayısını azaltabilir.

## Migrenin Arkasındaki Gerçek Mekanizmanın Keşfi

Kan damarı genişlemesinin migrene neden olduğu fikri, başlangıçta migreni olan kişilerin genellikle zonklayan bir baş ağrısı yaşadığı gerçeğine dayandırılıyordu. Bu hipotez, gönüllülere kan damarlarını genişletmek için, baş ağrısına da neden olan ve migreni tetikleyebilen ilaçlar enjekte



etmeyi içeren araştırmalarla desteklendi. İlk olarak 1990'lı yıllarda tanıtılan Triptan bazı ilaç sınıfı, özellikle migreni tedavi etmek için tasarlanmış ilk ilaçlardandı ve kan damarlarını daraltarak işe yarıyor gibi görünüyordu.

Sinirbilimcilerin beyindeki kan akışını ölçmek için daha başarılı

ve etkili yöntemler geliştirmesiyle birlikte migren sırasında kan damarlarının genişlemesi teorisinde çatlaklar oluşmaya başladı. Migren atağı yaşayan kişilerin beklendiği gibi genişlemiş damarlara sahip olmadığı belirlendi. Damarlarda genişleme olduğunda da baş ağrısı tetiklenmiyor, aksine ağrıdan sonra genişlemenin başladığı ve bu durumun ağrıdan daha uzun sürdüğünü gözlemleniyordu.

Peki, migrenin arkasındaki gerçek mekanizma neydi? Günümüzden yaklaşık 40 yıl önce bunun da cevabı geldi. Yapılan araştırmalar, 1983 yılında keşfedilen ve CGRP, yani kalsitonin geniyle ilişkili peptid adı verilen bir kimyasalı işaret ediyordu. Bulgulara göre, bu kimyasal, sinir sistemi ve beyindeki sinir hücrelerinin (nöronların) işlevlerini etkiliyor; kan damarlarının genişlemesine neden oluyordu. Bir başka çalışmada da Harvard Tıp Fakültesinden Michael Moskowitz, beyni yüze bağlayan trigeminal sinirin ve ilişkili kan damarlarının migren ağrısında önemli bir rol oynadığını belirledi.

1988'de Lars Edvinsson ve Peter J. Goadsby'nin de dâhil olduğu bir araştırma ekibi CGRP'nin neler yapabileceği hakkında daha fazla bilgi edinmek için çalışmalarına devam etti. 1990'ların ortalarında, migren atağı sırasında CGRP'nin trigeminal sinirden salındığını keşfederek migreni tetikleyen bir beyin kimyasalını ilk kez belirlemiş oldular. Aynı araştırma ekibinden

Jes Olesen de migrene yatkın kişilere CGRP vermenin atağı tetiklediğini ve Sumatriptan isimli ilaç ile doğal CGRP salınımının önlenilebileceğini gösterdi. Araştırma ekibi hem migrenin mekanizmasını hem de tedavisinde kullanılabilecek etkin bir ilacı keşfetmişti.

Ancak Triptan bazlı ilaç sınıfı için bazı sıkıntılı durumlar vardı. Bu ilaçlar, kan damarlarını daralttıkları ve CGRP'nin salınımını kısıtladıkları için felç geçmişi olan hastalarda kullanılamıyordu; ayrıca mide bulantısı, yorgunluk, boyun ve çenede tutukluk ile göğüs sıkışması gibi yan etkileri de vardı. Yapılan çalışmalar bu ilaç sınıfının hastaların %42 ila %76'sında 2 saat içinde sadece ağrıyı durdurmakta etkili olduğunu ancak migrenle birlikte oluşan diğer rahatsız edici belirtilere karşı tamamen etkisiz olduğunu gösteriyordu.

## Migrene Özgü Yeni Nesil İlaçlar

CGRP'nin hedef alınması gerektiğinin anlaşılması ile migren için yeni ilaçların belirlenmesi çalışmalarına ağırlık verildi. Geliştirilecek bu yeni ilaçlar, CGRP salınımını engellemeye devam etmeli ancak triptan bazlı ilaç sınıfı gibi kan damarlarını daraltmamalıydı; böylece daha fazla insan



tarafından kullanılabilirdi. Bunlardan bazıları, migreni önlemeye yardımcı olmak üzere birkaç ayda bir enjekte edilen monoklonal antikorlardı. Klinik bir deneyde gönüllülerin yaşadığı migren günlerinin sayısını yarıya indirdiği tespit edilen Erenumab isimli ilaç sınıfı, 2018 yılında ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylandı ve 1990'lardan bu yana geliştirilen ilk yeni migren ilacı oldu. Migren yolağını hedef alan bu ilacı diğerleri izledi. Goadsby ve ekibi, enjeksiyon gerektirmeyen, Gepant grubu CGRP hedefli yeni ilaçlar geliştirdiler. Bunlardan iki tanesi akut migren tedavisi için kullanım onayı aldı. Bu yeni ilaçlardan bazılarının atakların başlamasını önlemek için de yararlı olabileceği belirtiliyor.

***CGRP mekanizmasının keşfi ve migrene özgü yeni ilaçların geliştirilmesi migrenin gerçekten nörolojik bir durum***



## **olduğunu ispatlıyor.**

Beyin görüntüleme çalışmaları, atak sırasında başın arkasındaki oksipital lobdan başlayarak bozulmuş beyin aktivitesi dalgasının oluştuğunu ve yayıldığını göstermişti. Sinir hücreleri bir çalışıyor bir duruyor ve bu durum dalga dalga tüm beyin bölgesine yayılıyordu. Araştırmacılar migren atağı sırasında hastaların yaşadığı gözde ışık çakması ve kör noktaların oluşması belirtilerini bu duruma bağlıyorlardı.

Araştırmaların devamı, bozulmuş beyin aktivitesi dalgasının beyni çevreleyen zarlardaki ağrıyı algılayan sinir hücrelerini tahrip ettiğini veya trigeminal siniri CGRP salması için tetiklediğini gösteriyor.

## **Belirtilerdeki Farklılıklar**

Merak edilen bir başka soru da neden bu kadar geniş bir belirti yelpazesinin olduğu. Migren atağının ön belirtileri birçok insanda genellikle yanıp sönen veya titreyen ışıklarla başlıyor. Bazıları migren sırasında zikzaklar şeklinde ışık demetleri görüyor, bazılarında ise kör noktalar veya karıncalanma hissi oluşuyor. Bu kadar farklılığın nedeni çeşitli genlerin kişiden kişiye değişen bireysel kombinasyonları olabilir.



Migren aurasını betimleyen bir görsel

## **Kadınlarda Erkeklerle Göre Daha Fazla Görülüyor**

İnsanlar ilk migren tecrübelerini genellikle ergenlik dönemi başladığında yaşıyor. Ağrıların sıklığı yetişkinlik boyunca artarak devam ediyor, menopozdan sonra ise azalmaya başlıyor. Bazı kadınlarda migren ataklarının hamilelik sırasında kaybolduğu veya menopoz öncesi dönemlerde daha da sıklaştığı biliniyor. Bütün bu tecrübeler hormonların önemine işaret ediyor.

Uzmanlar trigeminal sinir hücrelerinde östrojen ve oksitosin hormonları için reseptörler (almaçlar) bulunduğunu söylüyor.

Bu yüzden hormonlar migrendeki ağrı algısını ve şiddetini etkileyebiliyor. Her iki hormon seviyesinin de kadınlarda adet döngüsü ile birlikte dalgalandığı, erkeklerde ise daha stabil olduğu biliniyor.

## **Kalıtsal Baş Ağrıları**

Uzmanlar daha yaygın migren türlerini açıklayabilecek genetik faktörleri de araştırıyor. Sonuçta, bir kişinin ebeveynlerinden biri veya her ikisi de migrenden muzdarip ise o kişinin de atak geçirme olasılığı %50 ila %75 arasında oluyor. Genom diziliminde migrenle ilişkili olduğu düşünülen 123 farklı bölgenin bulunduğu belirtiliyor. Yani durum sanıldığından da karmaşık olabilir.



Ben mi? Migren konusunda yeni yeni şansı dönmeye başlayan kişilerden birisi sayılırım. Artık 50’li yaşlardayım ve muhtemelen hormonlardaki değişimler nedeniyle migren ataklarım yok denecek kadar azaldı. Ancak yıllarca migren atakları sırasında yaşadığım şeyleri şimdilerde kızımın da yaşadığını görmek migrenin aile içinde ortaya çıkma eğiliminin ne kadar yüksek olduğunun tecrübeyle sabit bir kanıtı gibi tüm gerçekliğiyle karşımda duruyor!

Migrenin tam olarak gizemini çözmek ve herkeste işe yarayacak “mucize” ilacı ve yeni tedavi yöntemlerini bulmak için çok daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç olduğu aşikâr. Bilim insanlarının yoğun çalışmalarının çok yakın bir gelecekte sonuç vermesini ve migrene karşı kesin çözümler üretilmesini umut ediyoruz. Gelişmeleri yakından takip etmeye ve dergimiz aracılığı ile sizlere aktarmaya devam edeceğiz. ■

***Peki, migren atakları tam olarak neden ve nasıl başlıyor? Uzmanlar migrene dair en önemli soruların henüz tam olarak yanıtlanmadığını vurguluyor.***

Doktorlar migren atakları yaşayan kişilerin bir migren günlüğü tutmalarını ve migrenlerini tetikleyen şeylerin bir listesini yapmalarını önerirler; böylece migrenden hemen önce hastalarının hayatlarında, rutinlerinde ve diyetlerinde herhangi bir değişiklik olup olmadığını takip edebilirler.

Peki; stres, yorgunluk, açlık, uykusuzluk veya peynir ya da çikolata tüketimi nasıl oluyor da bazı insanların migren ataklarını daha fazla tetikleyebiliyor? Bazı araştırmacılar, migrene yakalanan

kişilerin beyinlerinin uyarılara yanıt vermek için daha düşük bir eşiğe sahip olduğuna ve belirli uyaranların atağı tetikleyen sinirsel aktiviteyi daha kolay başlatabileceğini düşünüyor.

Açık olan şu ki migren belirtilerindeki büyük çeşitlilik göz önünde bulundurulduğunda, bir kişi için geçerli olan veya işe yarayan bir durum ve tedavi yöntemi bir başkası için geçerli olmayabilir ya da işe yaramayabilir.

#### **Kaynaklar**

- <https://www.nature.com/articles/s41588-021-00990-0>
- <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fncel.2018.00233/full>
- <https://headachejournal.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/head.13791>
- <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0333102418774299>
- <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0333102418779544>
- <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0333102418774299>



# Uzayı Keşfe Çıkması Planlanan Robotlar

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

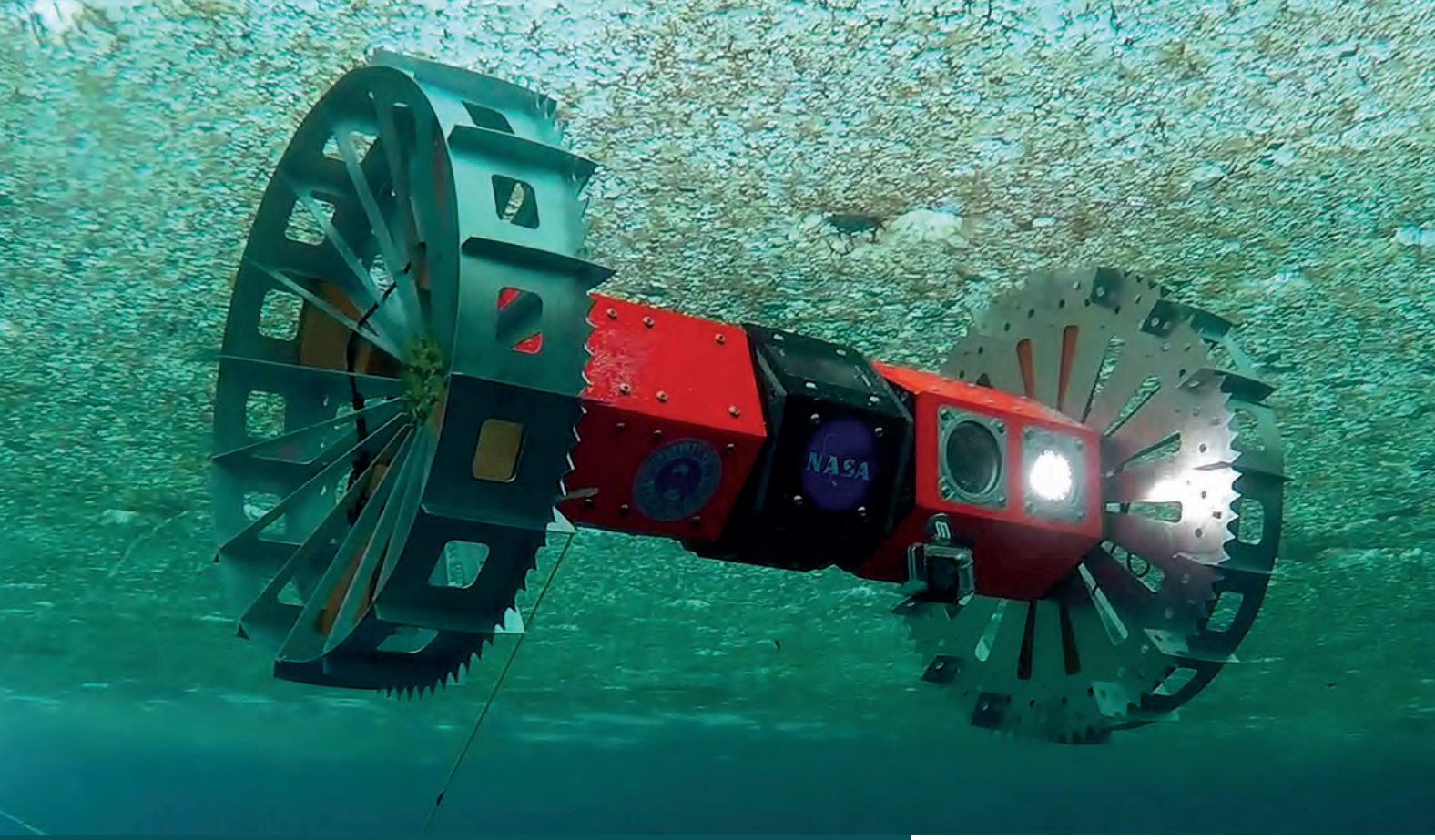
NASA çeşitli firmalarla iş birliği yaparak gelecekte zorlu uzay görevlerinin üstesinden gelebilecek sıra dışı robotlar geliştiriyor.





Bu yazı TÜBİTAK'ın dijital popüler bilim yayını olan Bilim Genç'te yayınlanmıştır.





## BRUIE

BRUIE yüzeyi buzla kaplı sularda görev yapması için geliştirilen bir robot. BURIE'in en önemli özelliği suda yüzmesi. Yüzeyi buzlarla kaplı bir denize daldırılan robot, yükselerek buzun alt yüzüne yapışıyor ve su içinde hareket edebiliyor. Tekerlekleri birbirinden bağımsız olarak çalışan robot, bu sayede su altında yön değiştirebiliyor.

Robot, üzerindeki cihazların topladığı verileri bir baz istasyonuna gönderiyor. Baz istasyonu da uydular aracılığıyla komuta merkeziyle iletişim kurabiliyor. Robot, şu an için kablolu bağlantılara ihtiyaç duyuyor. Ancak testler tamamlandıktan sonra BRUIE'in kablosuz hâle getirilmesi planlanıyor.

Güneş sistemindeki Europa ve Enceladus gibi uyduların buzla kaplı yüzeylerinin altında okyanuslar olduğu tahmin ediliyor. Şu an için Kuzey Kutbu'nun buzla kaplı sularında test edilen BRUIE'in bir gün bu uydularda görev yapması hedefleniyor.

Video:

[https://youtu.be/r\\_NwlkW1BXw](https://youtu.be/r_NwlkW1BXw)



## DuAxel

DuAxel zorlu arazilerde görev yapması için geliştirilen bir robot. Adından da anlaşılacağı gibi iki aksı var ve bu akslardan biri zorlu arazilerde görev yapmak için robotun geri kalanından uzaklaşabiliyor.

Zorlu bir araziye, örneğin dik bir yamaca gelen robot, ilk olarak kendisini zemine sabitliyor. Daha sonra akslardan biri robottan ayrılarak zorlu araziye incelemek için yol almaya başlıyor. Ayrılan aks, robotun ana gövdesine bir kablo ile bağlı. Bu kablo aksa hem güç hem de destek sağlıyor. Ayrıca aks, robotun geri kalanıyla da bu kablo sayesinde iletişim kuruyor.

Üzerindeki kameralar sayesinde kendi yolunu kendi çizen aks,



incelenecek bölgeye ulaştıktan sonra içerisinde taşıdığı bilimsel cihazları açığa çıkararak çalışmaya başlıyor. Görev tamamlandıktan sonra robotun ana gövdesi bağlantı kablosunu çekerek aksın geri dönmesini ve yeniden gövdeyle bütünleşmesini sağlıyor.

DuAxel'in Mars'ta sıradan yüzey araçlarının görev yapmakta zorlanacağı arazilerde önemli başarılarla imza atması bekleniyor.

Video:

<https://youtu.be/GUNWVroyys4>



## NEBULA-SPOT

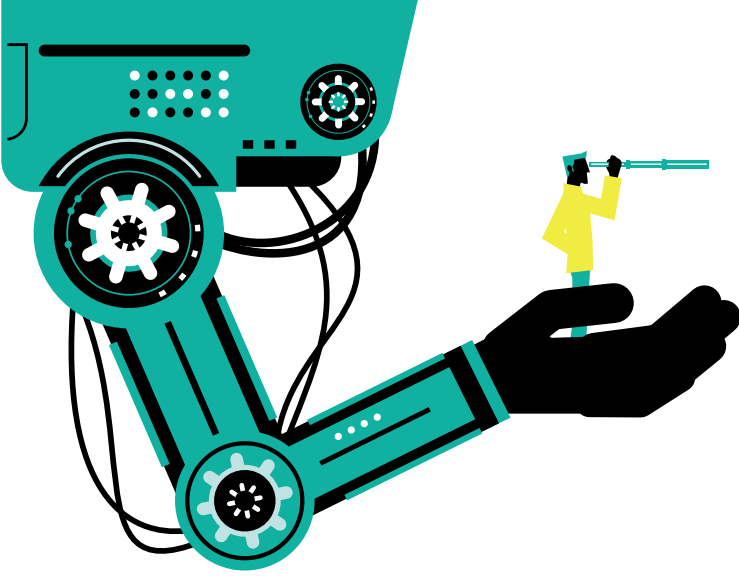
Köpek biçiminde tasarlanmış otonom bir robot olan NEBULA-SPOT, insanlar tarafından yönlendirilmeksizin tüneller, mağaralar gibi yer altındaki gizli yerleri keşfetmek için geliştiriliyor. NEBULA-SPOT, Ay'daki ve Mars'taki mağaraları dolaşarak astronotlar için korunaklı yerler keşfedebilir. Ayrıca eğer Mars'ta mikrobiyal yaşam varsa bu canlıların gezegenin yüzeyinde değil derinlerinde hayatta kalma şansları daha yüksek. NEBULA-SPOT, Dünya dışında yaşam olup olmadığının araştırılmasında da yararlı olacak.

Video:

[https://youtu.be/\\_HpWihFFD54](https://youtu.be/_HpWihFFD54)







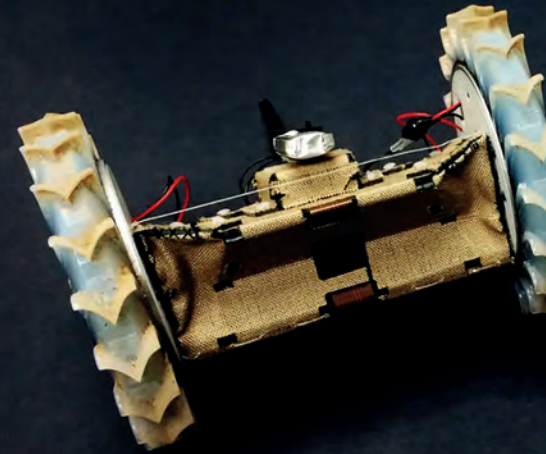
## Rollocopter

Rollocopter hem bir yüzey aracı hem de bir hava aracı. Geliştirilme süreci 2020’de tamamlanan robot, dört adet pervanesini kullanarak havada yükselebiliyor ve iki pasif tekerleği sayesinde karada yuvarlanabiliyor. Havadaki menzili sıradan *drone*’ların on katı kadar olan melez robot, yer altındaki mağaralarda da görev yapabiliyor. Rollocopter, havalanmasına yetecek yoğunlukta atmosfere sahip gök cisimlerinde görevler yapmaya hazır.

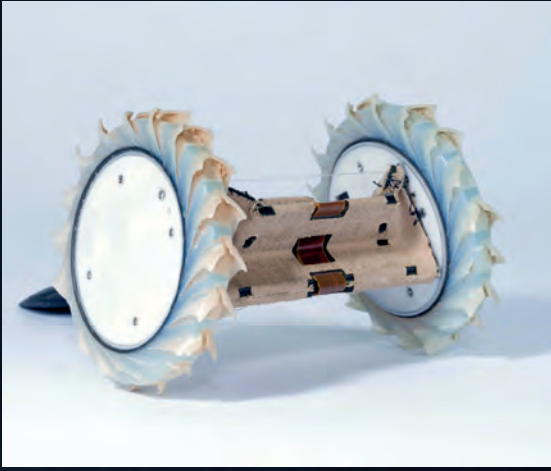


## A-Puffer

Origamiden esinlenilerek tasarlanan A-Puffer robotlarının en büyük özelliği katlanabilmeleri. Geliştirilme süreci 2020’de tamamlanan bu robotların her biri sadece bir ayakkabı kutusu büyüklüğünde. Hem ufak olmaları hem de katlanabilmeleri sayesinde dar yerlere rahatlıkla girip görev yapabiliyorlar. Üstelik bu robotlar gruplar hâlinde de çalışabiliyor.



En son nesil A-Puffer robotlarında kablosuz iletişim kurabilen bir bilgisayar ve robotun çevresini algılamasını sağlayan bir kamera sistemi bulunuyor. Robotun gelecekte astronotların yürüyerek ulaşamayacağı arazilerde görev yapması planlanıyor.



## Lemur-3

Lemur-3 bir serbest tırmanışçı. Kendisini hiçbir yere bağlamadan dik yamaçlara tırmanabiliyor.

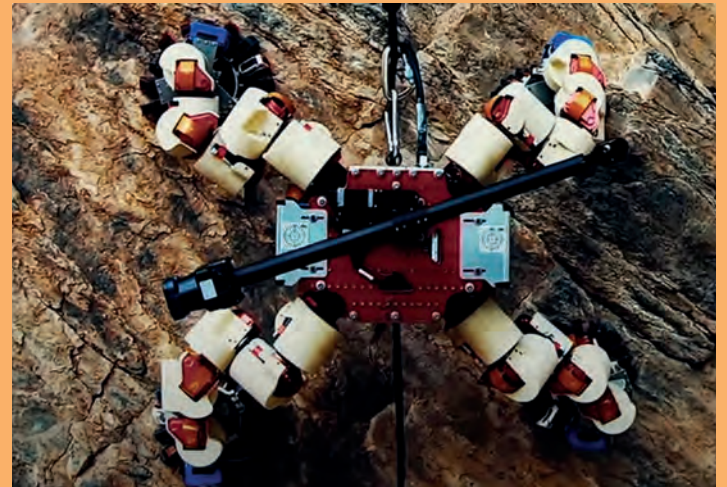
Yaşam izleri bulması için tasarlanmış robot, çeşitli spektrometrelere sahip. Kızılötesi spektrometre organik bileşikleri, X ışını cihazı elementleri, morötesi spektrometre ise morötesi ışık altındayken floresans yapan mikroorganizmaları tespit ediyor.

Üzerindeki lazerler yardımıyla etraftaki kayaçların biçimini algılayan robot, bir hedefe gitmesi istendiğinde takip edeceği yolu kendisi tespit ediyor. Lemur-3 tırmanırken kablolarla ihtiyaç duymuyor. Aşağıdaki fotoğrafta görülen kablolar, Dünya dışındaki düşük kütle çekimli ortamların bir benzerini oluşturmak için kullanılıyor.

2011'den beri geliştirilme süreci devam eden robot, Kaliforniya'daki Ölüm Vadisi'nde testlerden geçiriliyor. Bir zamanlar ılıman tropik denizlerin altında olan bu topraklardaki kayaçlar yüz milyonlarca yıl öncesinden kalma yaşam izleriyle dolu. Lemur-3'ün testlerdeki başarısı Dünya dışı görevler için umut vadediyor.

Video:

<https://youtu.be/q2SKa9IEG4M>





# BİLİM TARİHİNDEN NOTLAR

Prof. Dr. Hüseyin Gazi Topdemir

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



## Kepler ve Gezegen Yörüngelerinin Elips Olduğunun Keşfi

### Yer'in Hareket Etmesi Meselesi

Kopernik ile başlayan Yer'in hareket ettiği meselesi ister istemez bilim insanlarının gündemine birkaç kritik sorunun girmesine yol açtı. Bu sorulardan biri, bilinen bütün gök hareketlerinin hareket eden Yer'e göre açıklanmasının gerektiği idi. Başka bir deyişle, ünlü bilim felsefecisi Thomas Kuhn'un (1922-1996) dediği gibi, aslında evren fiziksel olarak değişmemişti ve

Yer'in hareketsiz olduğunun kabul edildiği zamanlardan farksızdı ancak bilim insanlarının araştırmalarıyla öğrendiklerini düşündükleri evren değişmişti. Önceden gökyüzünde ve yeryüzünde gözlemlenen bütün hareketler durağan bir Yer anlayışı çerçevesinde anlamlandırılmaya ve açıklanmaya çalışılırken, şimdi tüm bu hareketleri devinen Yer anlayışına göre yeniden açıklamak gerekiyordu. Bu bağlamda bilim insanlarının zihinlerinde yeni sorular şekillendi: Yer gerçekten de hareket ediyor



muydu? Eğer ediyor idiyse o zaman örneğin üzerindeki her şey neden etrafa saçılmıyordu? Nispeten kolay sayılacak bu soruların yanında, “Eğer Yer hareket ediyorsa, biz neden yıldızların görünüşünde ve parlaklığında farklılıklar görmüyoruz?” gibi daha köklü sorular da elbette gündeme gelmekte gecikmedi. Bu son sorunun cevabı yeterli gözlem ve matematik bilgisinin eksikliği nedeniyle epeyce geç bir dönemde verilebildi, zira bu durumu açıklamak için paralaks denilen bir konunun farkına varılması ve nedeninin bilinmesi gerekiyordu ki bu da ancak güçlü teleskop gözlemleriyle fark edilebilecek denli küçük ölçekli değişimlerin algılanabilmesi anlamına geliyordu. Bu teknik destek gerektiren soru daha sonra cevaplansa bile ilk sorular cevapsız bekleyemezdi. Çünkü Yer hareket ediyorsa Yer’in sabit durduğu düşünülerek oluşturulmuş



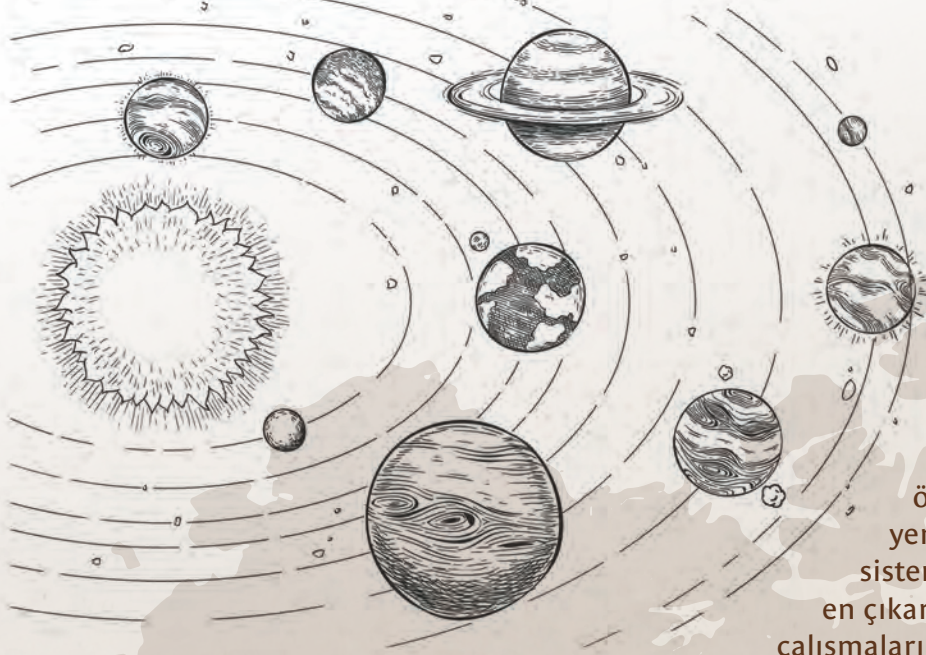
Tycho Brahe (1546-1601)

bilgi birikiminin yıkılması gerekiyordu. Bu, kısa bir süre içinde gerçekleşecekti ve Batı dünyası buna “Bilim Devrimi” diyecekti. Bu sıkıntılı durumdan çıkmanın yolu güçlü bir organize desteğin yardımıyla gerçekleşebilirdi. Zira çözüm çok dakik gözlemler yapmaktan geçiyordu. Desteği Danimarka Kralı II. Frederic sağladı. Gözlemevi kurma ve gerekli gözlemleri yapma işini de Tycho Brahe (1546-1601) üstlendi. Hven Adası’nda Batı dünyasının ilk büyük gözlemevi olan Uraniborg kuruldu ve Brahe gözlemlere başladı. Otuz yıl süren gözlemler sonucunda Yer’in hareket ettiği ve gökyüzü hakkında bilinenlerin büyük kısmının da yanlış olduğu anlaşıldı. Nihayet 1599 yılında üniversiteyi yeni bitirmiş ve henüz üç yıl önce Yer’in hareket ettiği kabulüne dayalı düşünceler içeren *Mysterium Cosmographicum* (“Kozmik Giz”, 1596) başlıklı kitabını yazmış olan Johannes Kepler (1571-1630) Uraniborg’da göreve çağrıldı.



Uraniborg





periyodu ve izlediği yol birbirini tutmuyordu. Kısacası bilim devrimine giden yol tıkanmıştı ve Kepler yolu açmak zorunda olduğunun farkındaydı.

Kepler, hocasının kendisine öğrettiği geometri bilgilerini yeniden gözden geçirdi. Gezegen sistemindeki matematiği bulmak en çıkar yol olmalıydı. Bu düşünceyle çalışmalarını sürdüren Kepler, Mars'ın ve gezegen olduğuna artık kuşku duymadığı Yer'in yörüngelerini birlikte hesaplamaya gayret etti. Bu amaçla çember düzenekli sistemler üzerinde durdu ancak yine sonuç alamadı. Nihayetinde Mars'ın çizdiği yörüngenin kendisinin hesapladığı çember ile sadece iki noktada kesiştiğini fark etmesi, gezegenlerin yörüngelerindeki düzensizliğin aslında başka bir geometrik şekil çizilerek bertaraf edilebileceğini anlamasını sağladı ve kısa bir süre sonra yörüngelerin çember değil elips olduğunu keşfetti. Böylece her bir gezegenin Güneş

## Kepler'in Mars Çalışması

Gezegenler arasındaki mesafeleri düzgün çok yüzlü şekillerle açıklamanın yanı sıra gezegenlerin ve Güneş'in birer mıknaatıs oldukları gibi gökyüzüne ilişkin mistik düşüncelere sahip olsa da Kepler, Brahe'nin son derece hassas gözlem kayıtlarını inceledikçe daha kabul edilebilir düşünceler geliştirmesi gerektiğini anladı. Öncelikle Kopernik'in gök modelini yeniden incelemeye başladı ve bu modelin gezegenlerin yörüngelerinin belirlenmesi için verimli bir zemin oluşturduğunu anladı. Çünkü modelde her bir gezegenin Yer'e göre belirli mesafelerde olması gerektiği öngörüldüğü gibi, bu durum esas alınarak her bir gezegenin Güneş'e olan uzaklığını hesaplamak da mümkün görünüyordu. Bu Kepler için ufuk açıcı bir bilgi oldu. Hemen Brahe'nin ölmeden önce epeyce bir süre gözlemediği Mars'a ilişkin kayıtlarını incelemeye başladı ve Mars'ın yörüngesini kesin bir şekilde hesaplamaya çalıştı. O zaman egemen olan yörüngelerin çember biçiminde olduğu düşüncesini esas aldığından, ne kadar çaba gösterirse gösterecekti, hesaplarıyla gezegenin dolanım

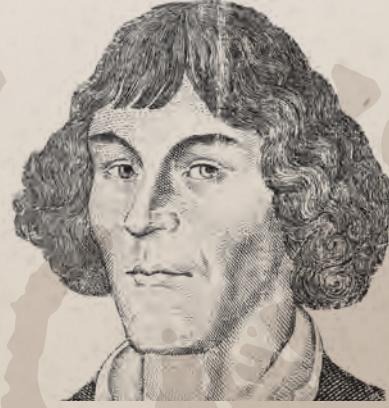


Johannes Kepler (1571-1630)



etrafında elips çizdiğini fark eden Kepler, bilim tarihine Kepler Yasaları olarak geçecek ilk tanımını yaptı: Yer’de dâhil olmak üzere, her bir gezegen, Güneş’in çevresinde elips yörünge çizer. Bu durumda gezegen çember yörüngede dolanmadığı için dönüş hızı sabit kalmayacak ve kuvvet etkisiyle Güneş’e uzak iken yavaş, yakın iken de hızlı hareket etmek durumunda kalacaktır. Ancak eşit zaman dilimlerinde taradığı alanlar da eşit olacaktır. Kepler bu belirlemesini de şöyle yasalastırdı: Güneş ile gezegeni birleştiren doğru parçası, eşit zamanlarda eşit alanlar tarar. Çalışmalarını sürdüren Kepler, daha sonra üçüncü bir yasa daha geliştirdi: Gezegenlerin periyotlarının karelerinin Güneş’e olan uzaklıklarının küplerine oranı sabittir:  $T^2/a^3 = \text{sabit}$ .

Kepler böylece gezegen sistemiyle ilgili kuvvet yasalarını ortaya koyduğu gibi Kopernik’in Güneş’i durağan kabul eden, Yer’in de gezegen olduğunu ileri süren görüşünü doğrulamış oldu. Bununla birlikte Kepler’in iddialarının doğru olduğunun kesin kanıtlanması için gözlem verilerine de ihtiyaç vardı. Gözlem verilerini Galileo Galilei (1564-1642) temin etti. Böylece Kopernik ile başlayan Yer’in hareket ettiği iddiasının sorgulanması amacıyla yapılan çalışmalar Yer’in ve evrenin yepyeni bir resminin çizilmesini sağladı. Bu resme son



Kopernik

şeklini ise Isaac Newton (1643-1727) verdi. Bu süreçteki araştırma sonuçları bilimsel bilgi birikimini artırdığı gibi o zamana kadar doğru bilinenlerin büyük bir kısmının yanlış olduğunu gösterdi.

Bu dönem aynı zamanda teleskobun yoğun kullanıldığı bir zaman dilimi olduğu için dönemin birçok bilgini gibi Kepler de mercekler konusuna ilgi gösterdi ve *Dioptrice* (“Kırılma Üzerine”, 1610) başlıklı kitabını yazdı. Bu eserinde ince kenarlı merceklerin büyütme miktarı ve mercek sistemleri konusunu detaylı olarak inceledi.

Gelecek sayıda Galileo ve Yer fiziğindeki gelişmeleri ele alacağız. ■

## Kaynaklar

- James, I., *Büyük Fizikçiler Galileo’dan Yukava’ya*, (C. Öztürk, Dü., & S. Erduman, Çev.) İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 2021.
- Kepler, J., *Dioptrice*, W. Heffer & Sons Ltd., Cambridge, England, 1962.
- Kuhn, T. S., *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, (N. Kuyuş, Çev.) İstanbul: Alan Yayıncılık, 1982.
- Kuhn, T. S., *Kopernik Devrimi, Batı Düşüncesinin Gelişiminde Gezegen Astronomisi*, (H. Turan, D. Bayrak, & S. K. Çelik, Çev.) İstanbul: İmge Kitabevi, 2007.
- Topdemir, H. G., & Unat, Y., *Bilim Tarihi ve Felsefesi*, Ankara: Pegem Akademi, 2019.
- Voelkel, J. R., *Johannes Kepler and the New Astronomy*, Oxford: Oxford University Press, 1999.
- Wootton, D., *Bilimin İcadı Bilim Devriminin Yeni Bir Tarihi*, (A. S. Ürgüplü, Dü., & N. Elhüseyni, Çev.) İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, 2019.



Doğa  
Fauna

# Jaguar

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





Jaguarlar (*Panthera onca*) dünyanın en büyük üçüncü kedi türüdür. Amerika'ya özgü Panthera cinsinin yaşayan tek üyesidir. Aynı zamanda 185 santimetreye kadar vücut uzunluğu ve 158 kilograama kadar olan ağırlığıyla Amerika kıtasının en büyük vahşi kedisidir. Jaguarlar, önceleri Amerika Birleşik Devletleri'nin güney batısından Arjantin'e kadar olan bölgede bulunurdu. Şimdiyse çoğu Amazon yağmur ormanlarında ve dünyanın en büyük tropikal sulak alanı olan Pantanal'da yaşar.

Jaguar kelimesi Amerikan Yerlileri'nin dilinde avını bir sıçramada yakalayan anlamındaki "yaguara" sözcüğünden gelir. Kısa ve kalın bacak yapısı jaguarın iyi tırmanmasını, sürünerek ilerlemesini ve yüzmesini sağlar. Jaguarın postu genelde sarımsı kahverengi renktedir ancak kızıl kahverengiden siyaha kadar da çeşitlilik gösterir. Post üstündeki benekler her bir jaguar için kendine özgüdür.

Birçok kedinin aksine jaguarlar suya girmekten çekinmez. Islak ortamlarda yaşayabilir; göllerde, nehirlerde ve sulak alanlarda yüzebilirler. Büyük nehirleri yüzerek geçebilmeleriyle tanınırlar.

Dünyada yaklaşık 173.000 jaguar kaldığı tahmin ediliyor. Jaguarlar, habitat kaybı ve habitat parçalanması gibi çevresel tehditlerin yanı sıra kürkleri nedeniyle de kaçak avlanma tehlikesiyle yüz yüzedir. Orta ve Güney Amerika'daki çiftlik sahipleri tarafından da zaman zaman öldürülürler. 2002'den beri nesli tehdit altında olan tür koruma statüsündedir. Jaguarları tehdit eden en önemli unsurlardan biri iklim değişikliğidir. Bilim insanları jaguarların kısa vadede aşırı iklim koşullarıyla başa çıkabileceğini ancak olumsuz hava olaylarının sıklığı artarsa ve besin kaynakları azalmaya devam ederse sayılarının çok hızlı bir şekilde düşeceğini öngörüyor.



# Gökyüzü

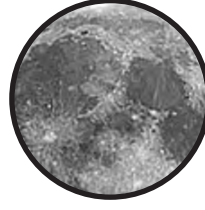
Prof. Dr. Faruk Soyduğan

[fsoydugan@comu.edu.tr]

03 Ekim  
İlk dördün



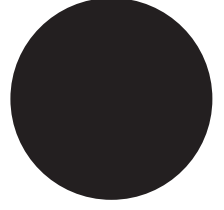
09 Ekim  
Dolunay



17 Ekim  
Son dördün



25 Ekim  
Yeni ay



## Gündem Ay

Gece gökyüzünde görebileceğimiz en parlak doğal gök cismi olan Ay, gök bilimcilerin yanında diğer insanların da hayatında farklı gerekçelerle kendine yer buluyor. Ay, dolunay evresinde -13 kadir civarındaki görsel parlaklığı ile gökyüzünde görüldüğünde tüm canlılara fener oluyor. Uydumuz, insanlığın binlerce yıldır takvimleri düzenlemesinde anahtar rol oynamasının yanında, Dünya'ya en yakın gök cismi olması nedeniyle de uzay araştırmalarında önceliğini almış ve ilk ulaşılan gök cismi olmuştur. Uzay araştırmalarında Ay'a ulaşma ve devamında hızlanan çalışmalar 1970'lerin ortalarından sonra 30 yıla yakın bir süre sessiz denilebilecek bir döneme girdi. Ancak özellikle son 10 yıldır Ay ile ilgili araştırmalar ve Ay'a ulaşma projelerindeki önemli artış göze çarpıyor. Yine de Ay'ın Dünya üzerindeki etkileri, yakınlığı, parlaklığı ve hatta geceye yansıyan güzelliği dikkate alındığında bize uzay yolculuğumuzda eşlik eden bu kayaç gök cisminin biraz hafife



(NASA)

alındığı söylenilebilir. Bunun nedeni hemen şuracıkta gibi görünmesi ve çıplak gözle bile bazı detaylarının seçilmesi olabilir.

Öncelikle Ay ile ilgili bazı bilgileri hatırlatıp biraz açalım. Yaklaşık 4,5 milyar yıl önce, Theia adı verilen bir gök cismi genç Dünya'ya çarptı ve hem çarpışmanın şiddetinden hem de çarpan cismin Mars büyüklüğünde olmasından dolayı gezegenimiz büyük ölçüde sarsıldı. Bu olay sonrası Dünya'mız yeniden şekillenirken çarpışmanın enkazından da Ay oluştu. Bu açıklama, en çok ka-

bul gören Ay oluşum teorilerinden biri. İnsanlığın varlığından bu yana Ay, en hayran olunan gök cisimlerinden biridir. Gökyüzünde değişen görüntüsüyle birçok kültürde yer almış ve efsanelere girmiştir. Eski kültürler Ay'ı günlük hayatın akışında pratik bir araç olarak kullandılar. Zamanı ölçmek dışında; bitkilerin çiçeklenmesi, hasat zamanı, hayvanların davranışı ve farklı mevsimsel olayların takibi için dolunayların her birine farklı adlar verildi. Örneğin, Solucan Dolunayı, Çiçek Dolunayı, Çilek Dolunayı, Hasat Dolunayı...

Ay'a daha önce bir dürbün veya teleskopla bakmadıysanız bakınca şaşırabilirsiniz. Ay'ın Güneş ile aydınlanan yüzeyinin bazı ana özelliklerini çıplak gözle görebiliriz ancak daha ince ayrıntıların gözlem için teleskoba ihtiyaç vardır. Dolunay evresinde Ay çok parlak olduğundan çıplak gözle gözlem gözü oldukça yorar ve aşırı parlaklık bazı ayrıntıları görmemizi engelleyebilir. Bu yüzden hilal ile ilk ve son dördün evreleri gözlem için daha uygundur. Diğer yandan, uydumuzun bizden sakladığı bir yüzü daha vardır. Kayaçlık uydumuzun kendi eksenini etrafındaki dönmesi ile Dünya'nın yörüngesinde dolanımı aynı sürede gerçekleştiğinden onun hep aynı yarı yüzeyi ile karşı karşıya kalıyoruz. Yine de Ay ile Dünya'nın etkileşimi sayesinde bazen Ay'ın görünmeyen küçük parçalarını da (%9 kadar görünmeyen parça) görebiliyoruz.

Ay yüzeyindeki öne çıkan desenlerden biri denizlerdir ancak bunlar alışik ve aşina olduğumuz devasa su kütleleri değil, uydumuzun çok aktif geçmişinin ovalarıdır. Ay denizleri, yaklaşık 3 ila 3,5 milyar yıl önce lav püskürten ve hızla soğuyarak gri bazaltik kayalar oluşturan volkanik patlamaların işaretleridir. Bu denizler oldukça karanlıktır ve demir zengini bölgeler olmaları nedeniyle onları çevreleyen açık gri alanlara göre Güneş ışığını daha az yansıtırlar. Ay yüzeyinde denizlere ek olarak göl, bataklık ve koy benzeri yapılar da göze çarpar. Yüzeyi anlatırken vadilerden, faylardan ve kuru tozlu yüzeyden yükselen 50 ila 790 km çapında devasa dağlardan da bahsetmek gerekiyor.

Ay deyince akla gelen ilk kelimelerden biri de krater olmalı. Uydumuz, kayaçlık yüzeyinde binlerce çukur ve oyukla âdeta yaralı bereli bir görüntü sergiliyor.



Ay'ın Uluslararası Uzay İstasyonu'ndan görünümü

Bu yaralanmaların kaynağı, uzayda dolaşan ve Ay'ın çekim alanına yakalanarak ona çarpan uzay kayaçlarıdır. Ay'ın atmosferden, sudan ve tektonik plakalardan yoksun çorak bir kayaç yapı olduğu biliniyor. Bunun anlamı, bu kraterlerin onları aşındıracak hiçbir etmen olmadan iki milyar yıldan fazla süredir orada bulunduklarıdır. Bazı kraterler o kadar büyüktür ki onları dürbünle bile görmek mümkündür. Bunlara örnek olarak 93 km çapa yayılmış olan 3,8 km derinliğe sahip Copernicus Krateri verilebilir. Diğer büyük kraterlerden bazıları Clavius, Manilius, Stevinus, Tycho, Langrenus, Kepler isimleriyle biliniyor. Ay'ın evre geçişlerinde aydınlanmadaki değişimler nedeniyle kraterler de farklı görünebiliyor. Bununla birlikte, Ay gözlemlerini kolaylaştırmak için hazırlanan Ay yüzey haritaları oldukça kullanışlıdır. NASA'nın 1 Ekim 2022 tarihi için hazırladığı Ay haritasına <https://go.nasa.gov/3QNhLA4> web adresinden ulaşılabilir ve küçük çaplı bir teleskop kullanarak haritadaki yapıları Ay yüzeyinde gözleyebilirsiniz.



Ay yüzeyindeki büyük kraterlerden biri olan Daedalus'un (Krater No: 308) Apollo 11 uzay aracından alınmış görüntüsü.

Ay'ın insanlık kadar eski gözlemlerine, dört asrı aşan teleskopla gözlemler de eklendiğinde çok fazla bilgi ve veriye sahip olduğumuzu söyleyebiliriz ancak yaklaşık bir asır önce önerilen roketle Ay'a ulaşma fikri insanlık için farklı bir anlam taşıyor. Yaklaşık 1960'lı yıllarda başlayan ve o dönemki adıyla SSCB ve ABD arasında âdeta uzay yarışına dönen çalışmalarda hedef Ay'dı. Luna ve Apollo serileri o dönemde tüm dünyada büyük heyecan oluşturdu ve bu görevlerin devamında Ay çalışmaları bir



## Orionid (Avcı) Gök Taşı Yağmuru

Orionidler olarak isimlendirilen gök taşı yağmuru, Halley Kuyruklu Yıldızı'nın bıraktığı artıklar nedeniyle oluşur. Halley, Güneş sisteminin iç bölgelerine doğru her girdiğinde; çekirdeği uzaya buz, toz ve kayaç parçaları saçar. Bu kayaç parçaları Dünya atmosferine ekim ayında girdiğinde Orionid meteor yağmuru ile karşılaşırız. Halley Kuyruklu Yıldızı, gökyüzünde en son 1986 yılında görülmüştü. 16 x 8 x 8 km boyutunda olan kuyruklu yıldızın albedosu 0,03 olup Güneş sistemindeki en karanlık veya en az yansıtıcı yüzeye sahip cisimlerden biridir. 26 Eylül ile 22 Kasım tarihleri arasında gerçekleşecek Orionid yağmurunun en yoğun gözlenebileceği tarih 20-21 Ekim gecesi olacak. Yağmurun çıkış noktası Avcı (Orion) Takımyıldızı civarında, takımyıldızın parlak yıldızı Betelgeuse'nin kuzeyindedir. Ülkemizden saatte yaklaşık 10-15 meteor gözlenmesi bekleniyor. Yağmurdaki küçük meteor parçalarının Dünya'ya giriş hızlarının saniyede yaklaşık 66 km olduğu biliniyor.



Ay ve önünden geçen Uluslararası Uzay İstasyonu (sağ üstte) (ESA)

dönem daha sürdü. Uzun bir sessizliğin ardından 1990'lı yıllarda yeniden hareketlenen çalışmalar 2000'li yıllarda farklı ülkelerin (Çin, Hindistan, Japonya) uzaya ulaşma konusundaki girişimleriyle tekrar hızlandı. Bu arada son dönemde Mars araştırmaları biraz daha öne çıktı görünse de şu anda Ay araştırmaları ve Ay'a ulaşma planları tekrar sıcak konu ve hedeflerden biri oldu. Örneğin şu anda Çin'in bir aracı Ay yüzeyinde, Hindistan'ın bir aracı ise Ay etrafında yörüngede dolanıyor. ABD dışında, Japonya, Rusya ve Birleşik Arap Emirlikleri'nin de Ay misyonları başlatma planları var.

Türkiye olarak bizim de Ay'a öncelikle sert düşüşle ulaşma çalışmalarımız hızla devam ediyor.

NASA'nın tekrar ilk başardığı noktaya geri dönüp Ay üzerine yoğunlaşması kendini Artemis 1 göreviyle gösterdi. NASA'nın Artemis adı altında başlattığı görev dizisinde geçen ay yaşanan heyecan henüz mutlu sonla tamamlanmadı. Eylül ayında fırlatılması planlanan Artemis 1'in gidişi hâlihazırda iki kez ertelendi ancak araç üzerinde bazı testler yapılarak yakın zamanda gerçekleştirilecek fırlatılışa hazırlanıyor. Artemis 1'in

mürettebatsız olması, Artemis 2'de astronotların yer alması, Artemis 3'te ise astronotların Ay'a ulaştırılması hedefleniyor. NASA, Ay'da kalıcı bir üs kurmanın yanı sıra Mars ve diğer olası hedeflere mürettebatlı ulaşmak için bir yörünge istasyonu inşa etmeyi planlıyor. NASA; Artemis projesi sayesinde bilimsel keşifler, ekonomik fayda ve yeni nesil araştırmalar için önemli adımlar atmayı hedefliyor.

Ay'da üs kurmak, geçici yaşam alanları oluşturmak, yörüngede dev istasyonlar bulundurmak ve buradan Güneş sistemindeki başka cisimlere ulaşmak insanlığın yakın gelecek hedeflerinden... Ülkemizin de içinde bulunduğu bazı ülkeler için Ay şu anda gündemde, Ay'a ulaşma konusunda önemli görevler planlanıyor veya gerçekleştiriliyor. Ay'a teleskop kurulması da öne çıkan planlamalardan biri. Bu konuyu detaylı olarak daha sonra ele alacağız.

Özetle, uzaydaki yol arkadaşımız ve doğal uydumuz olan Ay'ı daha detaylı araştırmak, doğasını anlamak, uzayda yol almak için istasyon olarak kullanılmak, alternatif yaşam alanları oluşturmak ve test etmek, bilimsel gözlem istasyonu olarak değerlendirmek, olası ekonomik faydalarını değerlendirmek vb. çok sayıda nedenle Ay yine dünyanın olduğu kadar bizim de gündemimizde.

<https://www.space.com/ultimate-moon-observation-guide>  
<https://www.nasa.gov/specials/artemis/>  
<https://www.space.com/moon-far-side-radio-science-opportunity>  
<https://www.space.com/moon-fascination-culture-history>  
<https://www.space.com/12841-moon-exploration-lunar-mission-timeline.html>  
<https://earthsky.org/space/artemis1-our-return-to-moon/>

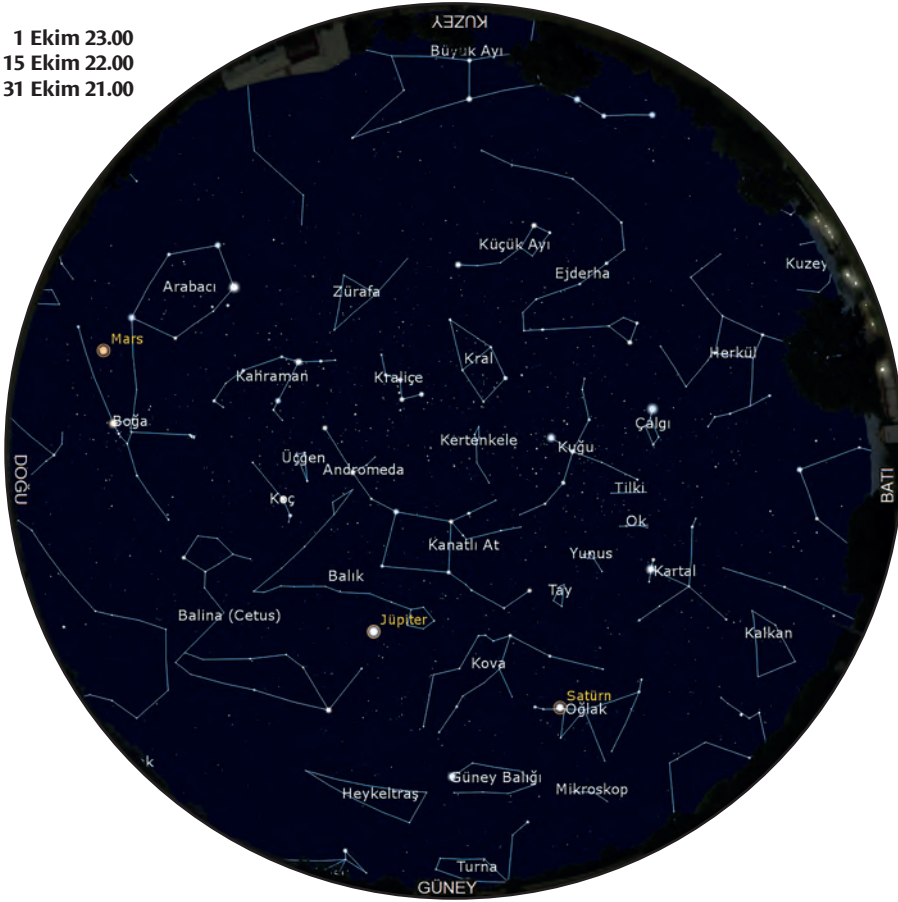
## Ayın Önemli Gök Olayları

- 04 Ekim** Ay Dünya'ya en yakın konumunda (369.300 km)
- 05 Ekim** Ay ve Satürn birbirlerine yakın görünümde
- 08 Ekim** Ay ve Jüpiter birbirlerine yakın görünümde
- 08 Ekim** Merkür en büyük batı uzanımında (18°)
- 15 Ekim** Ay ve Mars birbirlerine yakın görünümde
- 17 Ekim** Ay Dünya'ya en uzak konumunda (404.300 km)
- 25 Ekim** Parçalı Güneş tutulması (12.40 – 15.05)
- 29 Ekim** Ay Dünya'ya en yakın konumunda (368.300 km)



7 Ekim gün batımında doğu ufku

- 1 Ekim 23.00
- 15 Ekim 22.00
- 31 Ekim 21.00



## Gezegenler

**Merkür:** Geçtiğimiz ay sonu Güneş'in batısına geçmiş olan gezegen, sabahları gün doğumundan önce doğu ufunda kısa sürelerle görülmeye başlayacak. Günler ilerledikçe gökyüzünde Güneş'le arasındaki mesafe açılacak ve parlaklığı da hafifçe artacak. Ayın son haftasına doğru gökyüzünde Güneş'e yaklaşmaya başlayacak ve bu yüzden görülmesi mümkün olmayacak.

**Venüs:** Ay boyunca gökyüzünde Güneş'e yakın konumda olacağından gezegenin gözlenmesi mümkün olmayacak. Ayın son haftası Güneş'in doğusuna geçmeye başlayan gezegenin tekrar gözlenebilmesi için gelecek ayın sonunu beklemek gerekiyor.

**Mars:** Gezegen ayın başında gün batımından üç saat sonra doğudan yükseliyor. Günler ilerledikçe kendini daha erken göstermeye başlayan gezegenin gözlem süresi uzamaya devam ediyor. Ay boyunca parlaklığı da hafifçe artacak ve gün doğumuna kadar gökyüzünde kalacak.

**Jüpiter:** Gecenin hâkim gezegeni olan Jüpiter son derece parlak bir şekilde gökyüzünde. Günler ilerledikçe daha erken yükselecek ve gökyüzünde batısında kalan Neptün'e yaklaşmaya başlayacak. Teleskoplu gözlemciler bölgede Neptün'ü de görmeyi deneyebilir.

Ay sonuna doğru gün batımında doğudan iyice yükselmiş olacak ve gün doğumundan üç saat öncesine kadar gözlenebilecek.

**Satürn:** Ayın başında gün batımında gökyüzünün güneydoğu bölgesinde yükselmiş olan gezegen gece yarısından iki saat sonrasına kadar gökyüzünde. Parlaklığında bir değişim olmayan gezegen 5 Ekim akşamı Ay ile yakın görünecek. Gezegen ayın son günlerinde gece yarısından bir saat sonrasına kadar gözlenebilir olacak.



# Düşünme Kulesi

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

# Ayın Oyunu: Toplamlı Sudoku

## Toplamlı Sudoku Oyununun Kuralları

Her bir satır ve sütunda, ayrıca kalın çizgilerle belirlenmiş bölgede 1'den 6'ya tüm rakamlar birer kez yer alacak şekilde diyagramı doldurun. Kesik çizgilerle belirlenmiş bölgelerdeki sayıların toplamı sol köşelerinde verilmiştir. Herhangi bir kesikli bölge içinde rakam tekrarı olamaz.

9		5		7	
7		9	9		5
8			11	3	
	7				15
11		7			
	9		4		

9	5	7	10	11	
7		15		3	7
5	7				
	11	7		11	
		7		4	

11	9	11			10
			3		
10		8		6	
3			16		10
5	6	13			
				5	

11	11			5	
	12	7		6	
		5		11	5
6	15	9	7		
				9	
			7		

## Toplamlı Sudoku - Örnek Çözüm

11	10	8	4	3	2	1
5	6	3	4	2	1	
2	4	1	10	6	11	5
4	10	3	5	17	1	6
15	1	2	6	5	4	5
3	5	1	4	9	6	12
6	5	2	1	3	4	

## Ödüllü soru

▼ Toplamlı Sudoku sorusunu çözüp ok doğrultusundaki içeriği yazarak ad, soyad, adres ve telefon bilgileri ile birlikte [dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr](mailto:kulesi@tubitak.gov.tr) adresine gönderenler arasından çekilişe belirlenecek 10 kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları tarafından yayımlanmış *Hayal Gücünü Geliştiren 50 Harika Etkinlik* başlıklı kitap hediye edilecek. Çekiliş sonuçları dergimizin Facebook ve Twitter hesaplarından önümüzdeki ayın ilk haftasında duyurulacak. Geçen ayın ödüllü Apartmanlar sorusunu doğru yanıtlayan ve kitap ödüllü kazanan okurlarımızın listesi Facebook ve Twitter hesaplarımız üzerinden duyuruldu.

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

9		9		7	8
9			10		
7					11
10		5		8	
	7	9	9		
				8	

Ok doğrultusundaki içeriği yazın.  
Örnek çözümün ilk satırı 563421 şeklinde yazılmalıdır.





# Satranç

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

## Sekizinci Dünya Bireysel Satranç Kompozisyonu Yarışması (2019-2021)

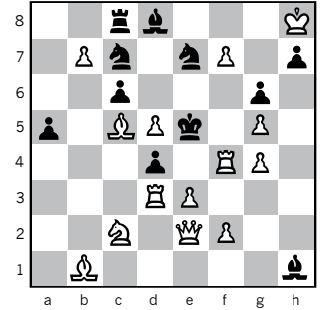
Sizlere, daha önce Bilim ve Teknik dergimizin Kasım 2021 sayısında FIDE Dünya Kompozisyon Kupası hakkında bilgi vermiştik. Bu yazımızın konusu olan “Dünya Bireysel Satranç Kompozisyonu Yarışması”, Dünya Satranç Kompozisyonu Federasyonunun düzenlediği bir diğer çok önemli ve prestijli yarışma. Her yıl düzenlenen “Kupa”ya karşılık üç yılda bir yapılan bu yarışmaya kurgucular bireysel olarak (yani bir başka kurgucuyla ortaklaşa kurmadıkları bir problem ya da etüt) katılıyorlar. Yarışmanın iki hamlelik problemler, üç hamlelik problemler, etütler ve yardımcı matlar gibi birçok alt kategorisi bulunuyor. Her bir kategoride yarışmacılar son üç yıl içinde bir dergide yayınlanmış ya da bir yarışmada ödül almış altı eser gönderebiliyorlar. (“Kupa”ya ise daha önce hiçbir yerde yayınlanmamış orijinal kurgular gönderilebiliyor.) Sonra bunlar beş kişilik bir jüri tarafından değerlendirilerek her birine 0-4 arasında bir puan veriliyor. Bazı jüri üyelerinin aşırı “kit notlu”

ya da aşırı cömert davranabileceği hesaba katılarak bu beş puandan en düşük ve en yüksek olan ikisi silinerek geriye kalan üç puan toplanıyor ve böylece problemin nihai puanı hesaplanmış oluyor (Anlaşılabileceği üzere bir problemin alabileceği en yüksek puan 12). Ardından kurgucunun göndermiş olduğu bütün problemlerin nihai puanları toplanıyor. Bu şekilde o kurgucunun söz konusu kategoride aldığı puan belirlenmiş oluyor. Sonunda yarışmacılar puanlarına göre sıralamaya tabi tutularak dereceye girenler ortaya çıkmış oluyor.

Bu yazıda sizlere bu yarışmadan seçtiğimiz bazı problemler sunacağız. Önce üç hamlelikler kategorisi ile başlayacağız. Bu kategoride Rusya Federasyonu’ndan Aleksandr Kuzovkov toplam 42,5 puan alarak birinci oldu. Biz de sizler için onun toplamda 11 puan alan aşağıdaki problemini seçtik:

### Diyagram 1

Aleksandr Kuzovkov  
Sekizinci FIDE Dünya Kupası, 2020  
Birincilik Ödülü



Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder.

Bu probleme beş hakem 4 - 3,5 - 2 - 4 - 3,5 puan vermişler. En yüksek ve en düşük puanlar olan 4 ve 2 silindikten sonra kalan üç puanın toplanmasıyla “11” değeri elde edilmiş. Aynı probleme bir hakemin 4, bir diğerinin 2 vermiş olması, ne kadar objektif olmaya çalışılsa da bir noktada kişisel değerlendirmelerin öne çıkabileceğini gösteriyor. Şimdi problemin çözümüne geçelim:

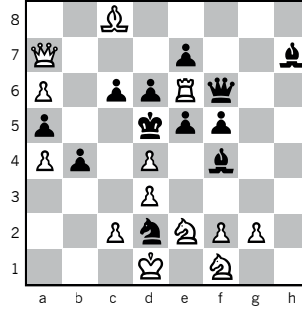


## Diyagram 2

İgor Agapov

Altıncı FRME Yarışması, 2020

Birincilik Ödülü



Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder.

**1. f8=A! (tehdit 2. Ad7+ Şxd5 3. Fa2#)**

- a) 1...cxd5 2. Axd4! ve 3. Ad7#;**  
**b) 1...Acxd5 2. exd4! Şxf4 3. Ae6#;**  
**c) 1...Aexd5 2. Fxd4+! Şd6 3. bxc8=A#;**  
**d) 1...Şxd5 2. Kdxd4+! Şe5 3. Fd6#(2...Şxc5 3. Ad7#);**  
**e) 1...Fxd5 2. Kfxd4! ve 3. f4# (2...Ff3/Ae6 3. Fd6/Ad7#).**

Problemin d4/d5 karelerinde yoğunlaştığını görüyoruz. Beyazın tehdidini bertaraf etmek için siyah beş farklı şekilde d5 piyonunu alabilir. Ama bu her seferinde başka bir zayıflığa yol açıyor ve beyaz d4 piyonunu beş farklı taşla alabiliyor. Bu farklılaşmayı zorunlu kılan kurgusal özelliklere dikkat ederek bu problemde daha çok zevk alabilirsiniz.

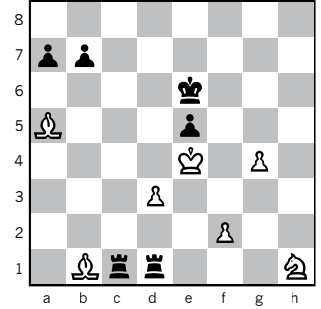
Yine Rusya Federasyonu'ndan İgor Agapov, 42 puanla yarışmanın ikincisi oldu. Aşağıda onun jüriden 9,5 puan alan problemini bulacaksınız (Diyagram 2):

## Diyagram 3

Steffen Nielsen

9. FIDE Dünya Kupası, 2021

Birinci Şeref Mansiyonu



Beyaz oynar ve berabere kalır.

Çözüm:

**1. Vb7!** (tehdit 2. Fd7 ve 3. Vxc6#)

- a) 1...exd4 2. Af4+ Şc5 3. Va7#.** Vezirin a7 karesine geri dönüşü (switchback motifi)  
**b) 1...Vf8 2. Kxe5+ dxe5 3. Vd7# (2...Fxe5 3. Ae3#);**  
**c) 1...Vh8 2. Kxd6+ Şxd6 3. Vd7# (2...exd6 3. Vf7#);**  
**d) 1...Vxe6 2. Vb5+ cxb5 3. Fb7#.** Siyah vezirin yaptığı her bir savunmaya karşı beyaz bir taşın feda edilışı.  
**e) 1...b3 2. Vxb3+ A Axb3 3. c4# B (2...Ac4 3. Vxc4#);**  
**f) 1...A~ 2. c4+ B bxc3 e.p. 3. Vb3# A;**  
**g) 1. Ac4! 2. dxc4+ Şe4 f3# (2...Şxc4 3. Vxc6#).**

Hamle sırasında değişiklik (A/B, B/A), geçerken alma (e.p.). Pek çok motifi içeren, gerçekten de zengin içerikli bir problem.

Yarışmanın etüt kategorisinin birincisi, 40,5 puanla Danimarkalı Steffen Nielsen oldu. Aşağıda onun jüriden 9 puan alan etüdünü göreceksiniz (Diyagram 3):

Siyah aynı anda beyazın iki taşına hücum etmiş durumda. Dolayısıyla beyazın beraberlik şansını ne yapıp edip rütbeli taşlarından üçünü de tahtada tutmasına bağlı. Biraz sonra göreceğimiz gibi mücadele beyazın filleri ile siyahın iki kalesi arasında seyrediyor. İlginç kaçma-kovalama sahneleri ile saldırı-karşı saldırı hamleleri bulunuyor:

**1. Fa2+ Şd7**

1...Şf6 2. Ag3 b6 3. Fb4 a5 4. Fd6

**2. Ag3 Ka1**

2...b6 3. Fb4 a5 4. g5! axb4 5. g6 Kc8 6. g7=

**3. Fb3 Kdb1 4. Fc3!**

4. Fc2? Kc1 5. Fc3 Ka6 +-

**4...Ka3 5. Fc2 Kc1**

5...Kg1 6. Fxe5=

**6. Fb2 Ke1+ 7. Şd5!**

Yalnızca bu hamle doğru. 7. Şf3? Ka2 8. Fc3 Kg1! 9. Fb3 Kxg3+ 10. Şxg3 Ka3+; 7. Şf5? Ka2 8. Fc3 Kc1+.

**7...Ka2 8. Fc3**

8...Kg1 9. Fb3 Ka3 10. Ae4! =



8...Kc1 9. Fb3 Ka3 10.

Fb2!

10. Fd2? Kb1 11. Fc4 b5+

10... Ka5+ 11. Şe4 Kb1

11...Ke1+ 12. Şf3 Kb1 13.

Fc3 Ka3 14. Fc2=

12. Fc3 Ka3 13. Fc2.

Sonunda "pozisyonel" beraberlik. Çünkü beyazın beşinci hamlesinden sonra oluşan durumun aynısına erişmiş olduk.

Yani, siyah, en iyi hamleleri oynamış olmasına rağmen tek elde edebildiği zaten daha önce ortaya çıkmış bir pozisyona ulaşmak. Oyun böyle sürdüğü takdirde aynı durum ortaya çıkmaya devam edeceğinden bu durum beraberlik anlamına gelir (Siyahın deneyebileceği 11... Ke1+ gibi farklı devam yollarında da oyunun beraberlikle sonuçlandığını yukarıda görmüştük). Burada FIDE tarafından kabul edilen "Satranç Kuralları"nda madde 9.2'yi hatırlamakta yarar var (özetle): "Bir oyunda aynı pozisyon en az üç kere ortaya çıktığında oyun beraberlikle biter."

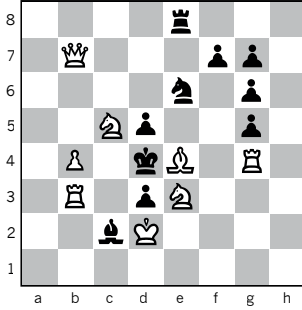
## Ayın Problemleri

Çözmeniz için yine Sekizinci Dünya Bireysel Satranç Kompozisyonu Yarışması'ndan iki problem seçtik:

### Diyagram 4

Aleksandr Kuzovkov  
(10,5 puan)

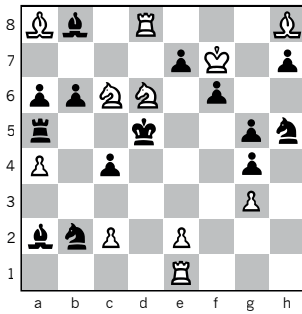
Zhigulyovskie Zori, 2021  
Birincilik Ödülü



Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder.

### Diyagram 5

Aleksandr Kuzovkov  
Leonid Kubbel Anı Turnuvası,  
2021  
Birincilik - İkincilik Ödülü



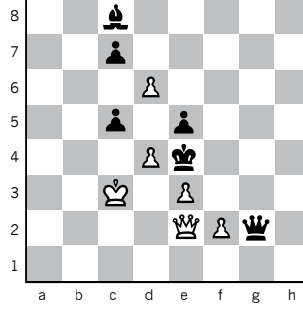
Beyaz oynar ve dört hamlede mat eder.

## Geçen ay sorulan etütlerin çözümleri:

Geçen ay sizlere vezir ya da vezirlerin başrolde olduğu etütlerden örnekler vermiştik ve sizin uğraşmanız için yine aynı tarzda iki etüt sormuştuk. İşte çözümleri:

### Diyagram 6

E. Somov-Nasimoviç  
Şahmati v SSSR, 1937  
Şeref Mansiyonu



Beyaz oynar ve kazanır.

#### 1. d7! Fxd7

1...Vg8 2. Vd3+ Şf3 3. Vf5+ ve kazanır.

#### 2. f3+

Beyaz hem şah çekiyor hem de veziri istiyor. Bu manevrayı birkaç kez tekrarlayacak.

#### 2...Vxf3 3. Vd3+ Şd5 4. e4+ Vxe4 5. Vc4+ Şc6

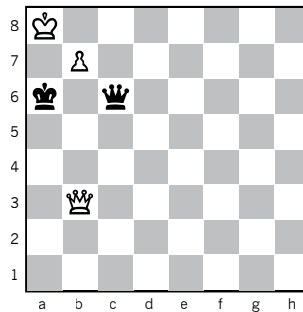
5...Şd6 6. dxc5+

#### 6. d5+ Vxd5 7. Va6#!

Tahtanın ortasında bir model mat. Böylece beyazın 1. d7! hamlesinin de nedenini anlamış olduk: Fili d7 karesine zorlamak ve ilerideki mat pozisyonunu hazırlamak.

### Diyagram 7

Louis van Vliet  
Deutsche Schachzeitung, 1888



Beyaz oynar ve kazanır.

Antolojilerde sıklıkla yer alan bu ünlü etüdün kurucusu olan Louis van Vliet, 1854-1932 yılları arasında yaşamış Hollandalı bir satranç ustası. Bir süre yaşadığı Amerika Birleşik Devletleri'nde "Pasifik kıyısının en iyi oyuncusu" olarak ün yapmak, uluslararası bazı turnuvaları üst sıralarda bitirmek ve efsanevi Emanuel Lasker'i bir oyunda yenmek gibi dikkate değer başarıları olsa da satranç dünyası bugün kendisini daha ziyade yukarıdaki güzel etütle tanıyor. Veri tabanlarına bakılırsa bu eseri ömrü boyunca kurduğu iki etütten biri. Çözüm:

#### 1. Vb4!

Siyah vezir h1-a8 çaprazında kalmak zorunda. Aksi takdirde 2. b8=A# var. Şimdi siyahın seçeneklerini inceleyelim:

- a) 1...Vh1 2. Va3+ Şb6 2...Şb5 3. Vb2+ Şc4 4. Şa7 Vg1+ 5. Şa6 Vg6+ 6. Vb6 ve beyaz kazanır.
3. Vb2+ Şa6 4. Va2+ Şb5
5. Vb1+ Vxb1 6. b8=V+;
- b) 1...Vd5 2. Va4+ Şb6 3. Vb3+ Vxb3 4. b8=V+;
- c) 1...Vf3 2. Va4+ Şb6 3. Vb3+ Vxb3 4. b8=V+;
- d) 1...Vg2 2. Va3+ Şb5 3. Vb2+ Vxb2 4. b8=V+ Şc6
5. Vxb2 ve kazanır.

# Ayın Sorusu

Prof. Dr. Azer Kerimov [ [bteknik@tubitak.gov.tr](mailto:bteknik@tubitak.gov.tr) ]

Bilkent Üniversitesi Fen Fakültesi  
Matematik Bölümü

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

Bu ay:

**Üç ve Dört Boyutlu Düzgün ve Yarı Düzgün Geometrik Şekiller**



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

## Külahlı Cücelerin Atkıları



(Matematik)

Çiftlikteki 66 cüceden 33 tanesinin külahlı kırmızı, 33 tanesinin külahlı ise beyaz renktedir. Bu çiftliği ziyaret eden Keloğlan çiftliğe 33 adet kırmızı atkı içeren bir kırmızı ve 33 adet beyaz atkı içeren bir de beyaz sandık getiriyor ve sandıkları çiftlik avlusunun farklı köşelerine yerleştiriyor. Keloğlan'ın amacı cücelerle bir oyun oynayarak bu oyunun sonunda her bir cüceye kendi külahlının renginde bir atkı vermektir.

Oyunun kurallarına göre, Keloğlan başlangıçta 66 cüceyi istediği gibi iki gruba ayırıyor (gruplardaki cüce sayıları farklı olabilir, hatta gruplardan birinde cüce bulunmayabilir, örneğin gruplar sırasıyla 41 ve 25 ya da 66 ve 0 cüce içerebilir). Bundan sonra Keloğlan grupların birindeki cüceleri kırmızı atkı içeren kırmızı sandığa doğru, diğerindeki cüceleri ise beyaz atkı içeren beyaz sandığa doğru sıraya diziyor. Bundan sonra cücelerin hamleleri başlıyor. Cüceler kırmızı sandıkta kırmızı, beyaz sandıkta da beyaz atkı olduğunu biliyor ve sıra kuyruklarının nasıl düzenlendiğini görüyorlar. Her bir hamlede ortaklaşa hareket eden cüceler kuyruklarda en önde bulunan iki cüceden birini seçiyor (ardışık hamlelerde cüceler aynı kuyruktan seçilebilir). Her bir hamlede seçilmiş cüce, önündeki sandıktaki atkı külahlı ile aynı renkte ise atkıyı alıp avluyu terk ediyor.

Cüceler için başarılı sayılan bu türden her bir hamle sonucunda cüceler Keloğlan'a herhangi bir şey vermiyorlar. Ancak seçilmiş cücenin önündeki sandıktaki atkı ile külahlı aynı renkte değilse önündeki sandıktan herhangi bir atkı almıyor ve diğer kuyruğun en sonuna geçiyor. Cüceler için başarısız sayılan bu türden her bir hamle sonucunda cüceler Keloğlan'a birer fındık veriyorlar. Yine oyunun kurallarına göre, cüceler isterlerse oyun sürecinde sadece bir kez olmak üzere kırmızı ve beyaz sandıkların yerlerini birbirleriyle değiştirebiliyorlar. Oyun tüm cüceler külahları ile aynı renkte atkı aluncaya dek devam ediyor. Keloğlan'ın amacı oyun sürecinde cücelerden mümkün olduğu kadar çok fındık almak, cücelerin amacı ise Keloğlan'a mümkün olduğu kadar az fındık vermek.

Cüceler, Keloğlan iki grubu ve kuyrukları nasıl düzenlerse düzenlesin oyun sürecinde ona en fazla  $N$  fındık vermeyi garantileyebiliyorsa,  $N$  sayısının alabileceği en küçük değer kaçtır?  $N$  sayısını bulun ve neden daha az olamayacağını kanıtlayın.

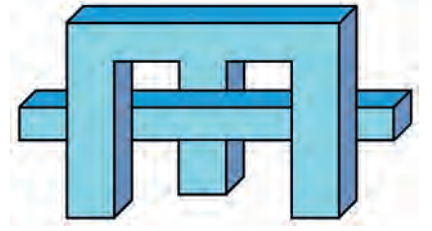


# Zekâ Oyunları

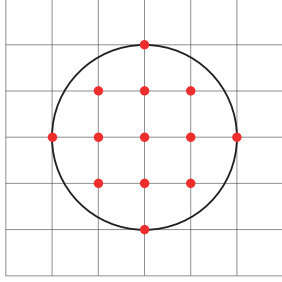
Emrehan Halıcı [ zeka.oyunlari@tubitak.gov.tr

## GÖZ ALDANMASI

Üretilmesi mümkün olmayan bir tasarım.



## DAİREDEKİ KÖŞELER



Birim karelere ayrılmış bir grafik kâğıdı üzerine merkezi köşelerin birinde bulunan ve yarıçapı 2 birim olan bir daire çiziliyor. Şekilde görüldüğü gibi dairenin kapsadığı köşe sayısı 13'tür.

Eğer 6 birimlik bir daire çizilseydi köşe sayısı kaç olurdu?

## SAYFA NUMARALARI

Okumaya ara verdiğiniz bir tanıtım kitapçığını kaldığınız yerden okumaya başlıyorsunuz. Şu ana kadar okuduğunuz sayfaların numara toplamıyla şu andan itibaren okumanız gereken sayfa numaralarının toplamı aynı olduğuna göre bu kitapçık en az kaç sayfa olabilir?

## SORU İŞARETİ

9	5	7	3
	13		9
8		2	6

9	1	6	7
	1		?
2		8	5

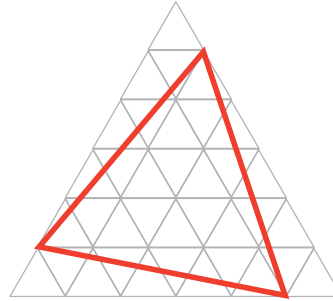
Soru işaretinin yerine hangi sayı gelecek?

## EŞİTLİK

$$x = \frac{x}{x-2} + \frac{x+2}{x-1}$$

Eşitliğini sağlayan x doğal sayısını bulunuz.

## ÜÇGEN İÇİNDE ÜÇGEN



Eşkenar üçgenlerden oluşan şekil üzerine kırmızı renkle gösterilen üçgen çizilmiştir. Bu üçgenin alanını küçük eşkenar üçgenlerin alanı cinsinden hesaplayınız.

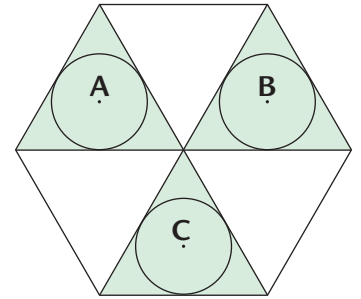
Not: Kırmızı üçgenin köşeleri eşkenar üçgenlerin köşeleri üzerindedir.

## ANTRENMAN

Bir futbol takımının antrenmanında 11 futbolcu rastgele biçimde bir daire oluşturmuşlardır. Kaleci ve santrforun yan yana olma olasılığı nedir?

## ÜÇGEN ALANI

Bir düzgün altıgeni oluşturan eşkenar üçgenlerden üçünün içine kenarları teğet oluşturmak üzere daireler çizilmiştir. Altıgenin alanı 1 birim kare olduğuna göre bu üç dairenin merkezlerini birleştiren üçgenin alanını hesaplayınız.

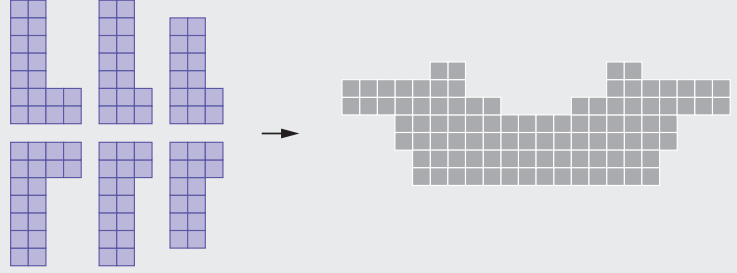


## YÜZÜNCÜ SAYI

1, 2, 3, 4 ve 5 rakamlarının tam olarak birer kez kullanıldığı tüm 5 basamaklı sayılar küçükten büyüğe doğru sıralansa yüzüncü sıradaki sayı kaç olur?

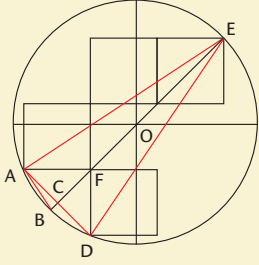
## ALTI "L"

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



## GEÇEN SAYININ ÇÖZÜMLERİ

### KARELİ DAİRE



$AC = \sqrt{2}/2$   
 $AE^2 = 3^2 + 2^2$   
 $AE = \sqrt{13}$   
 $CE = \sqrt{2} + \sqrt{2} + \sqrt{2}/2 = 5\sqrt{2}/2$   
ABC ve EBA benzer üçgenlerdir.  
 $AC/BC = AE/AB$   
üstteki değerler yerine konduğunda  
 $AB = \sqrt{26}$  BC bulunur.  
ABC dik üçgen olduğu için  
 $AB^2 - BC^2 = AC^2 = (\sqrt{2}/2)^2 = 1/2$   
Bu iki denklem çözülerek  
 $AB = \sqrt{26}/\sqrt{50}$  ve  $BC = 1/\sqrt{50}$  bulunur.  
Benzerlikten dolayı  $BE/AE = AB/AC$   
 $BE/\sqrt{13} = (\sqrt{26}/\sqrt{50})/(\sqrt{2}/2)$   
 $BE = 13/5 (\sqrt{2})$   
Yarıçap =  $BE/2 = 1,3\sqrt{2}$

### ON İKİ KAT

41/55  
Birinci çekmede tamamlanma olasılığı =  $4/12 = 1/3$   
İkinci çekmede tamamlanma olasılığı =  $(8/12) \times (4/11)$   
Üçüncü çekmede tamamlanma olasılığı =  $(8/12) \times (7/11) \times (4/10)$   
Bu üç olasılığın toplamı =  $41/55$

### SORU İŞARETİ



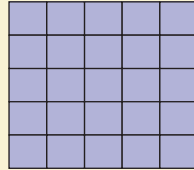
D

Oklar hem satır hem de sütunlarda saatın tersi yönde doksan derece dönüyor.

### İKİ TREN

30 metre/saniye ve 10 metre/saniye.  
Trenler zıt yönde de, aynı yönde de hareket ederlerken birbirlerini tamamen geçmeleri için  $125 + 75 = 200$  metrelik yol katetmeleri gerekecektir.  
Hızlı trenin hızı  $x$  metre/saniye, diğerinin hızı  $y$  metre/saniye olsun.  
 $5(x+y) = 200$   
 $10(x-y) = 200$   
Bu iki denklem çözüldüğünde  $x = 30$ ,  $y = 10$  bulunur.

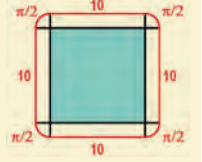
### DİKDÖRTGEN SAYISI



Köşelerde bulunan dört kareyi dikkate almazsak  $5 \times 5$ 'lik bir tablo ( $5+4+3+2+1$ )  $x(5+4+3+2+1) = 225$  dörtgen bulunur. Köşeler eklendiğinde  $4 \times 6 = 24$  dörtgen daha eklenir ve 249 sonucu bulunur.

### HAVUZ TURU

$40 + 2\pi$  birim.  
Turun uzunluğu = Havuzun kenarları + dört köşedeki çeyrek çember uzunluğu.



### SAYI TAHMİNİ

1/250

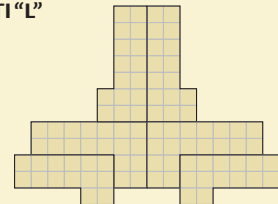
Tam olarak dört rakamın doğru yerinde olma olasılığı ve tam olarak üç rakamın doğru yerinde olma olasılığı toplanır ve sonuç bulunur.

$$\frac{1}{9 \times 10 \times 10 \times 10} + \frac{8+9+9+9}{9 \times 10 \times 10 \times 10} = \frac{1}{250}$$

### TAKIMLAR

57 farklı takım oluşturulabilir.  
Altı kişinin oluşturabileceği tüm grup sayısı  $2^6 = 64$ 'tür.  
Bunlar arasında yer alan;  
Hiç kimsenin olmadığı grup sayısı = 1  
Sadece bir kişinin olduğu grup sayısı = 6  
En az iki kişinin olduğu grup sayısı =  $64 - 1 - 6 = 57$

### ALTI "L"





# Yayın Dünyası

İlay Çelik Sezer [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

## Robot

Tracy Bowell, Gary Kemp  
Çeviri: Bilge Tanrıseven

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,  
Yetişkin Kitaplığı, 2022 (1. Basım)



Bu kitap, özel gereksinimi olan insanlara destek olmaktan yemek pişirmeye, okyanusların derinliklerine inmekten gezegenlere ulaşmaya kadar insanların hayatlarını kolaylaştırmak ve yaşamlarını daha güvenli hâle getirmek için tasarlanmış robotları anlatıyor. Robotların nasıl çalıştığını, algıladığını, hareket ettiğini, düşündüğünü, neler yaptığını ve yapabileceğini anlatan bir rehberdir. Gelecekte hayatın her alanında daha fazla robotla karşılaşacağımız bir gerçek. O zaman robotları daha yakından tanımaya ne dersiniz?

## Öklid'i Okurken

Ali Sinan Sertöz

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,  
Yetişkin Kitaplığı, 2022 (1. Basım)

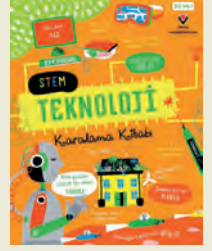


Öklid'in *Elemanlar* adlı kitabının kopyalarının tarih içinde geçirdiği serüvenler nelerdir ve bugüne kalan kopyaların durumu nedir? "Orijinal metin" diye bir şey var mı? *Elemanlar* adlı kitabı okurken Öklid'in kendi yaşadığı dönemden yüzyıllar sonra matematik dünyasına katılacak fikirlere erişimi varmış gibi bir duyguya sürüklenmekte haklı mıyız? Bu kitapla, *Elemanlar*'ın on üç kitabı boyunca seçme konulardaki tanımları, akıl yürütmeleri, kanıtları ve önermelerin sıralanışındaki seçicilikleri bu sorular doğrultusunda inceleyeceğiz. Bu kitap, *Elemanlar*'ın içerdiği büyülü dünyanın keşfi için gereken yol danışmalığını yapacak ama kendi cevaplarını oluşturmayı yine de okuyucuya bırakacak çünkü, Öklid'in krala söylediği gibi, "Geometriye giden bir Kral Yolu yoktur."

## STEM Teknoloji Karalama Kitabı

Alice James, Tom Mumbray  
Çeviri: Özden Hanoğlu  
Çizer: Petra Baan

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



*Teknoloji Karalama Kitabı*'ndaki etkinliklerle teknoloji dünyasını keşfet. Teknolojik bulmacaları çöz, robot ve makineler tasarla, geleceğin teknolojisini hayal et.

## STEM Buluşlar Karalama Kitabı

Tom Mumbray, Alice James  
Çeviri: Özden Hanoğlu  
Çizer: Petra Baan

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



*Buluşlar Karalama Kitabı*'ndaki etkinliklerle çarpıcı buluşların dünyasını keşfet. Bir mucit gibi düşünmeyi öğren, kendi buluşlarını hayal et ve onları tasarla.

## Küçük Deniz Kaplumbağası

Laura Buller, Clive Gifford,  
Andrea Mills  
Çeviri: Bilge Tanrıseven

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



*Küçük Deniz Kaplumbağası* yıllardır okyanusunun bir ucundan öteki ucuna yolculuk ediyor. Okyanusu tüm kalbiyle seviyor. Ama bir gün... Yaşadığı okyanusun eskisi gibi olmadığını fark ediyor. Yoksa Deniz Kaplumbağası artık yolculuğuna devam edemeyecek mi? Deniz canlılarının yaşam alanlarını tehdit eden kirlilikle mücadeleye destek vermek için küçük bir deniz kaplumbağasına eşlik etmeye var mısınız?