TÜBİTAK

Bilim ve Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi Nisan 2021 Yıl 54 Sayı 641 - 7 TL



COVID-19'a Karşı YERLİ AŞI

Otizm

Alfa Kuşağı ve Ötesi

Nükleer Enerji

Işıldayan Kuantum Noktacıklar

POSTER
Aşı Tipleri

"Benim mânevi mirasım ilim ve akıldır"
Mustafa Kemal Atatürk

Bilim ve Teknik
Aylık Popüler Bilim Dergisi
Yıl 54 Sayı 641
Nisan 2021

İmtiyaz Sahibi
TÜBİTAK Adına Başkan
Prof. Dr. Hasan Mandal

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

Yayın Yönetmeni - Editör
Dr. Özlem Kılıç Ekici

Yayın Danışma Kurulu
Prof. Dr. Emine Adadan
Prof. Dr. Elif Damla Arısan
Doç. Dr. Rukiye Dilli
Doç. Dr. Nuray Karapınar
Prof. Dr. Faruk Soydugan

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

Redaksiyon
Nurulhude Baykal

Grafik Tasarım
Hüseyin Diker

Video-Animasyon-Web
Selim Özden

Teknik Yönetmen
Sadi Atılgan

Mali Yönetmen
Adem Polat

İdari Hizmetler
Nahide Soytürk

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

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

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

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

Baskı Tarihi 25.03.2021

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

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

Her ayın 1'inde çıkar.



"Küçük hanımlar, küçük beyler! Sizler hepiniz geleceğin bir gülü, yıldızı ve ikbal ışığısınız. Memleketi asıl ışığa boğacak olan sizlersiniz. Kendinizin ne kadar önemli ve değerli olduğunu düşünerek ona göre çalışınız. Sizlerden çok şey bekliyoruz."
Mustafa Kemal Atatürk

Ülkemizin geleceğinin teminatı olan bütün çocuklarımızın ve her yaşta çocuk kalmayı başarabilen tüm okurlarımızın "23 Nisan Ulusal Egemenlik ve Çocuk Bayramı"'nı en içten dileklerimizle kutluyoruz.

Dünya Sağlık Örgütü'nün COVID-19'u pandemi ilan ettiği 11 Mart 2020 tarihinde, ülkemizde de ilk COVID-19 vakası görüldü. 26 Mart 2020'de TÜBİTAK COVID-19 mücadelesinde mevcut desteklerine ek olarak özel bir hızlı destek çağrısına çıktı. Ülkemizde ve dünyada COVID-19 ile ilgili bir araya getirilen güncel verilere ek olarak tedavi ve aşı çalışmaları hakkında bilgi ve gelişmelerin yer aldığı, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı himayelerinde, TÜBİTAK MAM Gen Mühendisliği ve Biyoteknoloji Enstitüsünün koordinasyonunda COVID-19 Platformu kuruldu. Bu platform çatısı altında COVID-19'a karşı ülkemizdeki aşı ve ilaç çalışmaları hızla başladı. Yazarımız Özlem Ak COVID-19 ile ilgili son gelişmeleri takip ettiği yazı dizisine kaldığı yerden devam ediyor ve son bir yıldır ülkemizdeki aşı araştırmaları yolculuğunda neler yapıldığını ve hangi aşamaya gelindiğini gözler önüne seriyor.

Nisan ayı "Otizm Farkındalık Ayı". Tüm dünyada çok sayıda insanı etkileyen otizm konusundaki farkındalığın artması, hem toplumun bu bireylerin özelliklerini tanıyarak onları daha iyi anlamasına yardımcı olmada hem de daha çok insanın bu nörogelişimsel bozukluk yelpazesi konusunda bilinçli davranarak teşhis ve tedavi imkânlarından vakitlice yararlanmasının sağlanmasında faydalı olacaktır. İlay Çelik Sezer yazısında otizm konusundaki son yıllara ait önemli bilimsel gelişmeleri özetliyor. Türkiye'nin ilk nükleer enerji santrali olacak Akkuyu Nükleer Güç Santrali'nin üçüncü güç ünitesinin temeli geçtiğimiz ay törenle atıldı. Uğur Çevik "Uzun Dönemli ve Sürdürülebilir Bir Enerji Stratejisi Olarak Nükleer Enerji" başlıklı yazısında nükleer enerji teknolojisinin dünden bugüne geldiği nokta ve Türkiye'nin bu süreçte üstleneceği rol hakkında önemli bilgiler veriyor.

"X, Y, Z Kuşağı… Peki ya Ötesi?", "Işıldayan Kuantum Noktacıklarla Ne Kazandık?" ve "Ülkemizde Geliştirilen Yerli ve Milli Teknolojiler: Tekrar Şarj Edilebilen Bataryaların Kritik Bileşeni: Lityum" başlıklı yazılarımızı da zevkle okuyacağınıza eminiz.

Dergimizin daha düşük fiyata ve ücretsiz kargoyla sizlere ulaşacağı abonelik fırsatından (yıllık 60 TL) faydalanmak için www.tubitakdergileri.com.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

30

Otizm Cephesinde Son Gelişmelere Dair

İlay Çelik Sezer

Tüm dünyada çok sayıda insanı etkileyen otizm konusundaki farkındalığın artması, hem toplumun bu bireylerin özelliklerini tanıyarak onları daha iyi anlamasına yardımcı olmada hem de daha çok insanın bu konuda bilinçli davranarak teşhis ve tedavi imkânlarından vakitlice yararlanmasının sağlanmasında faydalı olacaktır. Otizm konusundaki son yıllara ait önemli bilimsel gelişmelerden bazılarını paylaşıyoruz.



54

Uzun Dönemli ve Sürdürülebilir Bir Enerji Stratejisi Olarak Nükleer Enerji

Uğur Çevik

Nükleer sistem, yüksek enerji üretim kapasitesi ve düşük karbon salımı imkânıyla enerji dünyasına açılan önemli bir sayfadır. Nükleer enerji serüveninin dünden bugüne geldiği nokta ve Türkiye'nin bu serüvende üstleneceği rol, sürdürülebilir enerjinin geleceği açısından son derece önemlidir.

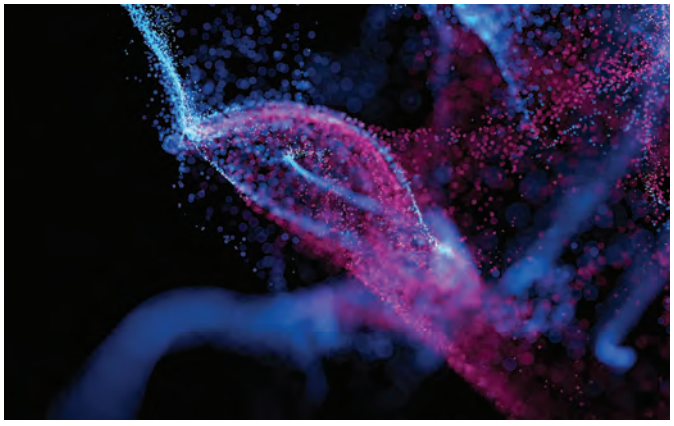


70

Işıldayan Kuantum Noktacıklarla Ne Kazandık?

Bükem Tanören

Kuantum noktacıklar, kristallerin nano boyutlara indirgenmesi ile ortaya çıkıyor. Bu noktacıkların optik özellikleri başta olmak üzere birçok yönleri, yepyeni tıbbi uygulamalara kapı açıyor. Tıbbi görüntülemeden tedaviye kuantum noktacıklar, nano-teknolojik gelişmelerin sağlık alanında ulaşabileceği potansiyeli gösteriyor.



4
***Bilim ve Teknik* ile Büyüdüm!**
Özlem Ak

6
Haberler

14
COVID-19'a Karşı Türkiye'deki Aşı Çalışmaları: "Birlikte Geliştirmek, Birlikte Başarmak"
Özlem Ak

COVID-19 Türkiye Platformu kapsamında inaktif aşı, adenovirüs aşısı, virüs benzeri parçacıklara dayanan aşı, ASC zerrecik teknolojisine dayalı rekombinant aşı adayı, DNA aşısı, mRNA aşısı, rekombinant diken protein aşısı gibi aşı çalışmaları devam ediyor. Ülkemizdeki aşı çalışmalarında neler yapıldı ve hangi aşamaya gelindi konularına detaylıca değiniyoruz.



28
Bilim Çizgi
Niels Bohr'un Kayak Tatili
1. Bölüm
Sinancan Kara

42
Tekno-Yaşam
Gürkan Caner Birer

46
X, Y, Z Kuşağı... Peki ya Ötesi?
Kübra Bal Çetinkaya

Alfa kuşağı için dünyanın fiziksel sınırları neredeyse ortadan kalkmış durumda. Onlar dünyanın farklı coğrafyalarında olsalar da aynı filmi izleyip, aynı müziği dinleyip, aynı dünya gündemini takip edebiliyor. Dolayısıyla önceki kuşaklardan farklı olarak Alfa kuşağını tanımlamak için daha tutarlı öngörüler yapılabilir.



52
Merak Ettikleriniz
Mesut Erol

76
Ülkemizde Geliştirilen Yerli ve Milli Teknolojiler:
Tekrar Şarj Edilebilen Bataryaların Kritik Bileşeni: Lityum
Ayşenur Okatan

78
Bilim Tarihinden Notlar:
Dış Merkezli ve Çember Merkezli Modeller
Hüseyin Gazi Topdemir

82
Doğa - Fauna
Kurbağa Ağzı Kuşu
Bülent Gözcelioğlu

84
Gökyüzü
Faruk Soydugan

88
Düşünme Kulesi
Ferhat Çalapkulu

90
Satranç
Kıvanç Çefle

93
Ayın Sorusu
(*Matematik*)
Azer Kerimov

94
Zekâ Oyunları
Emrehan Halıcı

96
Yayın Dünyası
İlay Çelik Sezer

EK – POSTER
Aşı Tipleri
Özlem Ak,
Hüseyin Diker



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

TÜBİTAK

Bilim ve Teknik
tubitakbiltek
tubitakbilimteknik
TÜBİTAK Bilim ve Teknik

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

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

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.

"Bilimsel merakın artmasını sağlıyor"

Merhaba,

Arkadaşlarımızın "*Bilim ve Teknik* bilimi sevmemde ve kariyerimi seçmemde nasıl bir rol oynadı" sorusu, bir anda değişik duygular yaşamama sebep oldu. Çünkü bugün TÜBİTAK Başkanı olarak sürdürdüğüm kariyerimde, belki hem TÜBİTAK ile hem de malzeme bilimi ile ilk tanışmam, lise dönemlerinde *Bilim ve Teknik* dergisi sayesinde olmuştu. O dönemde tüm sayıları büyük bir heyecan ile takip eder ve neredeyse hiçbir konuyu atlamadan okurdum. Şimdi tekrar düşündüğümde, daha sonra TÜBİTAK'tan doktora bursu almamda ve çok uzun yıllar sonra TÜBİTAK Bilim ödülüne layık görülmemde bu derginin etkisi büyüktü.

O dönemde olduğu gibi bugün de güncel gelişmeleri ele alarak bilimsel merakın artmasını sağlayan *Bilim ve Teknik* dergisi birçok okur için özel bir yer tutuyor. Benim o dönemde yaşadığım aynı heyecanı bugün milyonlarca okurumuz paylaşmaya devam ediyor. Sizler yani, bu heyecan ve merakla yetişen, bilimsel merakın peşinde koşan insan kaynağımız geleceğimiz için çok kıymetlisiniz. Keşfettiğiniz yeni ufuklarda yeni sorular sorarak, bir gün sizin de kendinizi bilimsel çalışmaların içerisinde bulacağınıza dair inancım tam.

Prof. Dr. Hasan MANDAL,
TÜBİTAK Başkanı

"*Bilim ve Teknik* okumak benim için vazgeçilmez"

Merhaba,

İlkokulda okumaya başladığım *Bilim Çocuk* benim bilime olan merakımı katladı. Her ay çıkacağı günü beklemek, haftalar önceden gidip sormak… İlk iş olarak Simit ile Peyniri okur, arkasından gelen akıl oyunlarını yapardım. Dergiyle verilen maketler hâlâ duruyor, hepsini özenle yaptık kardeşim ile birlikte. Benim için çok önem-

li bir dergi olan *Bilim Çocuk*'tan *Bilim ve Teknik*'e geçtim. Hâlâ çocukluğumdaki gibi aynı heyecanla dergi alıyorum.

Şimdi lise son sınıf öğrencisi olarak *Bilim ve Teknik* okumak benim için vazgeçilmez bir hobi, ileride seçeceğim meslek hakkında fikirlerimin oluşmasında bir mimar. Bütün arkadaşlarıma, yaşıtlarıma öneriyorum. Herkesin okuması gereken bir bilim dergisi.

Bu dergide emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.

Ece Günal,
Antalya Lisesi, 12. Sınıf Öğrencisi

"Değerli bilgiler, düzenli tasarım"

Merhaba,

Her sayısında ayrı ayrı değerli bilgiler içeren, tasarımı çok düzenli olan ve okumaktan keyif aldığım bir dergi. Fiyatının uygun olması ise her kesimin dergiye rahatlıkla ulaşmasını kolaylaştırıyor. Gerek sosyal bilimler gerekse sayısal alanlarda güncel bilgilerin olması insanların bilgilerini artırıyor ve ilgilerini daha da çekiyor.

Tüm emekleriniz için teşekkür ederim. Yeni sayıyı sabırsızlıkla bekliyorum.

Süleyman Tombak,
Fethiye Final Okulları, Coğrafya Öğretmeni

"*Bilim ve Teknik* dergisinin bana kazandırdıkları..."

Merhaba,

Küçüklüğümden beri bilime olan ilgim, *Bilim Çocuk* derginizle şekillendi. Büyüdüm, okumalarıma artık *Bilim ve Teknik* ile devam ediyorum. Tarımsal biyoteknoloji öğrencisiyim. İyi bir bilim insanı olmak istiyorum ve bunun için bana göre altın kurallardan bir tanesinin her geçen gün değişen, gelişen bilim ve teknolojinin güncel olarak takip edilmesi olduğunu düşünüyorum. Dergileriniz sayesinde güncel bilimden haberdar oluyorum, okuduklarımla kendi fikirlerime yön veriyorum, öğretici posterlerinizle duvarlarımı donatıp çalışırken daha çok motive oluyorum.

Teşekkürler, sevgiler!

Oya Temiz,
Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, 2. Sınıf Öğrencisi

"Bilgiyle aydınlatan bir fener"

Merhaba,

Daha küçükken *Bilim Çocuk* dergisini okurdum. Babamın denemem için geçen yılın Temmuz sayısını almasıyla *Bilim ve Teknik* dergisiyle tanıştım. İlk başta anlayamayacağımı düşünmüştüm ama güncel haberleri ve ilgi çekici başlıklarıyla her satırını beğendiğim bir dergi oldu. Her sayıda okurları çok yararlı bilgilerle buluşturuyorsunuz. İleride bilimle ilgili bir meslek seçmesem de *Bilim ve Teknik* benim için her zaman "bilgiyle aydınlatan bir fener" olacak.

Dergide emeği geçen herkese teşekkür ediyor, gelecek sayıları merakla bekliyorum.

Naz Yaren Koyun,
Antalya Doğa Koleji, 6. Sınıf Öğrencisi

TÜBİTAK

Salda Gölü, Mars Araştırmalarına Katkı Sağlıyor

Ayşenur Okatan



https://earthobservatory.nasa.gov/blogs/earthmatters/2021/02/17/what-a-lake-in-turkey-can-tell-us-about-mars/

Türkiye'de bulunan Salda Gölü'nün, NASA'nın Perseverance uzay aracının Mars'ta iniş yaptığı Jezero Krateri ile benzer mineral ve jeolojik özelliklere sahip olduğu düşünülüyor.

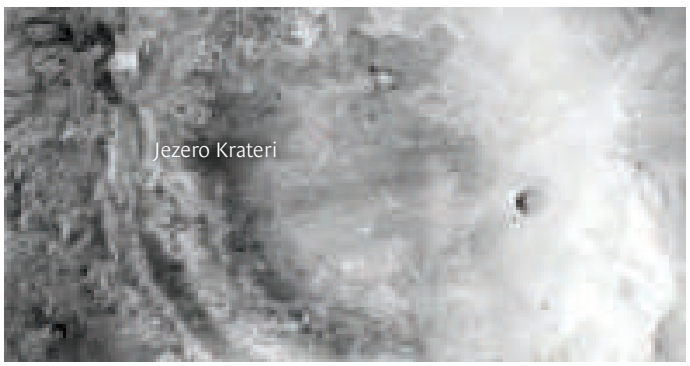
NASA, 2019 yılında Mars ile ilgili keşif ve araştırma yapmak amacıyla Mars Reconnaissance Orbiter uzay aracını Kızıl Gezegen'in yörüngesine gönderdi. Uzay aracı tarafından elde edilen veriler, Jezero Krateri'nde geçmişte bir göl bulunduğunu ve çevresinde karbonat minerallerinin olduğunu gösterdi. Jezero Krateri'nde keşfedilen karbonat mineralleri Mars'ta bir zamanlar yaşam olduğuna işaret ediyor.

Purdue Üniversitesi ve İstanbul Teknik Üniversitesinden araştırmacılar da Jezero Krateri'ndeki yaşayan mikroorganizmalar ve onların sebep olduğu değişimler ile jeolojik oluşumları daha iyi anlayabilmek için 2019 yılında Salda Gölü'nün kıyı kesimlerinde ve çevresinde bir araştırma gerçekleştirdi. Çünkü Salda Gölü dünya üzerinde karbonat minerallerini içeren nadir göllerden biri. Diğer yandan Salda Gölü ile Jezero Krateri'nde yer alan deltaların oluşum şekilleri de birbirine benziyor.

Salda Gölü'nde yapılan araştırmalar sonucu elde edilen koyu tonlu sedimentlerin (tortul tabaka) ana kayaların dik yüzeylerinin aşınması sonucu oluştuğu, açık renkli sedimentlerin ise hidromanyezit mineralinden (karbon, oksijen, magnezyum ve hidrojenden oluşan bir mineral) oluştuğu anlaşıldı.

Hidromanyezit mineralleri milyonlarca mikroorganizma tarafından çökeltilen karbonatın meydana getirdiği mikrobiyalitlerden oluşur. Mikrobiyalitler, mercan resiflerine benzer yapılardır.







Jezero Krateri'nde alüvyal yelpaze. Alüvyon yelpazesi; kum, çakıl ve silt gibi daha küçük tortuların oluşturduğu yelpaze şeklindeki birikintilerdir

Bilim insanları Salda Gölü'nün alüvyon yelpazelerindeki kaya parçalarının incelenmesiyle Jezero Krateri'ndeki deltalar hakkında daha fazla bilgi edinilebileceğini düşünüyorlar.
18 Şubat 2021 tarihinde Jezero Krateri'ne iniş yapan NASA'nın Perseverance uzay aracı ise Jezero Krateri'nden kaya ve regolitler (içinde toz, toprak, kaya parçaları gibi materyaller bulunan yapılar) toplayacak. Toplanan örnekler gelecekte Mars'a gönderilecek uzay araçlarıyla Dünya'ya getirilecek. Böylece Salda Gölü ile Jezero Krateri arasındaki benzerlikler hakkında daha net bilgiler elde edilebilecek. ■

Bilim insanları Salda Gölü'nden elde edilen hidromanyezit minerallerinin kimyasal yapısının Jezero Kriteri'ndeki karbonat mineralleriniki ile benzer olabileceğini düşünüyor. Bu durum Jezero Krateri'nde bir zamanlar mikroorganizmaların aktif olduğunu gösteriyor.

Jezero Krateri'ndeki delta oluşumu ise kraterde bir zamanlar gölün var olduğu düşüncesini destekliyor. Yapılan araştırmalar aynı zamanda Salda Gölü'nün deltalarını meydana getiren, çevredeki ana kayanın aşınması sonucunda oluşan birikintilerle dolu alüvyon yelpazelerinin de yine Jezero Krateri'ndeki alüvyon yelpazelerine benzediğini gösteriyor.

Mars'tan İlk Sesler Dünya'ya Ulaştı

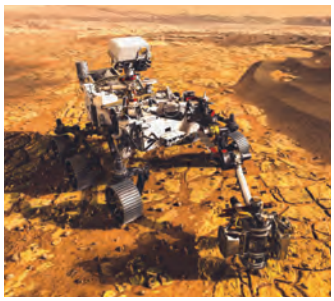
Mahir E. Ocak

NASA tarafından Mars'a gönderilen Perseverance uzay aracının Mars'ta kaydettiği sesler Dünya'ya ulaştı.

Bu yıl Mars araştırmaları açısından hayli hareketli geçiyor. Geçtiğimiz temmuz ayında Birleşik Arap Emirlikleri, Çin ve ABD tarafından uzaya fırlatılan araçların tamamı sorunsuz bir biçimde yolculuklarını tamamladı. İlk olarak 9 Şubat'ta Birleşik Arap Emirlikleri'ne ait Amal, daha sonra 10 Şubat'ta Çin'e ait Tianwen-1 ve son olarak 18 Şubat'ta ABD'ye ait Perseverance Mars'a ulaştı. Amal ve Tianwen-1, Kızıl Gezegen'in etrafında yörüngeye girdi. Perseverance ise doğrudan Mars'ın zeminine indi.

Perseverance'ın Kızıl Gezegen'in zeminine inişi sırasında uzay araştırmaları açısından bir ilk de yaşandı. Perseverance, üzerindeki beş ayrı kamerayla tüm sürecin filmini çekti. Dünya'ya ulaşan görüntülerde paraşütün açılması ve uyduyu yavaşlatan tersine roketlerin çalışması görülüyor. Ayrıca kameralar alçalma sırasında Mars'ın yüzeyini de görüntülüyor.

Perseverance'ın üzerinde kameralar ve bilimsel ölçüm cihazlarının yanı sıra bir de mikrofon bulunuyordu. Araç Jezero Krateri'ne indikten sonra



bu mikrofonla ses kayıtları da almaya başladı. Dünya'ya ulaşan ilk kayıtta cihazın kendi çıkardığı gürültünün yanı sıra hafif bir esintinin sebep olduğu sesler de duyuluyor.

Perseverance'ın Mars'a inişi sırasında çektiği görüntülere ve Kızıl Gezegen'in zemininde kaydettiği seslere ulaşmak için https://www.nasa.gov/press-release/nasa-s-mars-perseverance-rover-provides-front-row-seat-to-landing-first-audio adresini ziyaret edebilirsiniz. ■

Ağzımızdan Beynimizin Hipokampus Aktivitesi Etkili Bir Şekilde Ölçülebilecek

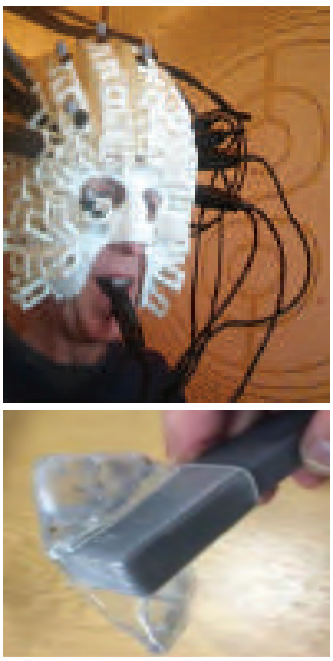
Tuncay Baydemir

Beynin hafıza, duygulanım, konumlama ve yön bulmada önemli rolleri olan hipokampus bölgesi yetişkinlerde gerçekleştirilen epilepsi ameliyatlarının çoğunun hedefi olup aynı zamanda çeşitli demans (bunama) formları ile de yakından ilişkilidir. Bu nedenle beynin iç bölgesinde yer alan hipokampustaki aktivitenin daha iyi bir şekilde ölçülebilmesi büyük önem taşıyor. Klasik beyin aktivitesi ölçümlerinde kafatası üzerine yerleştirilen elektrotlarla gerçekleştirilen bu işlem, beynin hipokampus gibi daha iç bölgeleri söz konusu olduğunda istenilen hassasiyette gerçekleştirilemiyor.

Sinir bilimciler bu sorunun üstesinden gelebilmek amacıyla beyin aktivitesini ölçmek için ağzın içine yerleştirilen manyetik bir algılayıcı geliştirdiler. University College London'dan Tim M. Tierney ve arkadaşları geliştirdikleri yeni yöntemle beynin hipokampus bölgesindeki aktiviteyi elektroensefalografi (EEG) ve manyetoensefalografi (MEG) gibi yöntemlerden daha iyi ve daha hassas bir şekilde ölçmeyi başardılar. Tierney ve çalışma arkadaşları beyindeki hipokampal aktivitenin neden olduğu manyetik alanın ağız içindeki bölgede daha güçlü olduğundan yola çıktılar. Buradaki en önemli sorun sensörlerin ağız içine düzgün bir şekilde yerleştirilmesi ve orada sabit bir şekilde tutulmasının sağlanmasıydı. Bunun için plastik bir ağızlık geliştiren araştırmacılar sensörü de bu ağızlığın içerisine yerleştirdiler. Böylece beyin aktivitesi ölçülecek kişinin ağızlığı ısırarak sensörü ağız tavanında sabit bir şekilde tutabilmesi sağlandı.

Araştırmacılar, daha iyi sonuçlar alabilmek için sensörü hipokampus bölgesine en yakın şekilde yerleştirmeyi hedeflerken aynı zamanda öğürme refleksini de tetiklememeye çalıştılar. Gönüllülerle yapılan çalışmalarda hipokampal teta aktivitesi rahatlıkla gözlenebildi, bu da ağız tavanına yerleştirilen sensörün görevini başarılı bir şekilde gerçekleştirebildiğini gösterdi.

NeuroImage dergisinde yayımlanan çalışma ile ağız içinde MEG sensörleri ilk defa kullanılmış oldu. Ağız sensörü hipokampal aktiviteyi kafa derisi üzerine yerleştirilen sensörlerden daha iyi bir şekilde ölçmeyi başardı. Bulgular MEG için kullanılan ağız tavanı sensör dizilerinin hipokampus gibi derinlerdeki yapılarda ölçüm hassasiyetini potansiyel olarak arturabileceğini gösterdi. Böylece ölçümler herhangi bir cerrahi müdahale gerektirmeden istenilen hassasiyetle gerçekleştirilebilecek. Ağızlık ölçülerinin kişiden kişiye değişiklik gösterebileceği sorununun üzerindeyse hâlâ çalışılması gerekiyor. ■



Sensör yerleştirilmiş ağızlık ile hipokampus aktivitesi ölçülebiliyor.

Kaynak: Tierney, T.M. ve ark., "Mouth magnetoencephalography: A unique perspective on the human hippocampus", *NeuroImage*, 225, 117443, 2021.

Radyoaktif Süreçlerin Yan Ürünleriyle Beslenen Mikro-organizmalar

Mahir E. Ocak

Bilimsel çalışmalar, deniz tabanlarının altındaki katmanlarda yaşayan mikroorganizmaların ana besin kaynağının radyoaktif süreçler sonrası ortaya çıkan yan ürünler olduğunu gösteriyor.

Geçmişte yapılan bilimsel çalışmalar, karaların altındaki su birikintilerinde yaşayan mikroorganizmaların besin kaynaklarından birinin hidrojen gazı olduğunu göstermişti. Mikroorganizmalar, hidrojen moleküllerinden aldıkları elektronları enerji elde etmek için kullanıyordu.

Dünya'nın kendisi devasa bir nükleer reaktördür. Sahip olduğu ısı enerjisinin önemli bir kısmının kaynağı, yerküredeki radyoaktif atomlardan yayılan enerjidir.

Radyoaktif atomlardan yayılan alfa ve gama ışınları deniz tabanlarının altındaki nemli tortul tabakalarda yer alan su moleküllerini parçaladığında, hidrojen gazı ve çeşitli oksijenli bileşikler ortaya çıkar.

Rhode Island Üniversitesinde çalışan Dr. Justine Sauvage ve arkadaşlarının *Nature Communications*'ta yayımladığı çalışmalar, deniz tabanlarının altındaki katmanlarda yaşayan mikroorganizmaların radyoaktif süreçlerin yan ürünü olan hidrojen gazından, tıpkı karaların altındaki su birikintilerinde yaşayan mikroorganizmalar gibi, enerji elde etmek için yararlandığını gösteriyor. Üstelik laboratuvar ortamında yapılan kontrollü deneyler, tortul tabakalardaki ortamın radyoaktif süreçlerin yan ürünü olarak ortaya çıkan hidrojen gazı miktarını artırdığını gösteriyor.

Araştırmacılar Atlantik ve Pasifik okyanuslarındaki tortul tabakalardan toplanan örnekleri alfa ve gama ışınlarına maruz bıraktıklarında, deniz suyu ve saf suya kıyasla yaklaşık 30 kat daha fazla hidrojen gazı ortaya çıktığını tespit etmişler. Bu durumun nedeni henüz tam olarak bilinmiyor. Ancak tortul tabakalardaki minerallerin "yarı iletken" gibi davranarak suyun parçalanma sürecini daha verimli hâle getirdiği düşünülüyor. ■



Antarktika'da Yeni Canlı Türleri Keşfedildi

Ayşenur Okatan

Bir grup araştırmacı, Antarktika'daki Filchner-Ronne Buz Sahanlığı'nda güneş ışığının ulaşmadığı bir bölgede, en yakın besin kaynaklarından kilometrelerce uzaklıkta derin denizde kayalara tutunmuş, suyu süzerek beslenen sünger ve sünger benzeri farklı tür canlılar keşfetti.

Buz sahanlığı, kıta üzerindeki buzulların kıyıya doğru uzanmasıyla oluşan ve kalınlığı 50-600 metre arasında değişen yüzen buz kütleleridir. Dünya üzerindeki buz sahanlığının %75'i Antarktika'da bulunuyor. Bu durum Güney Okyanusu'ndaki keşfedilmemiş en büyük yaşam alanının Antarktika'da olduğu anlamına geliyor.

Keşif, farklı bir araştırma ekibi buz tabakasının altından çamur örneği almak için 900 metre kalınlıktaki buzda sondaj yaparken



gerçekleşti. Sondaj sırasında makine bir kayaya çarptı. Buz tabakasının altında neler olduğunu görmek için sondaj makinesine bir kamera yerleştiren bilim insanları, kayaların üzerindeki farklı tür canlıları fark etti.

Araştırmacılar bu keşfin şaşırtıcı olduğunu düşünüyor. Çünkü geçmiş yıllarda Antarktika'daki farklı bir buz sahanlığında yapılan çalışmalar, suyu süzerek planktonlarla beslenen bu canlıların planktonların yoğun olduğu kıyı bölgesinden 260 kilometre uzaklıkta, güneş ışığının ulaşamadığı derinliklerde ve soğuk koşullarda (-2,2 °C sıcaklıkta) yaşamasının mümkün olmadığını gösteriyordu.

Antarktika'da birçok endemik sünger türü de bulunuyor. Bu yüzden bilim insanları keşfedilen canlıların hangi türlere ait olduğunu çevresel DNA yöntemini (canlıların çevreleriyle etkileşimi sırasında çevreye bıraktıkları ve DNA'larını içeren maddeleri inceleyen bir yöntem) kullanarak belirleyecek. ■

Yeni Kimyasal Reaktör ile Yüksek Verimli Kimyasal Tepkimeler

Tuncay Baydemir

İngiltere'deki Bath Üniversitesinden kimya mühendisleri kimyasal bileşikleri daha hızlı, daha ucuz ve daha sürdürülebilir bir şekilde elde etmeye yarayan katalitik reaktör geliştirdi. Böylece ilaç üretimleri daha güvenli ve daha sürdürülebilir hâle gelebilecek. Bath Üniversitesinden Dr. Emma Emanuelsson-Patterson ve Dr. Primala Shivaprasad tarafından geliştirilen reaktör bir vinil plak çaları anımsatıyor. Reaktörde dönen kumaş kaplı bir plaka üzerinde kimyasal tepkimeler gerçekleştiren araştırmacılar bu sayede hedeflenen kimyasal maddeleri ve ilaç yapımında kullanılan aktif ilaç bileşenlerini hızlı ve verimli bir şekilde sentezleyebiliyorlar.

Yenilikçi bir tasarım olan kumaşlı dönen disk reaktörlerde disk yüzeyinde katalizör içeren kumaş yer alıyor. Bu kumaş katalizörü hidrodinamik kuvvetlerden koruyor ve hem yüzeyinde hem de içerisindeki kütle transferini arturarak daha hızlı bir karıştırma bölgesi oluşturuyor.

Reaktörde dönen sıvı diskin merkezine çarpıyor ve ince bir film oluşturuyor. Böylece kütle/ısı transferlerinde artışa ve malzemelerin daha iyi karışmasına olanak sağlıyor. Akışkanlığı düşük maddelerin hızlı reaksiyonları için oldukça uygun olan bu reaktör sistemi ilaç etken maddeleri, polimerler ve nano parçacık üretimi için kullanılıyor.

Reaktör, merkezî olarak, üstten beslemeli bir yapıya sahip ve hızı ayarlanabilir bir döner mil ile bu mile metal çubukla bağlı bir diskten oluşuyor. Katalizör yüklenen kumaş bu diskin üzerinde yer alıyor ve tepkimeye girmesi istenen kimyasal maddeler pompa ve bir besleme borusu ile diskin merkezine gönderiliyor. Dönen disk, malzemenin kumaşın üzerinde homojen olarak yayılmasını sağlıyor ve temas yüzeyinini artırıyor. Araştırmacılar kumaş bir disk kullanmanın enzimlerin yapısını korumaya yardımcı olduğunu ve sağlanan optimum temas sayesinde



tepkimelerin daha hızlı bir şekilde gerçekleştiğini gösterdiler. Ayrıca katalizör kumaş disk uzun süre kullanılabiliyor ve böylece işlem geleneksel reaktörlerdekine oranla daha düşük maliyette ve sürdürülebilir şekilde gerçekleştirilebiliyor.

Reaktörün temel prensip olarak tutarlı ve tekrarlanabilir bir tepkime için dönen tabaka kullandığını belirten araştırmacılar böylece hızlı bir şekilde kimyasal madde sentezleyebildiklerini belirtiyorlar. Bununla birlikte, kolay ve hızlı bir şekilde değiştirilebilen kumaş diskler farklı reaktif ve katalizörler uygulamayı kolaylaştırmakla kalmıyor, geniş bir yelpazede kimyasal maddeler ile aktif ilaç bileşenlerinin elde edilmesine olanak sağlıyor.

Araştırmacılar reaktörün verimliliğini daha fazla artırmak ve reaktörü seri üretime uygun hâle getirmek için çalışıyorlar. Ayrıca birden fazla katalizör kullanarak farklı tepkimeleri aynı anda gerçekleştirebilmek üzerine yürüttükleri araştırmalarına da ara vermeden devam ediyorlar. ■

Mariana Çukuru'nda Yüzebilen Robot

Mahir E. Ocak

Çin'deki çeşitli enstitülerde çalışan bir grup araştırmacı, Mariana Çukuru'nda bile yüzebilen bir yumuşak robot geliştirdi.

Derin denizlerde çalışabilecek bir cihaz üretmek için aşılması gereken en büyük zorluk, cihazın aşırı derecede yüksek basınçlara nasıl dayanacağıdır. Araştırmacılar bu sorunu çözmek için, sert metaller kullanmak yerine, derin denizlerde yaşayan balıklardan esinlenerek yumuşak malzemelere yönelmişler.

Polimer türü malzemeler kullanılarak geliştirilen ve şekli uçan balıklara benzeyen robot, yapay kaslarla gövdesine tutturulmuş kanatlarını çırparak su içinde yol alıyor. Yapay kaslar bir elektrik akımına maruz kaldıklarında kasılıyor, akım azaldığındaysa gevşiyor.



Araştırmacıların aşması gereken bir diğer zorluk, robotu kontrol edecek elektronik bileşenlerin yüksek basınçtan zarar görmeden gövde içine nasıl yerleştirileceği olmuş. Çalışmalar, tüm bileşenlerin tek bir merkezde toplanması yerine, tıpkı salyangozların kemikleri gibi, gövde içine dağılması durumunda üzerlerindeki basıncın azalacağını göstermiş (https://www.nature.com/articles/s41586-020-03153-z).

Araştırmacılar geliştirdikleri yumuşak robotu önce laboratuvarda, sonra yakınlarındaki bir gölde, sonra da Güney Çin Denizi'nde test etmişler. Tüm bu sınavlardan başarıyla geçen robot, son olarak bir batiskafla indirildiği Pasifik Okyanusu'ndaki Mariana Çukuru'nda da test edilmiş. Robotun okyanusun bu en derin bölgesinde de başarıyla çalıştığı görülmüş.

Robotun ne kadar zorlu koşullara dayanabildiğini daha iyi anlamak için Mariana Çukuru ile ilgili birkaç bilgiyi de not edelim. Pasifik Okyanusu'nun batısında yer alan, Everest Dağı'nı içine alabilecek kadar büyük olan çukurun derinliği yaklaşık 11 kilometre.

Sıcaklığı 1 - 4 °C arasında olan çukurun diplerindeki basınç insanların günlük hayatta maruz kaldığı atmosfer basıncının 1.000 katı kadar. Bu kadar yüksek basınç altında su bile sıkışıyor ve yoğunluğu yaklaşık %5 oranında artıyor. ■

Sıra Evrensel Koronavirüs Aşısı Yarışında!

Özlem Ak [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*



Bir yıldan fazla zamandır tüm dünyayı etkisi altına alan COVID-19 pandemisiyle mücadele etmek için rekor zamanda aşılar geliştirildi ve geliştirilmeye de devam ediyor. Ancak bilim insanları şimdi acilen bizi diğer koronavirüslere, hatta henüz tanışmadıklarımıza karşı koruyacak farklı türde bir aşıya ihtiyacımız olduğunu söylüyor. Bu nedenle de ilk klinik denemelerinin bu yıl sonunda başlaması planlanan evrensel bir aşı geliştirme çalışmaları şimdiden başladı.

Son 20 yılda, yeni koronavirüslerin neden olduğu üç salgın hastalık yaşandı. SARS'a yakalananların %35'i, MERS'e yakalananların ise %10'u hayatını kaybederken COVID-19'un diğer ikisi kadar ölümcül olmadığı görüldü. Ancak SARS-CoV-2'nin diğerlerinden çok daha bulaşıcı olduğu da tespit edildi. Diğer yandan, korkutucu bir gerçek ise hayvanlardan insanlara bulaşabilecek henüz karşılaşmadığımız diğer koronovirüsler. İnsan Aşıları Projesi Küresel Konsorsiyum Başkanı Wayne Koff karşılaşacağımız bir sonraki koronavirüs eğer SARS-CoV-2 kadar bulaşıcı ve SARS ile MERS'e neden olan koronavirüsler kadar da ölümcül olursa, bir yıl içinde 100 milyon kişinin hayatını kaybetmesinin mümkün olabileceği konusunda uyarıda bulunuyor. ABD Ulusal Alerji ve Bulaşıcı Hastalıklar Enstitüsü (NIAID) başkanı Anthony Fauci ise bu tehdidin çözümünün açık olduğunu söylüyor. Şubat ayında New York Bilimler Akademisi tarafından düzenlenen çevrim içi bir toplantıda tüm koronavirüsler için evrensel bir aşı geliştirmek gerektiğinin altı çizildi. Evrensel bir koronavirüs aşısı geliştirirken virüsün varlığını sürdürmesi için gerekli ancak mutasyonla değişime uğramayacak bir bölgesinin tanımlanması gerekiyor. Bilim insanları, bu tür yüksek oranda korunmuş bölgelerin, koronavirüslere karşı etkili bir aşı yapmak için kullanılabilecek evrensel epitoplar (virüs antijeninin üzerinde bağışıklık sistemini uyaran bölgeler) olabileceğine inanıyor.

Bangladeş, Dhaka Üniversitesinden Abul Islam ve Refat Sharmin tarafından 2014 yılında *BMC Bioinformatics* dergisinde yayımlanan araştırmada tanıtılan insan koronavirüslerindeki ortak bir enzimin yapısındaki bir epitopun yanı sıra bilim insanları SARS-CoV (SARS'a neden olan) ve SARS-CoV-2 üzerindeki diken proteinlerindeki amino asit dizilimlerinin %78 oranında aynı olduğunu hatırlatıyor. Bu tür yüksek oranda korunmuş bölgeler biyolojik olarak son derece önemli.

Çünkü koronavirüslerin bu bölgelerindeki virüsü etkisiz hâle getirecek değişikliklerden yani mutasyondan kaçması pek mümkün değil.

Bağışıklık sistemiyle ilgili yapılan çalışmalar koronavirüslerden birine karşı gelişen antikorların diğer bir tür koronavirüse karşı da koruma sağlayabildiğini gösteriyor. Örneğin, SARS geçirmiş kişilerden alınan antikorların bazen SARS-CoV-2'ye karşı koruyucu olduğu gözlenmiş. Aynı zamanda farelerde de SARS, MERS ve COVID-19'a karşı etkili antikorlar üretmek mümkün. Benzer şekilde, SARS-CoV'ye karşı aşılanan hayvanlar, SARS-CoV-2'ye ve daha önce insanlar için potansiyel bir tehdit olarak tanımlanan SARS benzeri bir yarasa koronavirüsüne karşı direnç kazanmışlar. Buradan yola çıkarak da Kalifornia, La Jolla'daki Scripps Araştırma Enstitüsünden aşı uzmanı Dennis Burton, farklı birkaç koronavirüsün epitoplarını tanıyabilen bu ölçüde geniş nötralize edici antikorların keşfinin, evrensel bir aşının geliştirilmesini mümkün kılabileceğine inanıyor. Ancak işin zor kısmı bu geniş ölçüde nötralize edici antikorların üretimini tam olarak hangi virüs parçalarının uyardığını bulmak. Birkaç araştırma ekibi tam da bu noktaya odaklanarak araştırmalarını sürdürüyor. Örneğin, North Carolina Üniversitesi Tıp Fakültesinden Ralph Baric ve meslektaşları, SARS-CoV ile enfekte olmuş bir kişiden aldıkları antikorları izole etti ve SARS-CoV-2 dâhil olmak üzere diğer koronavirüslere karşı geniş ölçüde nötralize eden antikorları belirledi. Daha sonra, bazı genetik mühendisliği yöntemleriyle antikorları daha güçlü hâle getirdiler. Şimdi bu antikorların diken proteinin hangi bölgesine bağlanırsa işe yarayacağını araştırıyorlar. Uzmanlar büyük çapraz nötrleştirici epitoplar olduğunu ve evrensel bir koronavirüs aşısı için bu epitopların tam olarak yerlerini belirlemek gerektiğini söylüyorlar.

Evrensel koronavirüs aşısı geliştirmek için kullanılabilecek bir diğer yaklaşım ise çeşitli insan ve hayvan koronavirüslerindeki diken proteinlerinin özelliklerini taşıyan yapay proteinler üretmek. Bu yaklaşıma dayalı deneysel bir aşının bir fare modelinde çoklu koronavirüslere karşı geniş bir bağışıklık oluşturduğu hâlihazırda gösterilmiş. ABD Ulusal Alerji ve Bulaşıcı Hastalıklar Enstitüsünden Luca Giurgea bu sonucun oldukça umut verici olduğunu söylüyor.

New Mexico, Los Alamos Ulusal Laboratuvarındaki araştırmacıların da hedeflerinde evrensel bir koronavirüs aşısı geliştirmek var. Evrensel koronavirüs aşı araştırmasına liderlik eden Bette Korber, SARS-CoV, SARS-CoV-2, MERS-CoV ve soğuk algınlığına neden olan koronavirüs grubunda bir dizi yüksek düzeyde korunmuş bölge olduğunu belirtiyor.

Araştırmalar, bu korunmuş bölgelerin farelerde T hücresi bağışıklık tepkisini tetiklediğini gösteriyor. T hücreleri virüs ile enfekte olmuş hücreleri öldürüyor. Bu nedenle daha geniş bir bağışıklık tepkisi elde etmek için yüksek oranda korunmuş bu epitopları mevcut aşılara eklemenin faydalı olacağı düşünülüyor.

Son olarak, ticari bir evrensel aşıya doğru adımlar atan birkaç biyoteknoloji şirketi var. İngiltere'deki ConserV Bioscience isimli şirket aşısının tam olarak nasıl çalıştığını açıklamamasına rağmen, soğuk algınlığına neden olanlar da dâhil olmak üzere tüm koronavirüs türleri için uygulanabilecek bir mRNA aşısı geliştirdiğini söylüyor. Şirketin direktörü Kimbell Duncan, hedeflerinin gelecekteki bir salgını önlemek için insanlara birkaç yılda bir yapılacak bir aşı geliştirmek olduğunu belirtiyor. Aşının klinik öncesi testlerde olduğunu ve bu yıl erken insan denemelerine girebileceğini de sözlerine ekliyor. Massachusetts'te VBI Vaccines isimli başka bir şirket ise SARS-CoV, SARS-CoV-2 ve MERS-CoV diken proteinlerini hedef alan evrensel bir aşının insan denemelerine bu yılın sonlarında başlamayı planlıyor. ■

Kaynaklar

https://www.wired.co.uk/article/universal-coronavirus-vaccine
https://www.newscientist.com/article/mg24933233-500-first-universal-coronavirus-vaccine-will-start-human-trials-this-year/



COVID-19'a Karşı Türkiye'deki Aşı Çalışmaları

Dr. Özlem Ak [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

“BİRLİKTE GELİŞTİRMEK, BİRLİKTE BAŞARMAK”

11 Mart 2020 tarihinde, Dünya Sağlık Örgütü COVID-19’u pandemi ilan ettiği gün, ülkemizde de ilk vaka görüldü. 26 Mart 2020’de TÜBİTAK COVID-19 mücadelesinde mevcut desteklerine ek olarak özel bir hızlı destek çağrısına çıktı. Ülkemizde ve dünyada COVID-19 ile ilgili bir araya getirilen güncel verilere ek olarak tedavi ve aşı çalışmaları hakkında bilgi ve gelişmelerin yer aldığı, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı himayelerinde, TÜBİTAK MAM Gen Mühendisliği ve Biyoteknoloji Enstitüsünün koordinasyonunda COVID-19 Platformu kuruldu. Bu platform çatısı altında 32 üniversiteden 118 araştırmacı, 8 özel sektör kuruluşundan 38 araştırmacı, 9 kamu Ar-Ge biriminden 67 araştırmacı, 167’si STAR bursiyeri olmak üzere 213 bursiyer COVID-19’a karşı ülkemizde yürütülen aşı ve ilaç araştırmalarında yer aldı. TÜBİTAK Başkanı Prof. Dr. Hasan Mandal’ın da söylediği gibi “birlikte geliştirmek, birlikte başarmak” yolunda tüm bilim insanlarımızın dâhil olduğu önemli bir iş birliği başladı. İlki 2 Nisan’da gerçekleştirilen COVID-19 Türkiye Platformu Aşı ve İlaç Geliştirme Sanal Konferansı’nda ve sonraki iki sanal konferansta bilim insanlarımız aşı ve ilaç geliştirme çalışmalarıyla ilgili gelişmeleri paylaştı. Platform kapsamında inaktif aşı, adenovirüs aşısı, virüs benzeri parçacıklara dayanan aşı, dünyada ilk kez geliştirilen ASC zerrecik teknolojisine dayalı rekombinant aşı adayı, DNA aşısı, mRNA aşısı, rekombinant spike proteini aşısı gibi aşı çalışmaları devam ediyor. Son bir yıldır ülkemizdeki bu aşı araştırmaları yolculuğunda neler yapıldı ve hangi aşamaya gelindi hep beraber bir göz atalım…



COVID-19 ve Aşı Çalışmaları

Prof. Dr. Aykut Özdarendeli,

Erciyes Üniversitesi Aşı Araştırma, Geliştirme ve Uygulama Merkezi (ERAGEM)

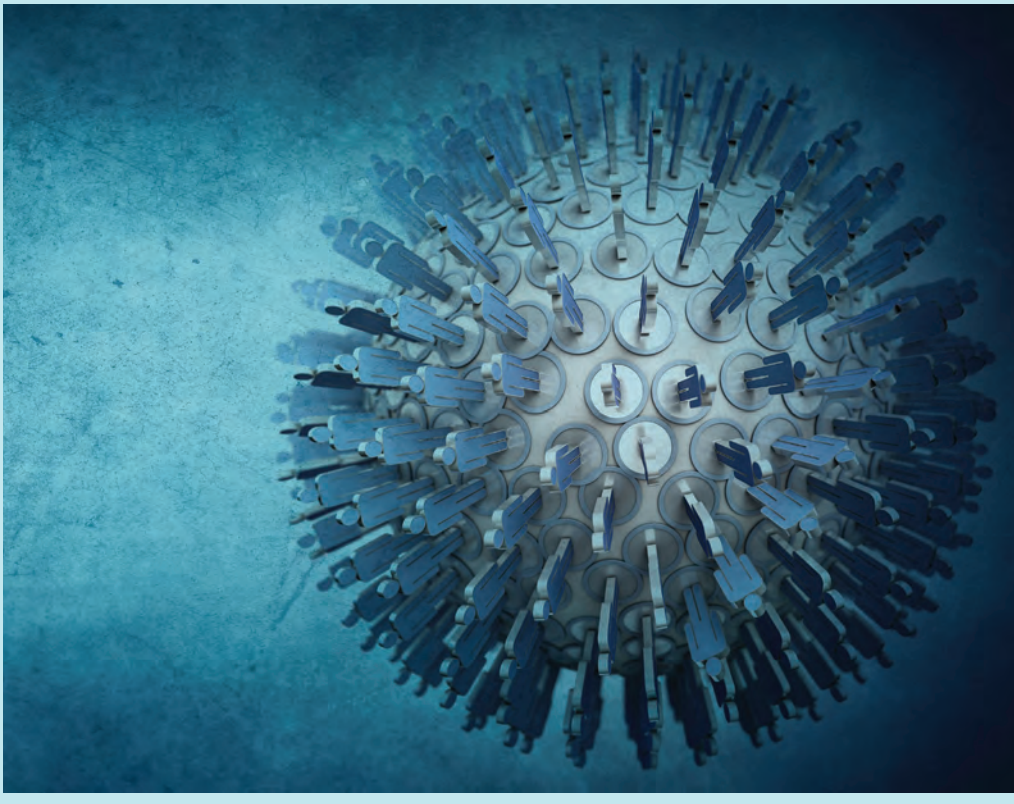
Erciyes Üniversitesi Aşı Araştırma, Geliştirme ve Uygulama Merkezinde (ERAGEM) COVID-19'a karşı geliştirilen ve T.C. Sağlık Bakanlığı ile Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı (TÜSEB) tarafından desteklenen projelerinde, Prof. Dr. Aykut Özdarendeli ve ekibi, Türkiye'de ilk vaka ortaya çıktıktan hemen sonra virüsü izole etmek için çalışmaya başladılar. Ardından virüsün tam büyüklükteki genom dizilimini ortaya çıkardılar ve kendi verilerini dünyada ilk izole edilen suşla karşılaştırdıklarında küçük mutasyonlara rastladılar. Bu gen mutasyonlarından sadece iki tanesinin amino asit düzeyinde mutasyona neden olduğunu ve izole edilen suşun Wuhan suşundan farklı olduğunu tespit ettiler. Bu genetik çalışmadan sonra ülkemizde (en azından Kayseri'de)

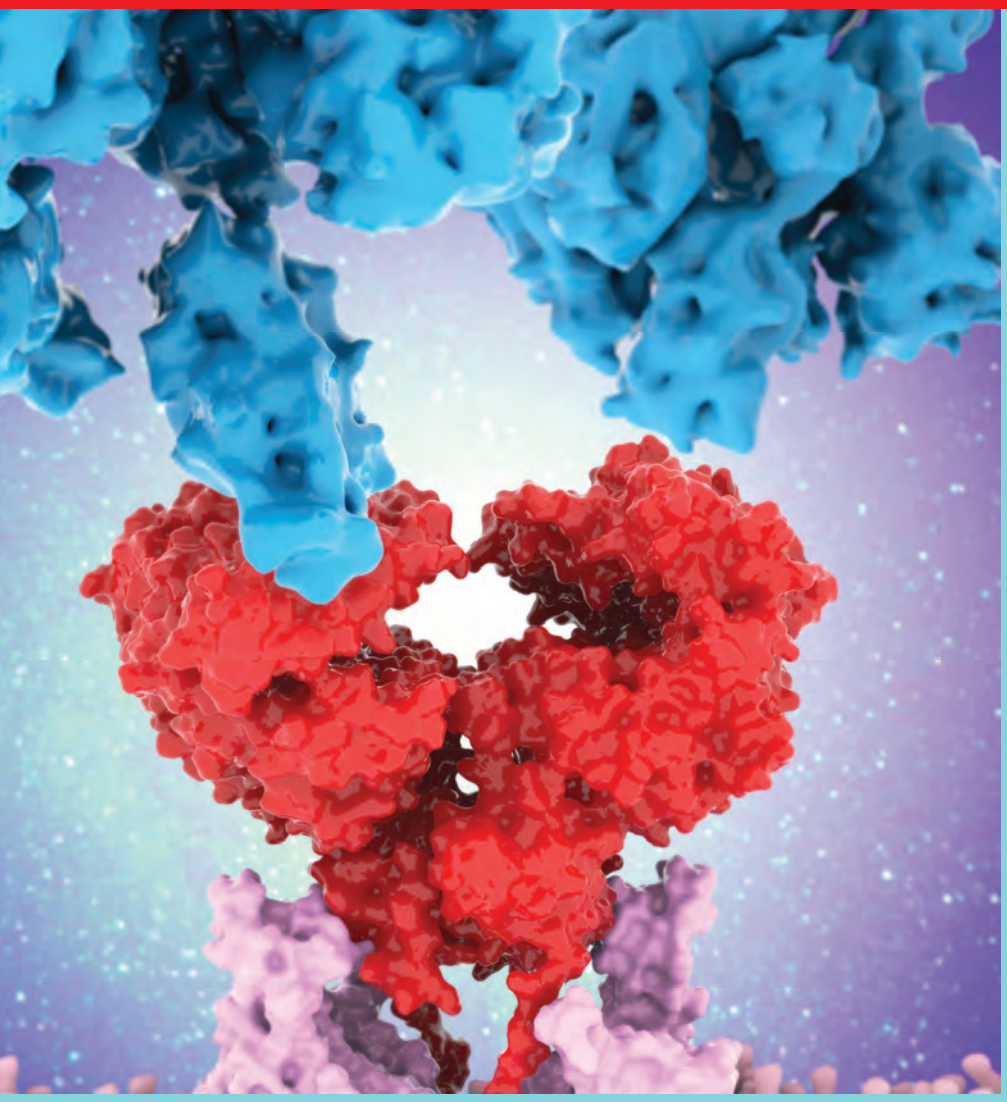
izole edilen suşun özellikle Avustralya, Yeni Zelanda, İngiltere ve Kuveyt'te görülen suşlarla genetik benzerlik gösterdiğini tespit ettiler. Ardından inaktif aşıda bilinen klasik yöntemleri kullanarak aşı/antijen elde etmeyle ilgili çalışmalarını sürdürdüler. Bu inaktif aşı adayının farelerde bağışıklık yanıtı ve nötralizan antikor oluşturup oluşturmadığını anlamak için deneyler yaptılar. Deneysel olarak elde edilen inaktif aşı adayının bağışıklık yanıtı geliştirdiği ve koruyucu olduğu gösterildi. Koruyucu etkinliğinin tespiti için yapılan ve "challenge test" denilen testler klinik öncesi çalışmalarla tamamlandı. Bu testlerde özellikle aşılanmış hayvanlardan alınan organlarda virüsün izolasyonu yapılmaya çalışıldı ama koruyuculuk olduğu için herhangi bir virüs saptanmadı. Bununla birlikte kontrol grubunda hem ölümler hem de virüs saptandı.

Hücresel bağışıklık, kararlılık, toksisite ve kalite kontrol ile ilgili yapılan çalışmaların ardından Türkiye İlaç ve Tıbbı Cihaz Kurumundan (TİTCK) Faz I çalışma izni alan Prof. Dr. Aykut Özdarendeli ve ekibi, 5 Kasım 2020 tarihinde ilk gönüllüye Koçak Farma şirketinde GMP-BSL-3 şartlarında ürettikleri inaktif aşıyı uyguladılar. Taranan 69 gönüllüden kriterlere uygun olan 44 tanesi çalışmaya dâhil edildi. Faz I çalışmasının en önemli bileşeni güvenlik olduğu için öncelikle düşük doz ve orta dozun güvenlik değerlendirilmesi tamamlandı; sonra gönüllülere düşük doz, orta doz ve plasebo uygulanmasıyla Faz I çalışması başlatıldı. 21 gün ara ile düşük ve orta doz olmak üzere iki kez aşılama yapıldı. Son aşılama tarihi olan 14 Aralık 2020 tarihinden bu yana katılımcılarda ciddi bir yan etki görülmedi, 2. ve 4. haftalar arasında alınan örneklerde aşının bağışıklık yanıtı oluşturduğu görüldü.

Faz II çalışmasına tarama testlerinden geçen toplam 250 gönüllü katıldı. İlk doz uygulaması 10 Şubat 2021 tarihinde yapıldı. COVID-19'a karşı geliştirilmiş inaktif aşı adayının ikinci doz uygulamalarının Nisan ayı ortasında bitirilmesi planlanıyor. Faz II çalışmalarından elde edilecek olan aşı yan etkileri ve aşının etkinliği ile ilgili verilerin Nisan ayı sonu ile Mayıs ayının ilk haftasında bitirilmesi ön görülüyor.

Prof. Dr. Aykut Özdarendeli ve ekibi aynı zamanda adenovirüs vektör temelli aşı adaylarının geliştirilmesi için de çalışmalarını sürdürüyor. Şu ana kadar geliştirdikleri dört aşı adayından iki tanesi kendi izole ettikleri ERAGEM suşundan diken ve adenovirüs nükleoproteini içeriyor. Diğer iki aşı adayı ise ilk izole edilen Wuhan suşunun diken proteinini ve adenovirüs nükleoproteinini içeriyor. COVID-19'a karşı geliştirilen adeno vektör temelli rekombinant aşının ACE2 reseptörü taşıyan transgenik (genetiği değiştirilmiş) farelerde bağışıklık ve eprüvasyon çalışmaları devam ediyor.





Bir insan hücresindeki bir anjiyotensin dönüştürücü enzim 2 (ACE2) reseptörüne (pembe) bağlı bir koronavirüs diken proteininin (kırmızı) moleküler modeli. Koronavirüs yüzeyinde bulunan diken proteini insan hücrelerindeki ACE2 reseptörüne bağlanır ve virüsün hücreye girişini kolaylaştırır. Virüs hücreye girdikten sonra, kendisinin daha fazla kopyasını çıkarmak için hücrenin mekanizmasını kullanır.

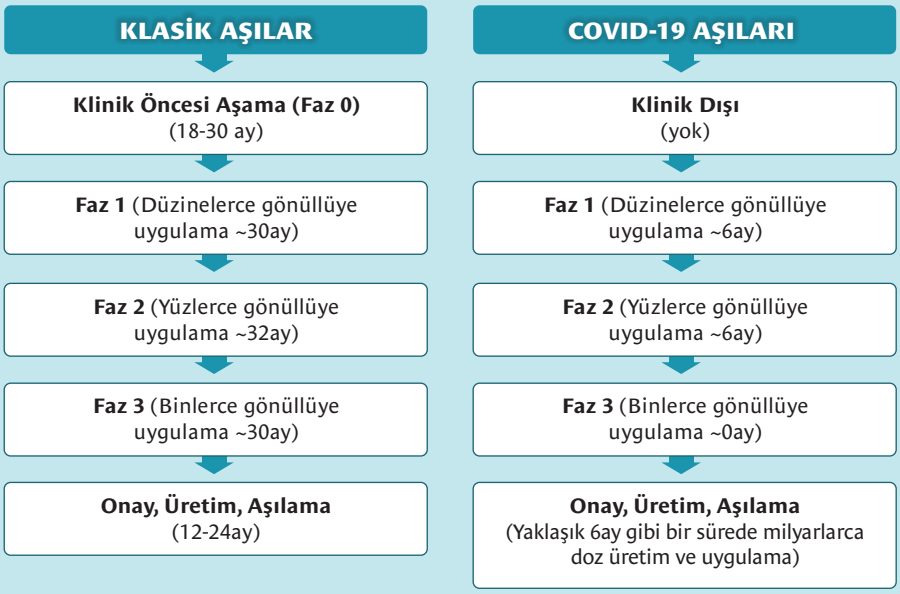
İnaktif COVID-19 Aşısı Geliştirilmesi

Prof. Dr. Osman Erganiş, Selçuk Üniversitesi Aşı Geliştirme ve Uygulama Merkezi

Selçuk Üniversitesi Aşı Geliştirme ve Uygulama Merkezi Müdürü Prof. Dr. Osman Erganiş ve ekibi geliştirmeyi planladıkları inaktif aşı için öncelikle COVID-19 hastalarından örnekler topladılar ve 20 örnekten 13 virüs izole ettiler. İzole edilen virüslerin dizi analizlerini gerçekleştirdiklerinde bunların SARS-CoV-2'nin dünyada yaygın olan G614P suşu olduğunu tespit ettiler. Farklı modellerde hazırladıkları aşıları Bilkent Üniversitesi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi ve Pendik Veteriner Kontrol Araştırma Enstitüsünde farelerde denediler ve beş farklı formülasyondan iki tanesinin çok daha iyi sonuç verdiğini gördüler.

Preklinik (Faz 0) aşamada etkili bulunan inaktif COVID-19 aşı adayının VETAL AŞ. (Adıyaman) tesislerinde dünya standartlarında üretimini (GMP: Good Manufacturing Practice; iyi üretim uygulamaları) gerçekleştirebilmek için Sağlık Bakanlığından GMP sertifikasyonu alındı ve 4 Aralık 2020 tarihinden beri farklı dozlardan oluşan aşı ve plaseboların üretimi için çalışmalar başlatıldı. 13 Ocak 2021 tarihinde yapılan ilk seri üretim aşıların ve plaseboların kalite kontrol testleri VETAL AŞ.'de, diğer bazı testleri de başka kurumlarda tamamlandı. Aşıların GLP (GLP: Good Laboratory Practices; iyi laboratuvar uygulamaları) sertifikalı bir kurumda toksisite, sitotoksisite ve genotoksisite testleri gerçekleştirildi. 23 Kasım 2020'de transgenik farelere ilk doz aşıları uygulandı. Bu farelerde challenge testleri ise Şubat 2021 sonu itibarı ile tamamlandı. Aşıların ikinci üretimi de yapıldı ve kalite kontrol testlerine başlandı. Preklinik araştırma verileri ile birlikte VETAL AŞ'de üretim yapılması için Aralık 2020'de TİTCK'ye yapılan başvurunun cevabı Ocak 2021'de geldi, eksik veya anlaşılmayan konular üzerinde kurum ile görüşülerek 17 Şubat 2021'de başvuru tekrarlandı. Ayrıca klinik araştırmanın yapılacağı kuruma ve ilgili kurumun etik kuruluna da başvuruldu. Şu an ise Sağlık Bakanlığı, TİTCK ve etik kuruldan izinler bekleniyor.





Adenovirüs Tabanlı Prototip Koronavirüs Aşısı Üretimi

Prof. Dr. Hakan AKBULUT, Ankara Üniversitesi Kanser Araştırma Enstitüsü

Ankara Üniversitesi Kanser Araştırma Enstitüsü adenovirüs tabanlı prototip koronavirüs aşı üretimi projesinde Prof. Dr. Hakan Akbulut ve ekibi Oxford AstraZeneca aşısına benzer şekilde SARS-CoV-2 diken proteinini kodlayan gen parçalarının insan Tip 5 adenovirüsü (Ad5) DNA'sına rekombinant tekniklerle yerleştirilmesiyle oluşan canlı bir viral vektör aşısı tasarladılar. Oxford AstraZeneca aşısında şempanze adenovirüsü kullanılmışken Prof. Dr. Hakan Akbulut ve ekibi aşıyı tasarlarken insan adenovirüsü kullandılar.

Adenovirüsler çocukluk çağında özellikle üst solunum yolu enfeksiyonlarına yol açan en önemli virüslerden. Dolayısıyla çocukluktan itibaren karşılaşılan bu virüse karşı vücutta nötralizan antikorlar oluşuyor.

Prof. Dr. Akbulut daha uzun süreli ve özellikle virüsün bulaşmasını engellemeye yönelik bağışıklık oluşturması açısından canlı virüs aşılarının pandemiyi bitirmeye en kuvvetli aday aşılardan biri olduğunu belirtiyor. Bu aşının bir diğer avantajı ise üretiminin kolay olması. Dolayısıyla aşının büyük miktarlarda üretilmesinin mümkün olabileceğini ve küçük bir tesisin bile ülkemizin ihtiyacına yetecek miktarda aşıyı bir yılda üretebileceğini düşünüyor.

Araştırma ekibi adenovirüsün hücre içinde çoğalmasından sorumlu olan iki gen bölgesini çıkararak virüse aktardılar. Böylece virüs insan hücrelerine girdiğinde çoğalamayacak ve sadece taşıdığı diken proteini kodlayan gen parçaları (4 adet) sayesinde diken protein (antijen) parçalarını üretecek. Kas içine enjekte edildiğinde aşı hem kas hücrelerine hem de o bölgede bulunan makrofajlara ve dendritik hücrelere girerek koronavirüs antijenlerini (diken protein) üreterek bağışıklık sistemini uyaracak. Böylece COVID-19'a karşı hem antikor cevabı hem de hücresel bağışıklık (T hücreleri) gelişecek ve koronavirüsün hastalık yapması engellenecek.

Etkinliğinin en fazla ve en uzun süreli olması için dörtlü karma aşı olarak tasarlanan aşının hayvan çalışmaları 10 Temmuz 2020'de tamamlandı ve klinik çalışma için 28 Temmuz 2020'de Ankara Üniversitesinden etik kurul onayı alındı. Sonrasında TİTCK'ya klinik çalışma için başvuruldu. CoVacHGMix adı verilen aşı hâlâ Çerkezköy'de bir fabrikada GMP kapsamında üretim aşamasında.

Virüs Benzeri Parçacık (VLP) Temelli SARS-CoV-2 Aşı Çalışmaları

Prof. Dr. Mayda Gürsel, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Biyolojik Bilimler Bölümü

Prof. Dr. Mayda Gürsel, COVID-19 ile ilgili ulusal aşı çalışmaları kapsamında ODTÜ, Bilkent ve Hacettepe Üniversitelerinden öğretim üyeleri ve öğrencileriyle birlikte Mart 2020'den itibaren TÜBİTAK tarafından desteklenen bir aşı projesinde çalışıyor.

COVID-19'a karşı geliştirilen tüm aşıların hedefi -türü ne olursa olsun- bağışıklık sisteminin SARS-CoV-2'nin yüzeyindeki diken proteini tanımasını ve bu bağlanma bölgesine karşı antikor üretilmesini sağlamak. Bu nedenle diken proteinin yapısını anlamak son derece önemli.

Prof. Dr. Mayda Gürsel ve ekip arkadaşları iki formu olan diken proteinin, virüsün doğrudan bağlanmasını ve hücreye girmesini sağlayan formuna karşı antikor üretilmesini amaçlıyor. Çok kararlı olmayan yapısı ile farklı parçalara ayrılabilen diken proteinin bu dağılmış hâline karşı üretilen antikor, virüsü maalesef etkisiz hâle getiremiyor. Ancak daha önceki koronavirüslerden elde edilmiş bilgileri kullanarak diken proteinin yapısındaki bazı küçük aminoasitlerde S-2P mutasyonları denen değişiklikleri yaparak proteini kararlı hâle getirmek mümkün. Bilinen koronavirüslere daha önce uygulanan bu yöntem pandeminin başlamasıyla SARS-CoV-2'ye de uyarlandı. BioNTech-Pfizer'ın, Moderna'nın ve Novavax'ın mRNA aşıları ile Johnson & Johnson'ın adenovirüs aşısında da bu teknoloji kullanıyor. Ancak SARS-CoV-2 virüsü için bu iki mutasyonun yeterli olmayacağı, diken proteinin daha kararlı hâlde üretilebilmesi için altı farklı mutasyon gerektiği bilgisi ilk olarak Mayıs 2020'de bioRxiv'de Eylül ayında da *Science* dergisinde yayımlanan "Structure-based design of prefusion-stabilized SARS-CoV-2 spikes" başlıklı makalede paylaşılmıştı.

Virüsün dört yapısal proteinini kodlayan genleri ikişerli gruplar hâlinde birer vektöre aktaran araştırmacılar, vektörleri memeli hücrelere transfer ettikten sonra ortama salınan VLP'leri saflaştırdılar ve iki farklı aşı adjuvantı (immünojen olmayan, antikor oluşturmayan ancak verildikleri antijenin immünojenitesini arttıran maddeler) ile birlikte formüle edilen aşı hayvan denemelerinde test edildi. İlk denemelerinde kararlılığı düşük olan orijinal diken proteini içeren VLP aşısı kullanılırken sonraki çalışmalarında önce iki prolin mutasyonlu daha sonra da altı prolin mutasyonlu süper kararlı VLP'lerle çalışmalar devam etti. Süper kararlı ya da yarı kararlı bu VLP'ler düşük ve yüksek dozda farklı adjuvantlarla bir arada olacak şekilde farelere



iki doz verilerek bağışıklık yanıtları incelendi. Dolayısıyla süper kararlı VLP'lerin çok başarılı olduğu tespit edildi. Prof. Dr. Mayda Gürsel ve ekibi geliştirdikleri aşıyı sanayiye uygun bir üretim/saflaştırma modeline adapte ederek hayvan toksisite çalışmalarını tamamladılar. Daha sonra Nobel İlaç Firması ve ekibiyle aşının GMP şartlarında üretimi ve şişeleme işlemleri gerçekleştirilerek stabilite ve sterilite testlerinde ikinci hafta sonuçları da tamamlandı. Klinik Faz I için TİTCK'ya başvuru dosyası düzenlendi ve başvuru yapıldı. Bilim insanlarımız uygun bulduğu taktirde Faz I denemelerine başlayabilmeyi ümit ediyor.

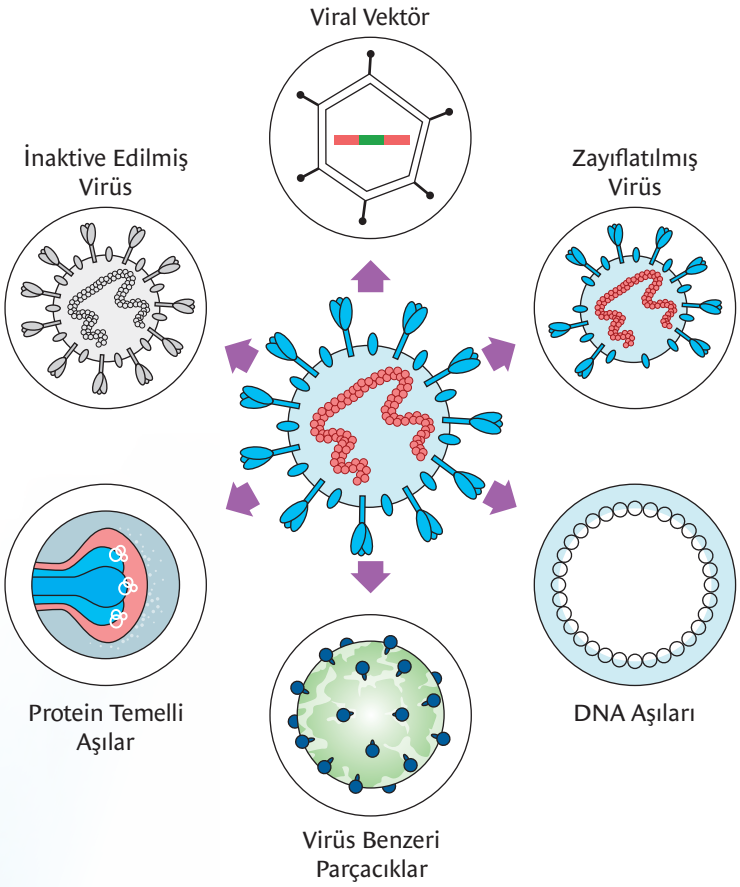
ASC Teknolojisiyle COVID-19 Aşı Üretimi

Prof. Dr. Nesrin Özören, Boğaziçi Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

Boğaziçi Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Nesrin Özören, kendisinin geliştirdiği ve patenti de kendisine ait olan ASC Zerrecik teknolojisini COVID-19'a karşı aşı geliştirmek için kullandı.

ASC vücut hücrelerimizde üretilen bir protein ve hastalık yapan bir mikroorganizma ile karşılaştığında ipliksi yapılar oluşturuyor, üst üste katlanan bu ipliksi yapılar bir yumakçık hâlini alıyor. Bir bakterinin boyutuna yakın olan 2-5 mikrometre çapındaki bu yumakçıklar zerrecik olarak adlandırılıyor. COVID-19'a karşı aşı geliştirmek için bu yöntemi kullanan Prof. Dr. Özören koronavirüs yüzeyindeki diken proteininin insan hücresindeki ACE2 yüzeyel proteine bağlanan minimal yapısına yani ACE2'ye bağlanma bölgesine odaklandı. Böylece koronavirüs yüzey proteini taşıyan ASC zerrecikleri vücuda girdiğinde akyuvar hücreleri tarafından algılanarak, bağışıklık sistemini harekete geçiriyor. Geliştirilen aşıda bulunan ASC proteini akyuvarlara yerleşerek vücuda virüs girdiğinde bağışıklık sistemini uyarıyor. Oda sıcaklığında bozulmayan ASC zerrecik aşısı için – 70 ^{0}C derecede taşınma ve saklanma gibi gereksinimlere ihtiyaç duyulmayacak.

Hayvan deneylerinde yetkin bir bağışıklık yanıtı geliştiğini tespit eden araştırmacılar, Faz I başvuru dosyası için gerekli son araştırma yöntemlerini de tamamlandıktan sonra deneylere başlamayı planlıyorlar. Pilot üretim için TİTCK'dan GMP onayı alma sürecinde olan iki farklı firma ile görüşüyorlar ve 2022'de aşının piyasaya çıkmasını hedefliyorlar.





COVID-19'a Karşı Peptid Temelli Aşı Geliştirme ve Araştırma Çalışmaları

Prof. Dr. Serhat Ünal, Hacettepe Üniversitesi Aşı Enstitüsü

Prof. Dr. Serhat Ünal ve ekibi, TÜSEB tarafından desteklenen araştırmalarında SARS-CoV-2 virüsünün diken proteinine özgü peptitler kullanarak COVID-19 aşısı geliştirmeyi hedefliyor. Çalışmanın başında, Türkiye'de yaygın olan SARS-CoV-2 tiplerinin genom dizileri karşılaştırıldı ve diken proteinin aşı geliştirmek için kullanılabilecek bölgeleri tespit edildi. Türkiye'deki hastalardan izole edilmiş 22 SARS-CoV-2 suşuna ait diken glikoprotein aminoasit dizisi Wuhan-Hu-1 suşuna ait diziyle karşılaştırılarak mutasyona yatkın bölgeler tespit edildi. Bu protein bölgeleri tekrar analiz edilerek antikor geliştirme potansiyeli olan peptit dizileri belirlendi. Bu diziler kullanılarak kimyasal yollarla peptitler sentezlendi ve COVID-19 hastalarının serumları kullanılarak yapılan ELISA deneyi ile peptitlerin hastalardaki antikorları tanıma düzeyi belirlendi. En iyi sonuç veren iki peptit ile, bu peptitlerin karışımı ve üç farklı adjuvan ile dokuz farklı aşı formülasyonu hazırlandı. Bu aşıların toksikolojik değerlendirmeleri yapıldıktan sonra aşılar deney hayvanları üzerinde test edildi. Yapılan analizler sonucunda adjuvanlardan biri ile yapılan formülasyonlarla devam edilmesine karar verildi. Bu adjuvan kullanılarak, daha önce kullanılan peptitlerden farklı miktarlar ile altı yeni formülasyon hazırlandı ve bu formülasyonlar da deney hayvanlarında test edildi ancak hastalıktan koruyucu düzeyde antikor elde edilemedi. Şu an, koruyucu düzeyde antikor elde etmek için farklı formülasyonlar üzerinde çalışılıyor. Bütün yapılan incelemeler sonucunda, nötralizan antikorlar en yüksek hangisinde ise ve hücresel bağışıklık hangisine en iyi cevap verirse o formülasyon seçilerek onun üzerinden hayvanlardaki ileri toksisite çalışmaları ve challenge testlerini yaptıktan sonra yüksek miktarda üretime hazır bir aşı adayı olacağı tahmin ediliyor.

İBG Aşı Adayları

Prof. Dr. Mehmet Öztürk, İzmir Biyotıp ve Genom Merkezi

İzmir Biyotıp ve Genom Merkezinde (İBG) Prof. Dr. Mehmet Öztürk ve Araştırma Direktörü Dr. Stefan Dimitrov'un koordinatörlüğünde oluşturulan araştırma ekibi, SARS-CoV-2 virüsünün hücrelere bağlanmasını sağlayan diken protein temelli rekombinant protein aşıları üzerine çalışıyor. Rekombinant protein temelli aşıların en büyük avantajı normal ilaç üretim tesislerinde üretilebilmesi, üretimlerinin nispeten basit ve maliyetinin de düşük olması. Hatta belki daha da önemlisi sınırsız bir şekilde ve aynı kalitede üretilebilmesi.

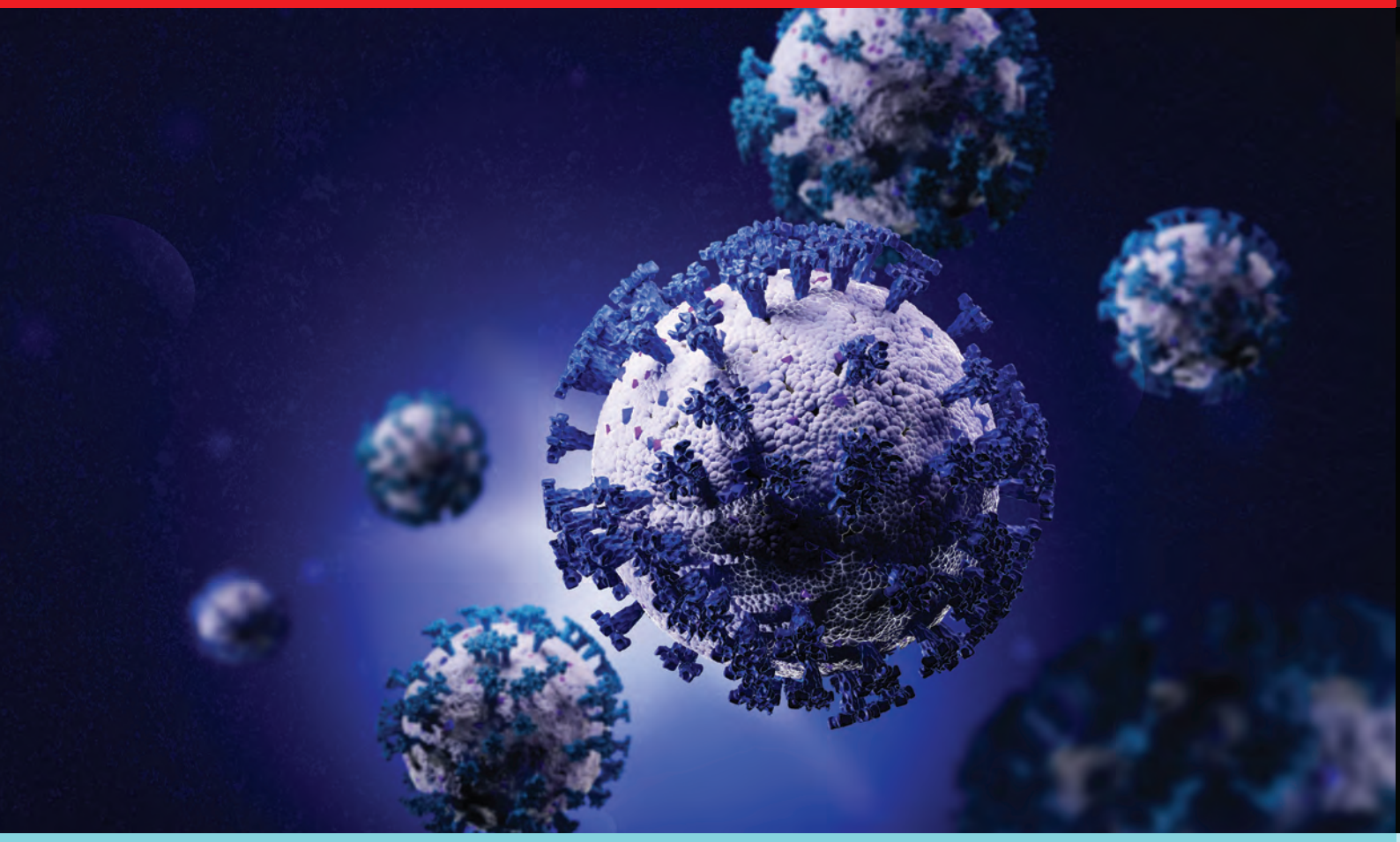
İBG'de hâlihazırda üç aşı adayı üzerinde araştırmalar devam ediyor. En ileri aşamada olan ve Prof. Dr. Mehmet İnan'ın ekibi tarafından maya hücrelerinde üretilen aşı adayı, diken proteinin kritik reseptör bağlayan bölgesini (RBD bölgesi) içeriyor. Laboratuvar koşullarında üretilip farklı kromatografi yöntemleri ile saflaştırılan aşı adayıyla farelerde yüksek miktarda antikor (IgG) yanıtı elde edildi. Aşılanmış fare antikorları, virüsün diken proteinin konakçı hücrelerindeki ACE2 yüzey proteinine bağlanmasını tamamen baskılama özelliğine sahip olduğu gösterildi. Ayrıca, Ankara Üniversitesi Veterinerlik Fakültesinde Prof. Dr. Aykut Özkul'un yönetiminde gerçekleştirilen çalışmalarda, bağışıklık gelişmiş fare serumlarında canlı virüsü etkisiz hâle getirdiği gözlendi. Aynı ekip tarafından, aşı adayının hamster modelinde hastalıktan koruyucu etkisi test ediliyor. İkinci aşı adayı CHO (Chinese hamster ovary) hücrelerinde üretilen ve RBD bölgesini dimer hâlinde içeren diğer bir rekombinant proteindir. Bu protein de yeterli miktarda üretilip saflaştırıldı ve farelerde bağışıklık geliştirip getirmediğine dair denemelere başlandı. Üçüncü aday ise HEK293 (human embryonic kidney: insan embriyonik böbrek) hücrelerinde kültür ortamında salgılanan diken proteinden oluşuyor. Diken proteinin %90'ından fazlasını içeren bu aşı adayı henüz üretim ve saflaştırma optimizasyon aşamasında.



DNA Aşı Teknolojileri

Mert Döşkaya, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Parazitoloji Anabilim Dalı Aşı Geliştirme, Uygulama ve Araştırma Merkezi

Ege Üniversitesi İlaç Geliştirme ve Farmakokinetik Araştırma ve Uygulama Merkezi Müdürü Prof. Dr. Ercüment Karasulu, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Parazitoloji Anabilim Dalı Aşı Geliştirme, Uygulama ve Araştırma Merkezi Yöneticisi Doç. Dr. Mert Döşkaya ile birlikte "COVID-19 Aşısı İçin Antijen Keşfi ve DNA Aşısı Geliştirilmesi" projesi ile ülkemizin ilk milli DNA aşısını geliştiriyor.



Doksanlı yıllarda popülerlik kazanan DNA aşıları hem hümoral (salgısal) bağışıklığı hem de hücresel bağışıklığı uyarabilmesi açısından önemli. Canlı virüs içermemesi ve oda sıcaklığında bozulmaması da DNA aşılarının önemli avantajlarından.

Doç. Dr. Mert Döşkaya ve birlikte çalıştığı araştırma ekibi, öncelikle COVID-19 hastalarından aldıkları SARS CoV-2 örneklerinin genom dizilimlerini incelediler ve ülkemizde pek çok ağır vakaya neden olan SARS-CoV-2 suşuyla çalışmalarına devam etme kararı aldılar. Sonrasında koronavirüse karşı dört farklı DNA aşısı prototip tasarladılar. Bu tasarımlarda özellikle virüsün diken gen ve diken gen bölgesinde bulunan S1, S2 ve RBD adlı kısımlar hedeflendi. Tasarımlar sonrasında ekip sırasıyla DNA aşılarının oluşturulması, in vitro ortamda bu aşıların hedef antijeni sentezlediğinin gösterilmesi, lipozomlarla aşı formülizasyonlarının geliştirmesi, aşıların farelere uygulanması yani in vivo hayvan deneylerini ve farelerde aşılama ile uyarılan bağışıklık yanıtını inceledi. DNA aşısı prototiplerinden iki tanesinin güçlü hücresel ve hümoral (salgısal) bağışıklık yanıtı oluşturduğu saptandı. Doç. Dr. Mert Döşkaya ve ekibi bu iki aşı adayıyla gönüllü insanlarda faz çalışmalarına devam etmeyi planlıyor. Faz çalışmalarına geçiş sürecinde aşı prototipinin GMP bir tesiste üretilmesi gerekiyor. Bunun için ekip sanayi ile ortaklık kurdu ve kısa süre önce GMP'ye yönelik laboratuvar ölçekli üretimin optimizasyonları tamamladı. Ekip kısa süre içinde sanayi ile ortaklaşa ülkemizde ilk defa GMP ortamında DNA aşısının üretimini gerçekleştirecek. Bu aşamadan sonra faz çalışmalarını gerçekleştirmek üzere etik kurul ve yasal otorite onayı için başvuru yapılacak.

Sonuçta bu proje kapsamında, ülkemizin ilk milli DNA aşısı da salgın döneminde geliştirildi ve özel sektör ile iş birliği içerisinde klinik çalışma aşamasına yaklaştı.



SARS-CoV-2 Diken Proteinine Karşı Kendiliğinden Amplifiye Olabilen mRNA Aşısının Geliştirilmesi

Doç. Dr. Nadir Koçak,
Selçuk Üniversitesi
Tıp Fakültesi Tıbbi
Genetik Anabilim Dalı

Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Genetik Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Doç. Dr. Nadir Koçak ve ekibi COVID-19'a karşı ülkemizdeki ilk ve tek mRNA aşısını geliştirmek üzere çalışmalarını sürdürüyor. mRNA'nın tanımlanması 1963 yılında olduysa da mRNA aşısının geliştirilme süreci uzun zaman aldı. mRNA aşısı kavramı bilim dünyasına teorik olarak ancak 1990'lı yıllarda girebildi. Daha sonra gerçekleştirilen biyoteknolojik gelişmeler bu aşıların insanlara uygulanmasını sağladı. Bu gelişmelerden en önemlisi, in vitro transkripsiyon yani DNA molekülündeki bilginin RNA nükleotid dizisi hâline çevrilmesindeki ilerlemeler, daha sonra da lipit nanopartikül geliştirme teknolojilerinin geliştirilmesiydi. mRNA aşısı için klinik deneme çalışmalarına 2019 yılında başlandı.

mRNA aşı teknolojisi dünyada 3. nesil aşı teknolojisi olarak kabul ediliyor. Doç. Dr. Nadir Koçak bu teknolojiye ait ön bilgilerinden dolayı Moderna'nın ve BioNTech'in aşı geliştirme sürecini önde kapatacaklarını tahmin ettiklerini, bu nedenle de pandemi sürecinde özellikle bu ekipleri takip etmeye çalıştıklarını belirtiyor.

Doç. Dr. Nadir Koçak ve araştırma ekibi istenilen düzeyde ve etkinlikte bağışıklık yanıtı alabilmek için ek mRNA tabanlı poliepitop aşı tasarımıda yaptılar. Kendi tasarladıkları ilk prototip aşı modelini in vitro hücre kültürlerine uyguladıktan sonra bu hücre kültürlerinde mRNA'dan protein üretimini sağladılar. Sonraki süreçte de hayvan deneylerine yönelen Doç. Dr. Koçak ve ekibi Türkiye'nin ilk mRNA prototip aşısını geliştirmiş oldu. Hayvanlara ilk gün ve 28. günde aşı için ürettikleri katyonik protein ile iki doz hâlinde aşıyı uyguladılar. Şimdi hayvanlarda gelişen farklı immünoglobülin ve sitokin yanıtlarını inceleme aşamasında sonlara yaklaşıyorlar. Burada istenilen yanıtın alınması durumunda faz çalışmaları için başvuru süreci başlatılacak.

Doç. Dr. Nadir Koçak mRNA aşılarında termostabilite sorunu olduğunu ve mRNA aşısının kararlılığını artırabilmek için birtakım araçlar kullanıldığını belirtiyor. Bu konu ile ilgili kendilerinin de oda sıcaklığına dayanıklı bir aşı geliştirmeyi planladıklarını söylüyor.

Aşı Platformu	Avantajları	Dezavantajları	İnsanlar için Geliştirilmiş Lisanslı Aşı Örnekleri
RNA	▶ Düşük maliyetli üretim potansiyeli ▶ Üretim kolaylığı ▶ İyi güvenlik profili	▶ Dayanıksızlığı nedeniyle düşük seviyede bağışıklık gelişme ihtimali ▶ Birden fazla doz gerektirebilmesi	▶ Pfizer-BioNTech COVID-19 mRNA Aşısı ▶ Moderna COVID-19 mRNA Aşısı
DNA	▶ Düşük maliyetli üretim potansiyeli ▶ Üretim kolaylığı ▶ İyi güvenlik profili ▶ Kararlı yapıda olması ▶ Anti-vektör bağışıklığını indüklememesi	▶ İnsan genomu ile potansiyel entegrasyon ▶ Düşük seviyede bağışıklık cevabına neden olabilmesi	—
Virüs Vektörleri Replike/ Nonreplike ve Virüs Benzeri Parçacıklar (VLP)	▶ Yüksek verimli gen transdüksiyonu ▶ Hedef hücrelere yüksek spesifiklikte gen iletimi ▶ Güçlü bağışıklık tepkisi indüksiyonu ▶ Artmış hücresel bağışıklık	▶ Düşük titreli üretim ▶ Anti-vektör bağışıklığını tetikleyebilmesi ▶ Replikasyon-uyumlu virüs oluşumuna sebep olarak tümör indükleme ihtimali	▶ JYNNEOS (Çiçek Hastalığı/ Maymun Çiçeği) ▶ ACAM2000 (Çiçek Hastalığı) ▶ Adenovirus tip 4 ve tip 7 ▶ Oxford Üniversitesi/ AstraZeneca COVID-19 Aşısı ▶ Sputnik V COVID-19 Aşısı
İnaktive Edilmiş	▶ İyi güvenlik profili ▶ Bağışıklığı baskılanmış hastalarda kullanılabilmesi	▶ Ek dozlara ihtiyaç duyulabilmesi ▶ Düşük üretim titresi	▶ Poliovax (Çocuk Felci) ▶ Flucelvax Quadrivalent (Dört Valanlı) (İnfluenza) ▶ Ixiaro (Japon Ensefaliti) ▶ Imovax (Kuduz) ▶ Sinovac COVID-19 Aşısı
Canlı Zayıflatılmış (Atenüe) Virüs	▶ Yüksek etki ▶ Uzun süreli bağışıklığı tetiklemesi ▶ Düşük maliyetli üretim	▶ Ek dozlara ihtiyaç duyulabilmesi ▶ Düşük üretim titresi	▶ ERVEBO (Ebola virüsü) ▶ MMR II (Kızamık, Kabakulak ve Kızamıkçık) ▶ BCG aşısı (Tüberküloz)
Protein Alt Birimi	▶ Bağışıklığı baskılanmış hastalarda kullanılabilmesi ▶ İyi güvenlik profili	▶ Düşük bağışıklık tepkisi ▶ Parti bazında varyasyon nedeniyle konjugasyon gerçekleşebilmesi	▶ PedvaxHIB (Haemophilusinfluen zae tip b) ▶ Engerix-B (Hepatit B) Recombivax HB (Hepatit B)

COVID-19 Aşısında Klinik Araştırmalara Başlamak İçin...

Aşı geliştirme, hedeflenen etkene karşı aşı üretiminde kullanılabilecek suş ve antijenlerin hücre kültürü, mikrobiyolojik kültürler, rekombinant DNA (rcDNA) teknolojisi ve bilgisayar modellemeleri ile üretilmesi veya oluşturulması gibi aşamaları içeren bir Ar-Ge süreciyle başlar. Ardından aşılarda kullanılacak antijen ve suşların uluslararası standartlara uygun üretilmesi, aşı formülasyonlarının hazırlanması, in vitro deneyler ve in vivo hayvan deneylerinin yapılmasını kapsayan Preklinik (Faz 0) aşamayla devam eder. Geliştirilen aşı adayları, deney hayvanlarına ya da insanlara mikrodozlar hâlinde uygulanır ve etkene (antijene) verilen bağışıklık yanıtı araştırılır. Sonrasında ise klinik araştırma fazlarına geçilir. Etkin hücresel ve hümoral (salgısal) bağışıklık oluşturan, güvenilirliği kanıtlanmış ve prototip olarak geliştirilmiş aşıların Faz I, Faz II, Faz III klinik çalışmaları tamamlandığında kaliteli, etkin ve güvenilir aşılar ruhsat aşamasına getirilir. Ana amacı güvenlik olan Faz I'de aşının farmakokinetik özellikleri, toksisitesi, biyoyararlanımı ve farmakolojik etkileri az sayıda sağlıklı gönüllüde araştırılır. Faz II aşamasında aşının etkili doz sınırları, klinik etkinliği, biyolojik aktivitesi, yarar ve güvenilirliği Faz I'e göre daha fazla sayıda insanda araştırılır. Bu aşamada uygun doz değerleri ve doz aralıkları hesaplanır. Bu fazın ana amacı etkinlik ve güvenilirliktir. Ana amacı aşının etkinliğinin kanıtlanması ve yan etkilerin izlenmesi olan Faz III'te birinci ve ikinci aşamayı geçen aşılar daha fazla sayıda insana uygulanır; plasebo kontrollü karşılaştırmalı klinik çalışmalarla güvenliliği ve etkinliği araştırılır.

Faz IV'de ise ilk üç aşamayı geçen aşılar ruhsatlanır ve kullanımına izin verilir. Aşı pazara sunulduktan sonra yapılan her türlü çalışma Faz IV'e aittir. Bu aşama pazarlama sonrası gözetim (post marketing surveillance) olarak da adlandırılır.

Diğer Aşı Çalışmaları

- ► Akdeniz Üniversitesi, Prof. Dr. Tarlan Mammedov, Protein alt birim aşısı
- ► Atatürk Üniversitesi, Prof. Dr. Selahattin Çelebi, Protein alt birim aşısı
- ► Marmara Üniversitesi, Prof. Dr. Kadir Turan, Protein alt birim aşısı
- ► Yıldız Teknik Üniversitesi, Doç. Dr. Serap Derman, Peptit/Protein alt birim aşısı

Dünyanın ilk kez karşılaştığı COVID-19 enfeksiyonu hakkında bir yıl gibi kısa bir sürede pek çok bilginin edinilmesi, aşı geliştirilmesi, devam eden aşı ve ilaç çalışmaları bilimin ve bilim insanlarının gücünün bir özeti gibi…

Ülkemizde devam eden ve kısa süre sonra güzel haberler almayı umut ettiğimiz aşı çalışmalarında bilim insanlarımızın amacı ise yurt dışında üretilen aşıların benzerini ya da aynısını geliştirmek değil, daha da etkin olanını geliştirmek.

Yaşanan bu süreç ise gelecekte olası pandemilere karşı topluma da bilim dünyasına da inanılmaz deneyimler kazandırdı. Ülkemizdeki araştırmalarda farklı kurumlardan ve üniversitelerden birçok araştırmacı güçlerini birleştirdi, araştırmalarını şeffaf bir şekilde hem birbirleriyle hem de toplumla paylaştılar. Bizler de beraberlikten müthiş bir sinerji doğduğunu gördük.

Dergimizin matbaa sürecinin başlaması nedeniyle 25 Mart tarihine kadarki gelişmeleri paylaştık. Temennimiz kısa süre içinde son bir yıldır hızla süren aşı ve ilaç geliştirme çalışmalarıyla ilgili birden fazla müjde vermek… ■

Sağlıklı günlere…

Kaynaklar

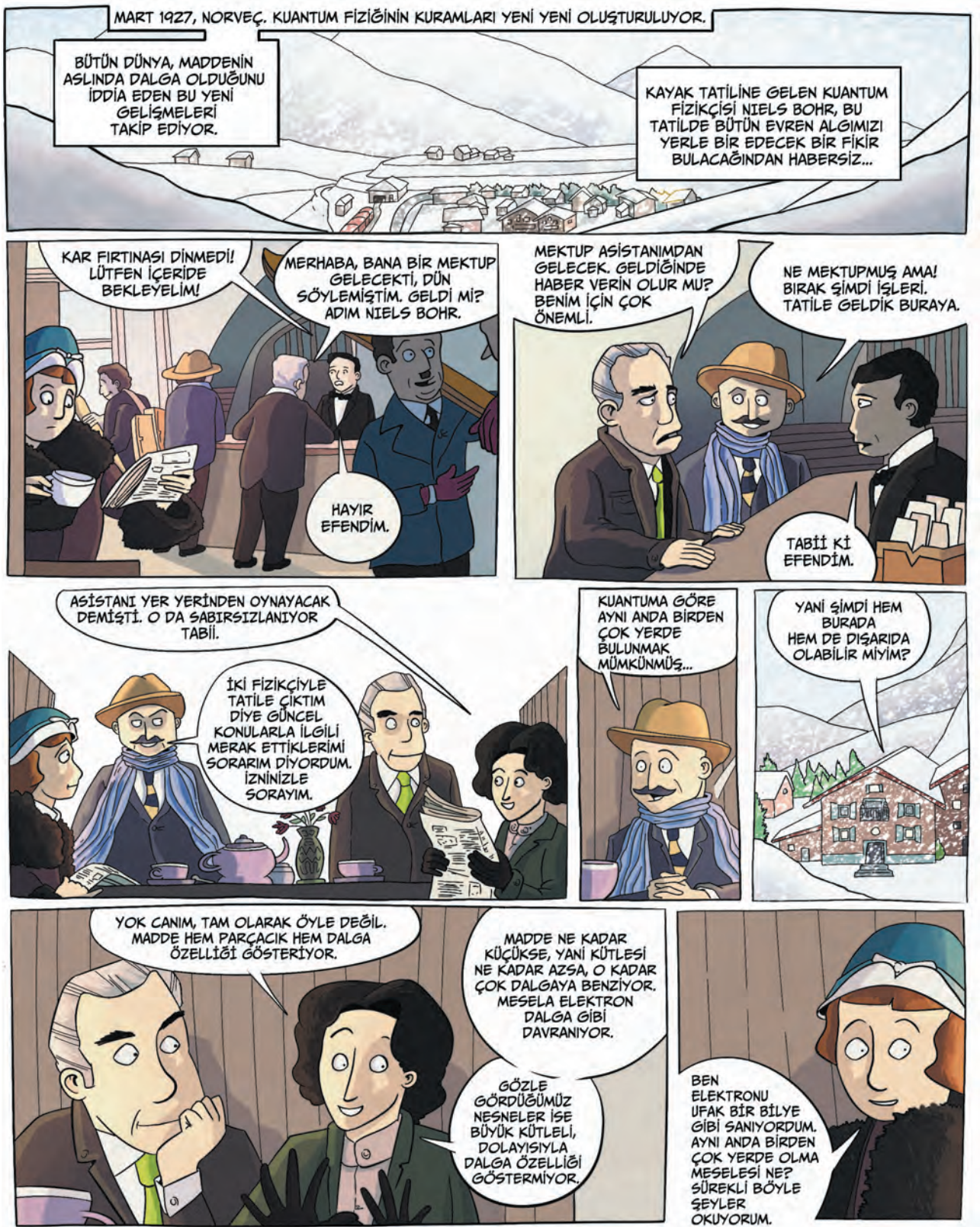
https://www.titck.gov.tr/duyuru/covid-19-asi-gelistirme-calismasi-yuruten-arastirma-gruplarinin-dikkatine-04092020215139
https://www.tuseb.gov.tr/tuhke/uploads/genel/files/yayinlar/raporlar/covid19_asisi_gelistirme_raporu-16.10.2020.pdf
https://www.nature.com/articles/d41586-020-01221-y
https://covid19.tubitak.gov.tr/

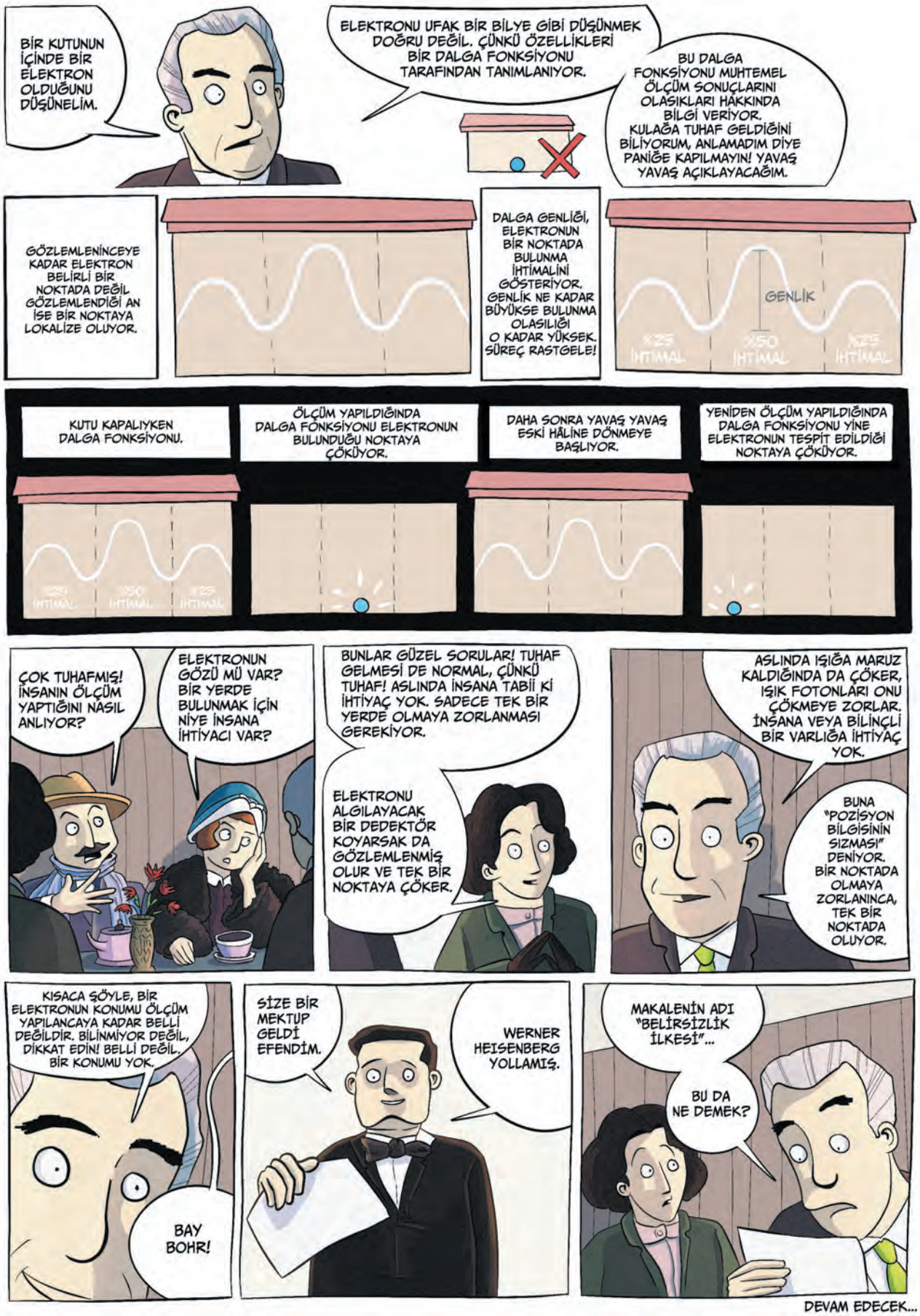
Bilim Çizgi

Sinancan Kara [*btcizgiroman@tubitak.gov.tr*

NIELS BOHR'UN KAYAK TATİLİ

1. BÖLÜM



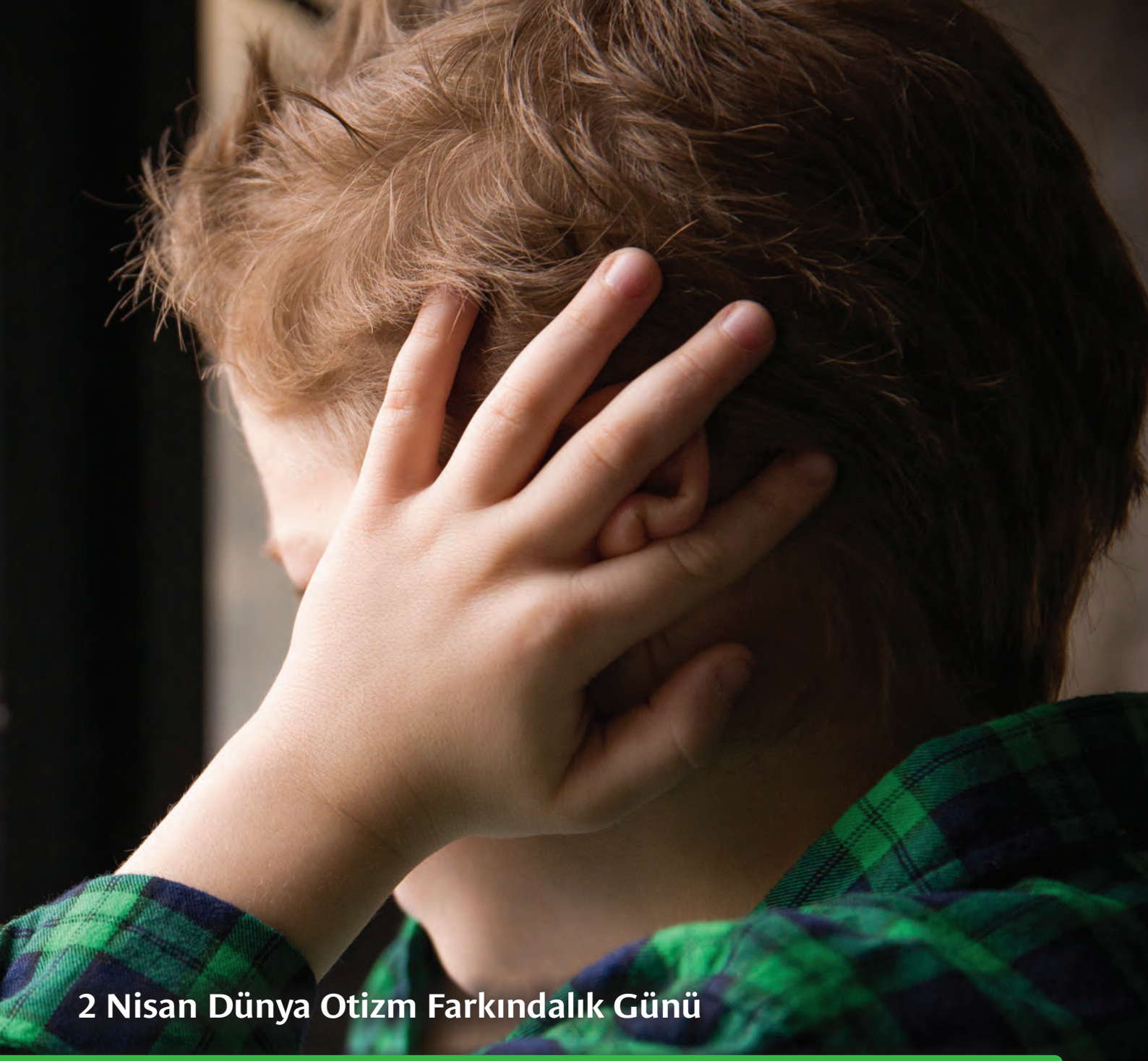


DEVAM EDECEK...



OTİZM CEPHESİNDE SON GELİŞMELERE DAİR

İlay Çelik Sezer [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*



2 Nisan Dünya Otizm Farkındalık Günü

Bedensel ve zihinsel engellilik durumlarının da dâhil olduğu her türlü bireysel farklılığın toplum tarafından kabullenilip anlaşılması kuşkusuz huzurlu bir toplumsal hayatın kurulabilmesinin en kritik ön şartlarından biri. Tüm dünyada gerek devlet kurumları gerekse sivil toplum organları tarafından bu tür farklılıklara ilişkin farkındalıkları artırmayı amaçlayan faaliyetler giderek artıyor ve çeşitleniyor. Bunlardan biri de Birleşmiş Milletler tarafından 2008'de kabul edilen 2 Nisan Dünya Otizm Farkındalık Günü. Tüm dünyada çok sayıda insanı etkileyen otizm konusundaki farkındalığın artması, hem toplumun bu bireylerin özelliklerini tanıyarak onları daha iyi anlamasına yardımcı olmada hem de daha çok insanın bu nörogelişimsel bozukluk yelpazesi konusunda bilinçli davranarak teşhis ve tedavi imkânlarından vakitlice yararlanmasının sağlanmasında faydalı olacaktır. Biz de Dünya Otizm Farkındalık Günü vesilesiyle bu ayki sayımızda otizm konusundaki son yıllara ait önemli bilimsel gelişmelerden bazılarını sizlerle paylaşmak istedik.



Otizm bireylerin günlük yaşamlarında ciddi sosyal, iletişimsel ve davranışsal güçlüklere neden olabilen nörogelişimsel bir bozukluk. Daha önceleri Asperger sendromu, yaygın gelişimsel bozukluklar (YGB) ve çocukluk bütünleşme bozukluğu gibi başka gelişimsel sorunlardan ayrı tutulan otizm tanımı, Amerikan Psikiyatri Derneği tarafından hazırlanan ve zihinsel bozukluklar için standart tıbbi referans olarak kabul edilen Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders'ın (Zihinsel Bozuklukların Tanısal ve İstatistiksel Kılavuzu) 2013 yılında yayımlanan beşinci versiyonunda Asperger ve YGB ile birleştirildi ve daha geniş kapsamlı otizm spektrum bozukluğu (OSB) terimi tanımlandı. Bu tanıma göre OSB'li bireyler:

► Başka insanlarla iletişimde ve etkileşimde zorluk yaşıyor.

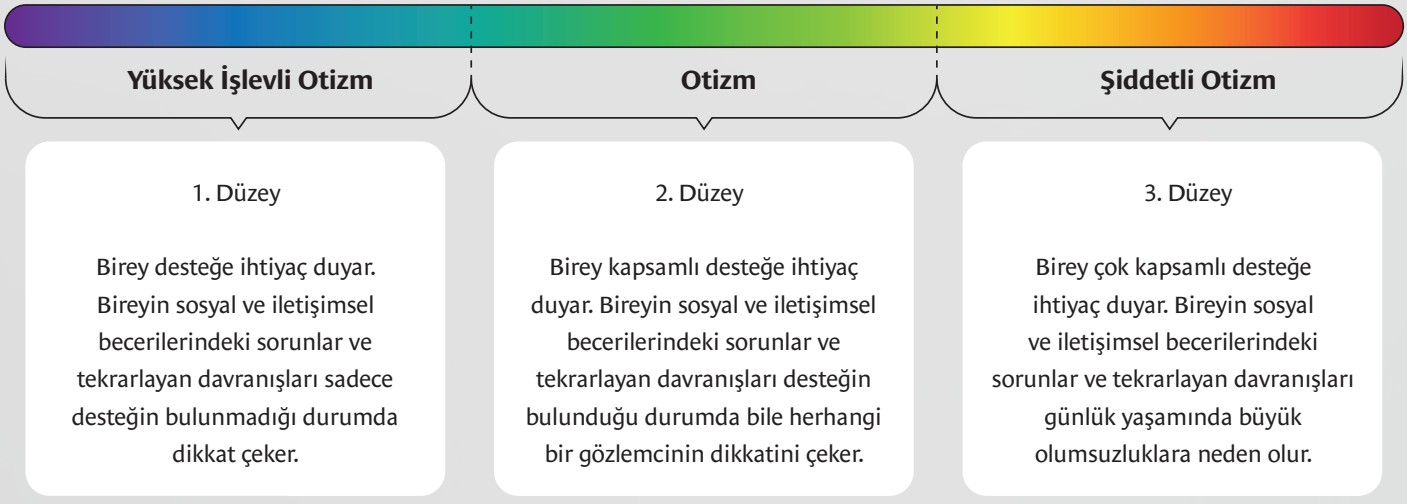
► Sınırlı ilgiler ve tekrarlayan davranışlar sergiliyor.

► Okulda, işte ve yaşamın diğer alanlarında uygun şekilde davranabilmeye yönelik becerilerini sekteye uğratan çeşitli belirtiler gösteriyor.

Otizm, bireylerin gösterdiği belirtilerin türü ve şiddeti açısından geniş bir çeşitlilik gösterdiği için bir nörogelişimsel bozukluk yelpazesi olarak tanımlanıyor. İlgili profesyoneller bir bireyin otizm yelpazesinin neresinde bulunduğunu yelpaze üzerinde tanımlanmış düzeylerle ifade ediyor (Şekil 1).

Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre dünyada her 160 çocuktan birinin otizmli olduğu tahmin edi-





Şekil 1. Otistik Bozukluk Yelpazesi



Otistik müzik dehası Matthew Savage'ın dokuz yaşında kendi yazdığı caz bestelerinden birini çalarken çekilmiş bir fotoğrafı. Az sayıda otizmli bireyde sıra dışı hafıza becerileri ya da müzik veya resim gibi belirli bir alanda üstün yetenek görülebiliyor.

liyor. Otizmin Birleşik Krallık'taki görülme sıklığı yaklaşık her 100 kişide bir iken Amerika Birleşik Devletleri'nde her 54 kişiden birinde otizm görülüyor. Türkiye'deki görülme sıklığının gösterildiği kapsamlı bir çalışma olmamakla birlikte otizmin her 68 kişiden birinde görüldüğü kabul ediliyor. Otizmin erkeklerde görülme sıklığı ise kadınlardakinin yaklaşık dört katı.

Bununla birlikte, otizmin görülme sıklığının tüm dünyada giderek arttığı biliniyor. Bunun önemli bir sebebinin otizmin giderek daha çok tanınması ve buna bağlı olarak geçmişe göre daha fazla vakanın tespit edilebilmesi olduğu düşünülüyor. Ancak modern yaşamın çeşitli olumsuzluklarından kaynaklı çevresel etmenlerin de gerek genlerle etkileşerek gerekse doğrudan gelişimi etkileyerek otizmli birey sayısının artmasına yol açabileceği, özellikle çevresel etmenlerle otizm riskini ilişkilendiren çok sayıda araştırmaya dayanılarak kabul ediliyor.

Otizmin Bazı Yaygın Belirtileri



Otizm Riski Nelere Bağlı?

Bundan sadece 20-30 yıl önce otizmin ana sebebinin ebeveynlerin ilgisizliği ya da sevgisizliği olduğu düşünülüyordu. Günümüzde bunun doğru olmadığı anlaşılmış durumda. Otizmin sebepleri hâlâ tam olarak bilinmese de günümüzde otizm riskinin oluşmasında genel olarak hem genlerin hem de çevresel etmenlerin etkili olduğu kabul ediliyor.

İkizler üzerindeki çalışmalar genlerin otizmde ne derece etkili olduğu konusunda önemli kanıtlar sunuyor. Tek yumurta ikizleri neredeyse %100 oranında aynı genleri taşırken ayrı yumurta ikizlerinde bu oran %50 civarında. Dolayısıyla tek yumurta ikizlerinin her ikisinin de belirli bir hastalığının olması o hastalıkla ilgili genetik bir sebep bulunduğu yönünde önemli bir gösterge sayılıyor. 1970'lerden bu yana ikizler üzerinde yapılan araştırmalar, tek yumurta ikizlerinin ikisinde birden otizm görülme olasılığının çift yumurta ikizlerinin ikisinde birden görülme olasılığından daha fazla olduğunu gösterdi. Birkaç sene önce yapılan bir araştırmada, tek yumurta ikizlerinden birinde otizm görüldüyse diğerinde de görülme olasılığı %77 ila %99 iken çift yumurta ikizlerinde bu oranın %22 ila %65 olduğu gösterildi.

Şimdiye kadar çok sayıda genin otizm ile ilişkili olduğu gösterildi. Günümüzde 60-70 kadar genin otizm ile ilişkili olduğu pek çok araştırmacı tarafından kabul ediliyor olsa da bunlar vakaların %20'den azını temsil ediyor. Otizmin kalıtsal bir yanı olduğu bilinmekle birlikte aile hikâyesinde otizm olmayan çocuklarda da genetik mutasyonlarla otizm gelişebiliyor. Ayrıca 35 yaşından sonra çocuk sahibi olanların çocuklarında otizm görülme ihtimali daha fazla oluyor.

Çevresel etmenlerin otizm riski üzerindeki olası etkileri hakkında da çok sayıda araştırma yapılıyor. Şimdilik genel olarak kabul edilmiş çevresel risk faktörleri sadece hamilelik sırasındaki anne sağlığına ilişkin faktörler olsa da giderek artan sayıda araştırma, otizm riskiyle çeşitli çevresel etmenler arasındaki bağlantılara işaret eden bulgular ortaya koyuyor. Örneğin son yıllarda yapılan araştırmalarda beyindeki sinirsel yangı, hamilelik sırasında annede D vitamini eksikliği, hamilelikte annenin parasetamol kullanımı, annede genital uçuk enfeksiyonu, bebeğin doğum ağırlığının düşük olması ve hava kirliliği gibi çok çeşitli çevresel etmenle otizm riski arasında bağlantılar bulundu.

Öte yandan otizm riskinin daha çok genlere mi yoksa çevresel etmenlere mi bağlı olduğu konusunda farklı sonuçların elde edildiği araştırmalar var. Dolayısıyla bu konuda henüz net bir uzlaşmaya varılamadı.

Örneğin Stanford Üniversitesi Tıp Okulu araştırmacıları tarafından yapılan ve sonuçları 2011'de yayımlanan bir araştırmada, Joachim Hallmayer ve ekibi, çevresel faktörlerin otizmde önceden sanıldığından daha önemli bir rol oynadığını gösteren sonuçlar elde etti. Daha önce ikizler üzerinde yapılan otizm araştırmalarında otizm riskinin %90 oranında genlerle, %10 oranında ise çevresel etmenlerle ilgili olduğu tahmin edilmişti. Ancak Hallmayer ve ekibinin, en az biri otizm hastası ikizler üzerinde o zamana kadar yapılmış en kapsamlı çalışma olan söz konusu araştırmasında neredeyse tam tersi yönde bir sonuç elde edildi. Buna göre genler otizm riskinin %38'inden sorumlu iken riskin kalan %62'lik kısmı çevresel faktörlerle açıklanabiliyordu.

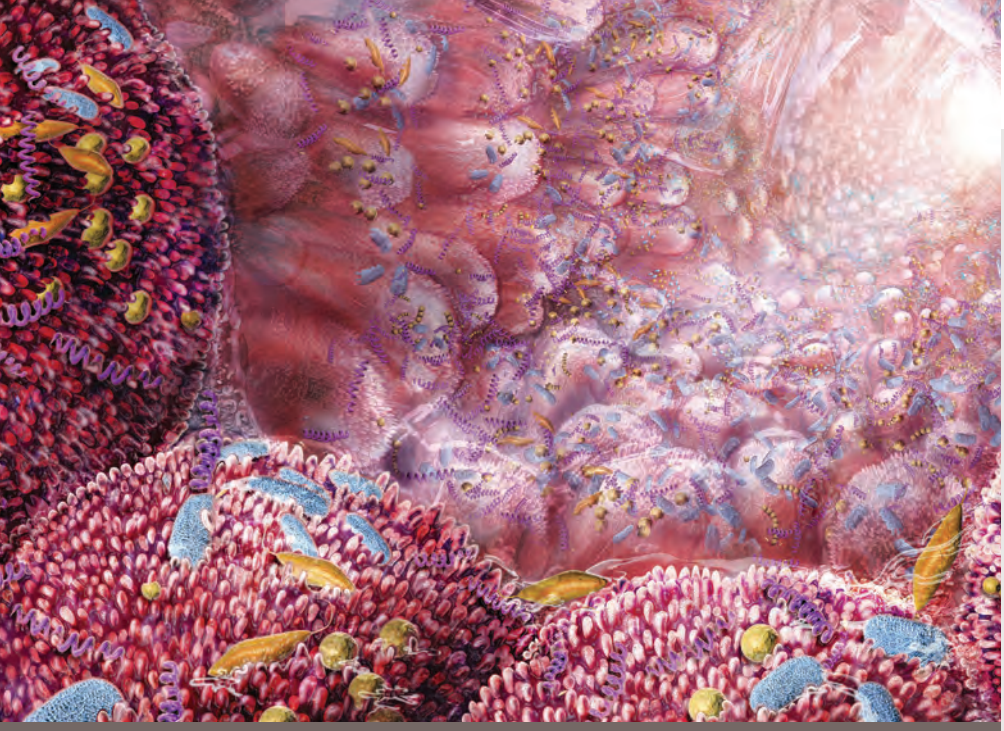
Sonuçları 2014'te yayımlanan, o dönem Cleveland Clinic'te görev yapan klinik psikolog Thomas W. Frazier liderliğindeki bir araştırmada ise şiddetli otizm belirtileri söz konusu olduğunda genetiğin neredeyse tek faktör olduğu yönünde bulgular elde edildi. Toplam 568 tek ve çift yumurta ikiz çifti üzerinde yapılan, dolayısıyla o zamana kadarki en büyük örnekleme sahip araştırmada, şiddetli otizm belirtilerinin genetik kökenli olduğu, daha hafif belirtilerde genetiğin çok daha az etkili olduğu, aynı ortamı paylaşmanın ikizlerde şiddetli otizm gelişiminde önemli bir etkisinin olmadığı, sosyal iletişim becerileri ve takıntılı hareketler gibi iki ayrı alandaki sorunların aynı gen ya da genlerden kaynaklandığı sonuçlarına varıldı. Öte yandan sonuçları 2019'da yayımlanan bir araştırmada otizmli tek yumurta ikizlerinde otizm belirtilerinin şiddetinin önemli ölçüde farklılaşabildiği bulgusu, bu ikizlerde ortak olmayan çevresel etmenlerin otizme has belirtilerin gelişiminde farklılıklar oluşturabildiğini düşündürdü.



Tek yumurta ikizleri neredeyse tamamen aynı genleri paylaşırken çift yumurta ikizlerinde bu oran %50 civarında. Buna karşılık hem tek hem çift yumurta ikizleri genellikle büyük ölçüde ortak çevresel koşullarda büyüyor. Dolayısıyla belirli bir özellik, örneğin bir hastalık tek yumurta ikizlerinde çift yumurta ikizlerine göre çok daha yüksek oranda ortak olarak görülüyorsa bu, o özelliğin genetik temelleri olduğunun bir işaretçisi olarak kabul ediliyor.



Bebeklik döneminde yapılan bazı rutin aşılarda bulunan birtakım katkı maddelerinin otizme neden olduğu iddiaları uzun yıllar tartışmalara neden oldu ve aşı karşıtlarının en çok kullandığı savlar arasında yer aldı. Ancak bu iddiayı kanıtlayan hiçbir bilimsel araştırma bulunmadığı gibi aşılarla otizm arasında bir bağlantı bulunmadığı çok sayıda bilimsel araştırma ile gösterildi.



Bağırsak mikroflorasını gösteren temsili bir çizim. Bağırsaklarımızda yaşayan yüzlerce bakteri türünün zihin sağlığımız da dâhil sağlığımızın çok çeşitli yönleriyle ilişkili çok önemli işlevlere sahip olduğu yapılan araştırmalarla her geçen gün daha iyi anlaşılıyor.

Bağırsak Beyin İlişkisi Bağlamında Otizm

Otizm ile bağırsak florası arasında yeni ilişkiler ortaya koyan ve bağırsak florasının iyileştirilmesini içeren birtakım girişimlerin denendiği çeşitli araştırmalar, son yıllarda otizmin anlaşılmasına ve tedavi olasılıkları elde edilmesine yönelik en dikkat çekici gelişmeler arasında. California Institute of Technology'de (Caltech) öğretim üyesi olan Sarkis Mazmanian bu araştırma alanının öncüleri arasında yer alıyor. Mazmanian on yıldan uzun bir süredir insan sindirim sistemi florasının insan vücudu ve zihni üzerinde sanılandan daha güçlü bir etkisi olduğu fikrinin önde gelen savunucularından biri. Bu konudaki çabaları 2012'de 500.000 $ değerinde bir MacArthur bursu kazanmasını sağladı. O zamandan beri bu alanda çalışan az sayıda ancak sayıları giderek artan başka araştırmacılarla birlikte mikrobiyomun çok çeşitli beyinsel bozukluklarda rol oynadığına dair çarpıcı bir bilgi birikimi ortaya koydu. Fakat bunlar arasında etki potansiyeli en yüksek olanlar otizm konusunda elde ettikleri sonuçlar oldu.

Mazmanian'ın alanında çığır açıcı sayılabilecek çalışmaları basit bir soruyla başladı. Görevi yabancı istilacılara saldırmak olan bağışıklık sistemi nasıl oluyor da yüzlerce bakterinin bağırsaklarımızda rahat rahat yaşayıp çoğalmasına izin verebiliyordu? Bu ancak iki taraf için de faydalı olan simbiyotik bir ilişkiyle mümkün olabilirdi. Mazmanian işe bağırsak mikroorganizmaları ile bağışıklık sistemi arasındaki bağlantıları araştırmakla başladı. Harvard Üniversitesinden enfeksiyon hastalıkları uzmanı Dennis Kasper'in laboratuvarına doktora sonrası araştırmacı olarak katılan Mazmanian, önce mikropsuz (doğumdan itibaren tüm mikroplardan korunmuş) farelerin bağışıklık sisteminin, bağırsağında az miktarda ve normal düzeyde mikrop barındıran farelerinkinden nasıl bir farklılık gösterdiğini inceledi. Bu ilk karşılaştırmanın uzun soluklu bir araştırma yolculuğundaki ilk basamak olacağını düşünüyordu. Ancak sonuçları incelemeye başladığında daha o anda büyük bir bulguya eriştiğini fark etti. Mikropsuz farelerde yardımcı T hücreleri olarak bilinen belirli bir bağışıklık hücresi tipi %30-%40 oranında daha az düzeyde bulunuyordu.

T hücreleri istilacı patojenlere yönelik saldırıların eşgüdümünde önemli bir rol oynadığı için bu bulgu mikropsuz farelerin bağışıklık sisteminin normal düzeyde mikroba sahip farelerinkine göre daha düşük dirençli olduğunu düşündürüyordu. Mazmanian bunun üzerine yetişkin farelerdeki bağışıklık işlevini yeniden oluşturup oluşturamayacaklarını keşfetmek amacıyla mikropsuz farelerin bağırsaklarına normal farelerden dışkı nakli yaptı. Dışkı nakli alan farelerdeki T hücresi düzeyleri bir ay içinde normal farelerdeki düzeye ulaştı. Mazmanian bunun üzerine bu dönüşümü sağlayan mikroorganizmayı tespit etme işine girişti. Biraz şansın da yardımıyla *Bacteroides fragilis* adlı bağırsak bakterisinin tek başına mikropsuz farelerin T hücresi düzeyini normal hâle

getirebildiğini keşfetti. Daha sonra da bu bakterinin ürettiği polisakkarit A adlı maddenin tek başına aynı etkiyi gösterdiğini buldu. Daha ayrıntılı incelemeler sonunda *B. fragilis*'in en büyük etkisinin yardımcı T hücrelerinin düzenleyici ya da baskılayıcı T hücreleri adı verilen bir alt türüne ait hücre nüfusu üzerinde gerçekleştiğini gördü. Bu hücreler bağışıklık sisteminin vücudun kendi hücrelerine saldırmasını engellemede kilit niteliğinde bir rol oynayarak otoimmün ve yangısal hastalıklara karşı koruma sağlıyor. Mazmanian bu çalışmanın 2005'te *Cell*'de yayımlanan sonuçlarının bir dizi otoimmün, yangısal ve alerjik hastalığı tedavi etmeye yönelik yeni yaklaşımlara ön ayak olabileceğini düşündü. Örneğin, hatalı çalışan bir bağışıklık sisteminin iyileşmesine hastaların bağırsak mikrobiyomuna müdahale edilerek yardımcı olunabilir mi sorusu 2006'da Caltech'teki görevine başlarken Mazmanian'ın aklındaki sorulardan biriydi. Bağırsak florası ile ilgili araştırmalarının otizm alanıyla kesişmesi de Caltech'te gerçekleşti. Nörolog arkadaşı Paul Patterson Caltech'e başladıktan birkaç yıl sonra bir öğlen birlikte yemek yerlerken Mazmanian'a uzun uzun araştırmalarından bahsetti. Patterson, hamileliklerinin ikinci trimesterinde şiddetli enfeksiyon geçiren kadınların bebeklerinde otizm görülme ihtimalinin çok daha fazla olduğuna, ayrıca otizmli çocukların %60'a yakın bir kısmında şişkinlik, kabızlık, gaz ve ishal gibi gastrointestinal sorunlar görüldüğüne ilişkin bilgilere rastladığını, otizmle mikrobiyom arasında bir bağlantı olup olmadığını merak ettiğini anlattı. Tüm bunlar Mazmanian'ın mikrobiyom araştırmalarıyla ilgili heyecanını daha da artırdı.

Birkaç yıl sonra Patterson hamile fareleri influenza virüsü gibi patojenlere maruz bıraktığında, bu annelerin yüksek seslerden irkilen, sosyal temastan kaçınan ve takıntılı şekilde tüylerini temizleyen, yani otizm benzeri belirtiler gösteren yavrular dünyaya getirmelerinin daha olası olduğunu keşfetti. Patterson, otistik davranışlı bu farelerin beyinleriyle nörotipik (normal beyin gelişimi gösteren) farelerinki arasında, annelerin bağışıklık sisteminin yavruların beyin gelişimini nasıl etkilediğine bir açıklama getirebilecek farklar bulmak amacıyla karşılaştırmalar yapıyordu. Mazmanian beynini incelemek üzere kullanacağı farelerin bağırsaklarını da kendisi için ayırmasını Patterson'dan rica etti. Mazmanian bağırsakları incelediğinde nörotipik farelerin bağırsaklarının normal göründüğünü ancak otistik davranış sergileyen farelerin bağırsaklarının neredeyse homojen biçimde yangıya uğramış olduğunu tespit etti. Acaba bu yangının sebebi mikrobiyom olabilir miydi? Bu da bir şekilde davranışsal belirtilerle ilintili olabilir miydi?



Mazmanian ve Patterson 2012 kışı ve baharı boyunca bilgi alışverişini sürdürdü. Mazmanian farelerin mikrobiyomları arasında belirgin farklar buldu. İkili ayrıca otizm belirtileri gösteren farelerin sızıntılı bağırsak sendromu da sergilediğini fark etti. Bu sendrom kendini, bağırsak çeperlerinin geçirgenliğinin patojenlerin ve alerjenlerin sızmasına izin verecek şekilde yüksek olmasıyla belli ediyor. Bu sorunun otizmli çocuklarda da görüldüğü daha önceki çalışmalarda gösterilmişti.

Bu yüzden ikili dikkatini bağırsak dışına yöneltti. Farelerden kan örnekleri alarak herhangi bir bağırsak mikrobunun ya da bu mikropların ürettiği birtakım bileşiklerin vücutta dolaşıp dolaşmadığını incelediler. Sonuçta otizm belirtileri gösteren farelerde 45 kat fazla bulunan 4-etilfenil sülfat adlı bileşiğe ulaştılar. Bunun da insanlar-

da bir karşılığı vardı. Otizmli çocuklarda ciddi ölçüde yüksek miktarda bulunan bir molekül, yapısal olarak bu bileşikle hemen hemen aynıydı.

Bunun üzerine Mazmanian üç hafta boyunca her gün, otistik davranış gösteren farelerden izole ettikleri molekülü beş haftalık normal farelere enjekte etti. Mazmanian ve ekibi fareleri davranış testlerine tabi tuttuğunda farelerin işlemden geçirilmemiş farelere göre geniş boş alanlarda daha kolay irkildiğini ve daha rahatsız hissettiğini gözlemledi. Bu da otistik davranışlı farelerde yaygın olarak görülen kaygıyla ilintili davranışlarda artış olduğunun göstergesiydi. İkili bu araştırmanın sonuçlarını 2013'te *Cell*'de yayımladı.

Şaşırtıcı olmakla birlikte bulguların akla yatan tarafları da vardı. Pek çok ilaç şirketi ağız yoluyla alınan ve buna rağmen kan beyin bariyerini geçerek davranışlar üzerinde etki gösteren küçük moleküllü ilaçlar üretiyordu. Dolayısıyla bağırsaklardaki bakteriler tarafından üretilen küçük moleküllerin kan dolaşımına girerek beyne ulaşması gayet mümkündü. Hatta bunun için bağırsak çeperinden sızmaları bile gerekmiyordu.



Bağırsak florası ile otizm ilişkisi konusundaki araştırmaların öncülerinden Sarkis Mazmanian laboratuvarında.

İkilinin bu çalışmalarıyla yaklaşık aynı dönemde yüzlerce kilometre ötedeki bir klinikte aynı konularda önemli aşamalar kaydedilmekteydi. Patterson ve Mazmanian farelerle çalışmıştı, Arizona State Üniversitesinden Rosa Krajmalnik-Brown ise üniversitenin otizm ve Asperger Sendromu araştırma programı lideri Jim Adams'la birlikte insanlar üzerinde çalışıyordu.

Araştırmacılar otizm hastalarının mikrobiyomları üzerinde yaptıkları ayrıntılı analizler sonunda otizmli çocuklardaki bakteri çeşitliliğinin çok daha düşük olduğunu belirledi. Özellikle de birkaç önemli karbonhidratın sindiriminde rol oynayan birkaç bakteri türünde önemli ölçüde eksiklik vardı. Krajmalnik-Brown ve Adams aynı zamanda gastrointestinal sorunlar da yaşayan 7-16 yaş aralığındaki 18 otizmli çocuk üzerinde dışkı naklinin etkilerini araştırmak üzere bir klinik deneme başlattı. Araştırma ekibi önce mikrobiyomlarını öldürmek üzere çocuklara güçlü antibiyotikler verip ardından çocukların bağırsaklarını fiziksel olarak temizledi. Sonra da sağlıklı nörotipik yetişkin gönüllülerden alınan florayı çocukların bağırsaklarına naklettiler.



Sonuçlar kimsenin hayal etmediği kadar olumluydu. Uygulanan prosedür gastrointestinal sorunlarda önemli ölçüde azalma sağladı ve çocukların bağırsaklarındaki bakteri çeşitliliğini artırdı. Ancak daha da önemlisi çocukların nörolojik belirtilerinde de azalma görüldü.

Çalışmanın başladığı 2017'de bağımsız bir değerlendirmeci, katılımcıların %83'ünde şiddetli otizm tespit etmişti. İlk denemeden iki yıl sonra katılımcıların sadece %17'si şiddetli otistik olarak değerlendirildi. %44'ü ise artık otizm spektrumunda bile değildi.

Araştırma ekibi 2017'deki ilk yayınlarında nakiller sonrası mikrobiyomdaki belirgin değişikliklere, özellikle üç tip bakterinin nüfusundaki artışa vurgu yaptı. Bağırsakların sağlıklı kalabilmesinde önemli bir rol oynayan probiyotik bir organizma olan *Bifidobacterium* sayılarındaki dört katlık artış bu değişimlerden biriydi. An-





cak hücresel düzeyde ne olup bittiğini çözmek ve dolayısıyla gerçekten bağırsağın içini incelemek için araştırmacıların Mazmanian'ın fareleriyle çalışması gerekti.

Krajmalnik-Brown ve Mazmanian ile çalışma arkadaşları gizemin çözülmesine yönelik çok önemli mesafeler katetti. Sonuçlarını 2019'da *Cell*'de yayımladıkları çalışmada Krajmalnik-Brown'ın şiddetli otizm hastalarından alınan dışkı örneklerini Mazmanian'ın mikropsuz farelerine aktardılar. Bu farelerin yavruları takıntılı ve dürtüsel davranışlar gibi otizm benzeri belirtiler sergiledi. Daha sonra araştırmayı daha da derinleştirerek sadece davranışları incelemekle kalmayıp beyindeki biyokimyasal süreçleri de ele almaya başladılar. Otizm benzeri davranışlar geliştiren farelerde torin ve 5-aminovalerik (5AV) asit adlı iki maddenin ölçülebilir oranda düşük düzeyde bulunduğunu tespit ettiler. Literatürü incelediklerinde bu iki maddenin insan beyninde kilit niteliğindeki bir sinyalci molekül olan gamaaminobütirik asitin (GABA) etkinliğine benzer etkinlik gösteren maddeler olduğunu keşfettiler. Başka araştırmalarda da otizmli çocukların beyinlerinde GABA'nın yetersiz olduğu gösterilmişti.

Dahası literatürde otizmli çocuklardaki duyusal aşırı uyarılma eğiliminin aşırı uyarılmış nöronların yatıştırılamamasından kaynaklanabileceği yönünde spekülasyonlara da rastlamışlardı. GABA'nın eksikliği pekâlâ buna neden olabilirdi.

Araştırmacılar sonraki aşamada otistik çocuklardan alınan bağırsak mikrobiyomlarının aktarıldığı hamile farelere ağız yoluyla yüksek düzeyde torin ve 5AV verdi. Yavrular doğduktan sonra da aynı maddeleri yavrulara yetişkin hâle gelinceye kadar verdiler. Maddelerin uygulanmadığı hayvanlara göre ikinci nesil fareler önemli ölçüde daha az belirti gösterdi. Torin, farelerin mermerdeki eşinme hareketiyle ölçülen takıntılı davranışı azalttı, sosyal etkileşimi artırdı ve kaygıyı hafifletti. 5AV uygulanan fareler ise daha aktif ve sosyaldi.

Krajmalnik-Brown ve Mazmanian ikilisi bu son çalışmanın düzensiz bir bağırsak florasının otizme neden olduğunu kanıtladığını iddia etmiyor; bu durum da çalışmalarına yönelik eleştirilerde en çok dile getirilen hususlardan. Ancak Krajmalnik-Brown otizmli çocuklarda elde ettikleri iyileşmeyi ve bunun tam tersi olarak bu bozukluk ve ilgili davranışları bir ölçüde farelere taşımış olmalarını önemli bir başarı olarak niteliyor.

İkilinin çalışmalarına psikiyatrik bir insan hastalığının farede modellenmesinin ne kadar isabetli olabileceğine ilişkin kuşku duydukları için temkinli yaklaşan pek çok bilim insanı oldu. Aslında çalışmaları pek çok açıdan eleştirildi. Bazıları sonuçları değerlendirdikleri istatistiksel yöntemlerde eksiklikler olduğunu öne

sürdü. Otizmli çocuklar üzerinde yapılan klinik denemeyi küçük örneklem boyutu, kontrol grubunun eksikliği ve çocukların otizm şiddetinin değerlendirilme yöntemi açısından eleştirenler oldu. Krajmalnik-Brown ve Mazmanian sonuçlarının arkasında olduklarını belirtirken daha fazla araştırma yapılmasının gerekliliğini de kabul ediyorlar. Hatta eleştirilen bazı hususları ele alacakları iki yeni çalışma başlattılar bile.

Krajmalnik-Brown ve Mazmanian'ın bağırsak florası ile otizm ilişkisi ve özellikle de bir tedavi seçeneği olarak floraya iyileştirici müdahaleler yapmak üzerine bulguları gerçekten çarpıcı nitelikte ve geleceğe yönelik ümit vaat ediyor. Bulgularının üzerine neler inşa edilebileceğini ise zaman ve yapılacak yeni çalışmalar gösterecek.

Öte yandan zihin sağlığı ile bağırsak florası arasındaki ilişkileri destekleyen yakın tarihli başka çalışmalar da yapıldı. New York'taki Cornell Üniversitesinden immünolog David Artis liderliğindeki araştırmacılar bağırsak mikrobiyomunun korkuyla baş etme becerisini etkileyebildiğine işaret eden bulgular elde etti. Araştırmacılar bir kısmı sağlıklı olan, bir kısmı ise antibiyotikler uygulanarak bağırsak mikroplarından arındırılan bir grup fareye standart bir korkutma prosedürü uyguladı. Özel bir bölmeye aldıkları farelere 30 saniye süreliğine bir ses dinlettiler. Ses kesildiğinde de farelerin ayaklarına, bastıkları zemin üzerinden elektrik şoku verdiler. Fareler beklendiği üzere birkaç tekrardan sonra Pavlov deneylerindeki gibi şartlı refleks geliştirdiklerinden sesi duyar duymaz korkudan donup kalıyordu. Ancak korkular zamanla unutulabildiği için daha sonra elektrik şoku verilmeden ses dinletilmeye başlandığında farelerin sese bağlı olarak korkudan donup kalma davranışını bir süre sonra terk etmesi bekleniyordu. Sağlıklı farelerde bu tam da beklendiği şekilde gerçekleşti. Ancak antibiyotik uygulanan fareler, elektrik şoklarının verilmesi bırakıldıktan uzun süre sonra bile sesi duyunca korkudan donup kalma davranışını terk edemedi. Bu durum insanların travma sonrası stres bozukluğundaki tepkilerini andırıyordu. Bu da bağırsak florası eksik farelerin korkuyu unutmakta başarısız olma nedeninin anlaşılmasını daha da önemli kılıyordu. Araştırmacılar olası nedenleri incelemeye girişti. Önce bağırsak ile beyin arasındaki bir çeşit sinyalleşme otoyolu niteliğindeki vagus sinirine odaklandılar. Ancak bağırsakları mikroplardan arındırılmış farelerin vagus sinirini kestiklerinde değişen bir şey olmadı. Daha sonra bağışıklık sistemini olası bir neden olarak sınadıkları bir deney daha yaptılar ancak yine bir fark oluşmadı. Bunun üzerine bağırsakları mikroplardan arındırılmış farelerin beyinlerindeki gen ifadesini (hangi genlerin etkinleşerek ilgili proteinlerin üretildiğini) incelediklerinde bu farelerin birkaç çeşit beyin hücresi tipinde gen ifadesi açısından büyük farklılıklar görüldüğünü keşfettiler. Bu genlerin beynin kötü bir şekilde bağlantılanmasına neden olup olmadığını merak eden araştırmacılar iki foton görüntüleme adı verilen bir teknikle farelerin beyin







yapısını tek tek nöronlarına kadar haritaladı. Sonuçta korkuyu unutma konusunda zorluk yaşayan farelerin beyinlerinde, korkuyla baş etme konusunda önem taşıyan amigdala ve medyal prefrontal korteks bölümlerinin bağlantılanmasında aksaklık olduğu görüldü. Daha ayrıntılı analizler sonucunda bağırsak bakterilerinin ürettiği ve serebrospinal sıvıda dolaşan dört metabolitin (metabolizma ürünü) düzeyinin bu farelerde önemli ölçüde düşük olduğu anlaşıldı. Bu metabolitlerin ikisi ise insanlarda şizofreni ve otizmle ilişkiliydi. Araştırmanın 2019'da *Nature*'da yayımlanan sonuçları, mikrobiyom kaynaklı metabolitlerdeki değişimlerin sinirsel etkinlik ve davranışlar üzerinde etkili olabildiği yönünde bir başka kanıt sundu.

2017'de *Frontiers in Cellular Neuroscience* dergisinde yayımlanan bir çalışmada genel olarak bağırsak florasını iyileştirmeye yönelik müdahalelerin otizm belirtilerinde azalma sağladığı yönünde sonuçlara ulaşıldı. Bu meta-analiz makalesinde, 1960'lardan bu yana yapılmış, bağırsakların içeriği ile otizm spektrum bozukluğu arasındaki ilişkileri konu alan 150'den fazla araştırmanın sonuçları incelendi. Makalede OSB'ye sıklıkla ishal ya da kabızlık gibi bağırsak sorunlarının eşlik ettiği, son yıllardaki klinik denemelerde sınanan bağırsak mikrobiyomunu düzenleyici tedavilerin OSB belirtilerinde iyileşme sağladığı ancak bu tedavilerin etkinliğini destekleyen kanıtlar sağlamak için daha fazla katılımcı içeren iyi tasarlanmış araştırmalara ihtiyaç duyulduğu belirtildi. Öte yandan meta-analiz sonucunda, geniş ölçekli çok sayıda araştırmayla doğrulanması gerekmekle birlikte mikrobiyom odaklı tedavilerin OSB'ye yönelik güvenle uygulanabileceği ve etkin sonuçlar doğurabileceği neticesine varıldı.

Büyük Bulmaca Otizm

Otizmle ilgili giderek artan yenilikçi araştırma yöntemleri ve teknolojileriyle gün geçtikçe derinleşen bilimsel bilgi birikimi, konunun kimi yönlerine açıklık getiriyor. Fakat otizm riskinin daha çok genetik mi yoksa çevresel kökenli mi olduğu sorusu gibi kimi hususlarda kafa karışıklığına da yol açabiliyor. Her şey bir yana eldeki tüm bilgilerden çıkarılabilecek tek ortak sonuç herhâlde otizmin son derece karmaşık bir bozukluk olduğu. Bu büyük bulmacanın çözümüne yönelik bilimsel gelişmeleri izlemek ise oldukça heyecan verici. Umuyoruz ki önümüzdeki yıllarda bulmacanın daha fazla parçası çözülüp büyük resim daha iyi görünür hâle gelir ve otizmli bireyler ile aileleri için ümit ışığı yakacak yeni tedavi yöntemleri geliştirilebilir. ■

Kaynaklar

https://www.newscientist.com/term/autism/

https://www.discovermagazine.com/mind/everything-worth-knowing-about-autism-spectrum-disorder

https://calteches.library.caltech.edu/4711/1/Neith-Bacterium%27s%20Best%20Friand.pdf

https://www.sciencedaily.com/releases/2019/10/191023172106.htm

https://www.discovermagazine.com/health/autisms-gut-connection-microbes-could-soon-lead-to-new-treatments

https://cosmosmagazine.com/biology/gut-bacteria-therapy-may-ease-autism-symptoms/

https://cosmosmagazine.com/science/biology/could-gut-bacteria-help-us-deal-with-fear-and-stress/

https://www.autismspeaks.org/science-news/identical-twins-autism-differ-significantly-severity-social-traits#:~:text=The%20researchers%20found%20that%20nearly,twins%20had%20significantly%20different%20scores.

https://iancommunity.org/autism-twins-study



Tekno-Yaşam

Gürkan Caner Birer [*teknoyasam@tubitak.gov.tr*

Bilgisayar Korsanları Su Şebekesine Saldırdı

Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) Oldsmar şehrinde içme suyu sistemine giren bilgisayar korsanları, suya karıştırılan kimyasal maddelerin düzeyini tehlikeli olabilecek seviyeye yükseltti. Güvenlik görevlileri konuyu araştırmaya devam etse de sisteme kimin sızdığı tespit edilemedi. Sisteme giren korsanlar suda bulunması gereken sodyum hidroksit düzeyini yüz kat artırdılar. Nöbetçi operatörün durumu fark edip tekrar düzeltmesiyle hayati bir tehlikenin önüne geçilse de bu tür sistemlerin güvenliğinin ne kadar önemli olduğu bir kez daha ortaya çıktı.



–
http://bit.ly/3clRmah

1 Milyar Galaksiyi İnceleyin

1 milyar galaksinin bulunduğu 10 terapiksel çözünürlüğündeki bir resim internet kullanıcılarının keşfine sunuldu. Bu görüntüde sayfayı her açtığınızda kendinizi farklı bir galakside buluyorsunuz. 2024'e kadar devam edecek projede asıl amaç Karanlık Enerji Spektrum Cihazı (DESI: The Dark Energy Spectroscopic Instrument) adı verilen bir cihazla galaksilerin arasındaki mesafeyi ölçerek karanlık enerjiyi daha iyi anlayabilmek. Bu çalışma için üç teleskop ve bir uzay teleskobuyla altı yılda 1405 gece gözlem yapıldı. Ortaya çıkan 1 petabyte (1 milyon gigabyte) verinin işlenmesi için bir süper bilgisayar kullanıldı. Sonunda elde edilen uzay haritası da ücretsiz olarak meraklıların kullanımına sunuldu. Galaksileri incelemek için https://viewer.legacysurvey.org adresini ziyaret edebilir ya da yandaki kare kodu akıllı cihazınızdaki barkod okuyucuya gösterebilirsiniz.



–
https://bit.ly/2OgrtAS

Ispanaktan Gelen Bir E-postanız Var

Bilim insanlarının ıspanak yapraklarına yerleştirdikleri nanosensörler patlayıcıları tespit edebiliyor, bununla da kalmayıp tehlike durumunda yetkililere e-posta gönderiyor. *Nature* dergisinde yayımlanan bir makaleye göre, Massachusetts Institute of Technology'den Prof. Dr. Michael Strano'nun liderliğindeki bir grup bilim insanın yürüttüğü araştırmada amaç bitkilere elektronik sistemler yerleştirerek onlara yeni yetiler kazandırmak. Bitki nanobiyoniği olarak da adlandırılan bu alanda birçok çalışma yapılıyor. DARPA gibi savunma kuruluşları çevreye yayılan tehlikeli kimyasal maddelerin veya patojenlerin tespiti için benzer programlar yürütüyor. Bu araştırmada ise ıspanak kökünde yer alan sensörler yer altı suyunda bulunan nitroaromatikleri tespit etmek için kullanılıyor. Bu kimyasallar çoğunlukla mayın gibi patlayıcılardan yayılıyor. Nitroaromatik karışmış sular bitki kökü tarafından emilerek yaprağa yerleştirilen karbon tüplere ulaştığında dışarıdan yaprağa doğru tutulan lazer ışığın etkisiyle bu tüpler floresan ışık yayıyor. Bitkiyi izleyen kızılötesi kamera bu yayılan sinyali tespit ettiğinde ilgili kişilere e-posta gönderiyor. Böylece bitki köküne ulaşan madde 10 dakika içinde tespit edilebiliyor. Her ne kadar bu çalışma patlayıcılara odaklanmış görünse de çevreye zararlı farklı kimyasalların da bu şekilde tespit edilmesi mümkün. Daha önce egzotik bazı bitkilerde benzer çalışmalar yürüten araştırmacılar, bu defa yaygın olarak bulunan ıspanak gibi sıradan bir bitkiyi seçerek kullanılan yöntemin pratik bir biçimde uygulanabileceğini göstermek istemişler. Bu tür çalışmalar bitkilere yeni yeteneklerin kazandırıldığı bir geleceğin bizi beklediğini gösteriyor.

–
http://bit.ly/e-ispanak



Otomobil Üreticileri Çip Sıkıntısı Yaşıyor

COVİD-19'un tüm dünyada ekonomik ilişkileri alt üst ettiği herkesin malumu ama yine de pandemi dolayısıyla otomobil üreticilerinin mikroçip sıkıntısı yaşadığını duymak biraz şaşırtıcı görünüyor. Çip temin edilememesi nedeniyle Toyota Çin'deki, Fiat Chrysler Meksika'daki, Ford ABD Louisville'deki fabrikalarında üretimi geçici olarak durdurma kararı aldı. Volkswagen da benzer sorunlar yaşadığını duyurdu. Arabaların teknoloji düzeyi arttıkça mikroçiplere olan bağımlılığı da artıyor. Elektrikli otomobillerin de yaygınlaşmasıyla, otomobiller artık yürüyen bir bilgisayara dönüşüyor, bu da mikroçip bağımlılığının daha da artması anlamına geliyor. Öyle ki otomobil üreticileri toplam 429 milyar dolarlık yarıiletken pazarının %10'unu oluşturuyor.

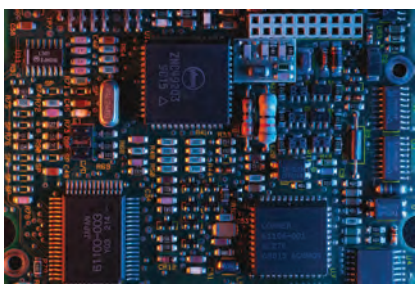
Bununla birlikte, pandemi dolayısıyla telefon, tablet, bilgisayar, PlayStation ve Xbox gibi ürünlere olan talep hayli arttı. Bu nedenle mikroçip üreticileri siparişleri yetiştirmekte zorluk çekiyor, hatta bazı üreticiler yeni siparişler için 40 haftayı bulan bekleme süresi veriyor. Dolayısıyla ABD ve Almanya gibi ülkelerdeki otomobil üreticileri yerli çip üretim tesislerinin kurulması için hükümetlerine çağrı yapmaya başladı.

Diğer taraftan, elektrikli otomobillerin yaygınlaşması petrol şirketlerinin de stratejilerini gözden geçirmesine neden oluyor. Ünlü petrol firması Shell önümüzdeki on yıl içerisinde petrol üretimini %55 azaltacağını açıkladı. Bunun yerine elektrikli otomobil şarj istasyonlarına yatırım yapmayı planlayan firma, 2025'e kadar 500.000 elektrik şarj istasyonu kurmayı hedefliyor.

_

http://nyti.ms/2NkQ6f0

http://on.wsj.com/30OZScA



Atık Plastikten Beton Üretimi

Kenya'da Nzambi Matee adındaki bir kadın girişimci, geri dönüştürülemeyen ve çevreyi kirleten plastikleri faydalı şekilde kullanabilmek için bir proje geliştirdi. Kurduğu fabrikada bu tür atıkları kaldırım döşemek için kullanılan parke taşına dönüştüren Matee günde 1500 taş üretiyor. Betondan beş kat daha dayanıklı olan malzeme, süt ve şampuan kutularıyla sepet ve ip gibi ürünlerden elde edilen polietilen ve polipropilen kullanılarak üretiliyor. Metrekare fiyatı yaklaşık 60 lira olan taşlar, yerel pazarda alıcı buluyor. Hatta girişimci daha büyük bir fabrika için çalışmalara başlamış bile. Elbette bu yöntemde de hâlâ çevreye zararlı unsurlar bulunabilir ancak yol kenarına atılmış plastik atıkların çevreye verdiği zararla kıyaslandığında daha iyi bir çözüm gibi görünüyor.

_

http://reut.rs/2OS9qAX





İyileştirilmiş Fotoğraflar

Casus filmlerinin olmazsa olmazlarından birisi, çok düşük çözünürlüklü olduğu için fazla anlaşılmayan bir görüntünün bilgisayar işlemiyle netleştirilme sahnesidir. Yakın zamana kadar bu tür sahnelerin gerçekçi olduğunu söylemek zordu. Ancak birkaç yıldır yaygınlaşmaya başlayan makine öğrenme teknikleriyle düşük çözünürlüklü bir resmi yüksek çözünürlüklü hâle getirmek kolaylaştı. Resim işlemek için yaygın bir şekilde kullanılan uygulamalardan Photoshop geçtiğimiz günlerde "Enhance" adını verdiği görüntü iyileştirme teknolojisini tanıttı. Bu teknoloji yapay zekâ tekniklerinden faydalanarak bir resmin çözünürlüğünü iki katına çıkarabiliyor. Gayet başarılı çalışan bu teknik özellik, dergi gibi basılı mecralarda kullanılacak düşük çözünürlüklü fotoğraflar için hayli faydalı. Üstelik benzer özellikler sunan Pixelmator ve Topaz Gigapixel gibi ticari ürünlerin yanı sıra Cupscale ve Waifu2x gibi açık kaynak alternatifler de mevcut.

Elbette bu tür teknolojilerde aslında detaylar ortaya çıkarılmıyor, sadece görüntüde tam belli olmayan kısımlar geçmişteki benzer resimler dikkate alınarak düzenleniyor. Yani bu teknik, düşük kalitedeki bir resmin iyi bir ressam tarafından daha yüksek kalitede yeniden çizilmesi gibi düşünülebilir. Orijinal resimde belli olmayan ayrıntılar, ressam tarafından tahmin üzere eklenebilir. Bir başka deyişle, görüntünün aslında bulunan ama resme yansımayan bir ayrıntının bu tür bir teknikle ortaya çıkarılması mümkün değil. Mesela plakası hiç belli olmayan bir aracın bulunduğu görüntünün, bu tür bir teknolojiyle büyütülerek plakasının ortaya çıkarılması söz konusu olamaz. Yine de yapay zekâ yardımıyla görüntü iyileştirmenin özellikle basılı mecrada kullanılacak görseller için çok faydalı bir teknoloji olduğu söylenebilir.

–
http://bit.ly/iyilestir



Orijinal fotoğraf tam boyutunda



İki kat iyileştirilmiş fotoğraf tam boyutunda



X, Y, Z Kuşağı...

Peki ya Ötesi?

Kübra Bal Çetinkaya [*TÜBİTAK*

Anneannen, annen ve sen... Neden üçünüz de dünyaya farklı pencerelerden bakıyorsunuz? Hiç düşündünüz mü? Cevabın muhtemelen "kuşak farkı" olacaktır. Peki ya kardeşinle arandaki fikir ayrılıklarının nedeninin de kuşak farkı olabileceği hiç aklınıza geldi mi? Bunu açıklamak için öncelikle kuşak, nesil veya jenerasyon kelimelerinin ne ifade ettiğini açıklayalım.

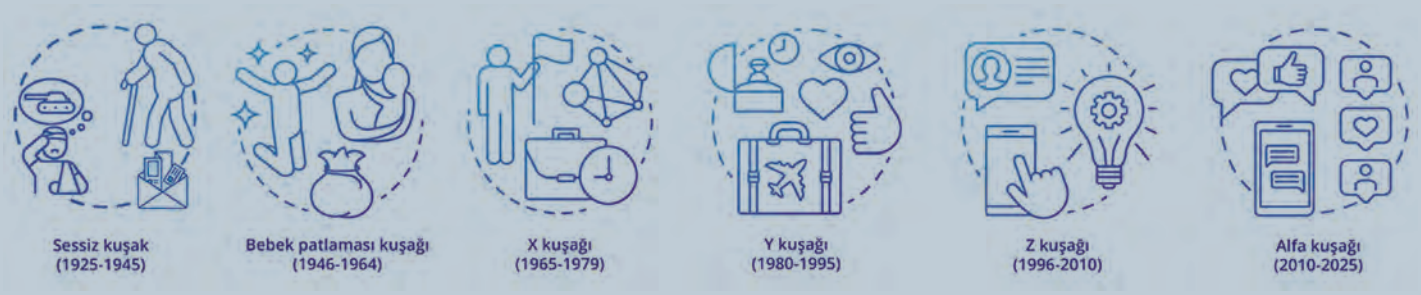
Kuşak, diğer bir deyişle nesil veya jenerasyon kelimeleri biyolojik ve sosyolojik (toplumsal) açıdan tanımlanabiliyor. Biyolojik olarak ebeveynlerin doğum tarihi ile çocuklarının doğum tarihleri arasındaki süre "kuşak" olarak ifade ediliyor. Ancak günümüzde ortalama çocuk sahibi olma yaşı geçmişteki ile aynı değil. Bu nedenle ortak bir kuşak tanımı yapabilmek için kuşak ifadesinin sosyolojik tanımını da dikkate almak gerekiyor. Sosyolojik açıdan kuşak; belirli bir zaman aralığı içinde doğmuş, benzer tarihî ve sosyal olaylara tanıklık etmiş, belirli olay ve olgulara yönelik ortak bir fikir, dünya görüşü ve deneyime sahip bir grup insanı ifade ediyor.





Şu Anda Kaç Kuşak Hayatta?

Bilim insanları farklı görüşlere sahip olsa da genel olarak her 15 yıl bir kuşak dönemi olarak tanımlanıyor. Buna göre şu anda hayatta olan altı kuşak var.



Alfa kuşağını ise 2025 yılından itibaren Beta kuşağı, ardından ise Gama ve Delta kuşakları takip edecek.

Her toplum için ortak bir kuşak tanımı yapmak hayli zor. Peki ama neden? Çünkü her ülkenin belirli dönemlerde yaşadığı deneyimlerin farklı olması ve ülke içinde farklı sosyal yapıların bulunması nedeniyle bu araştırmalarda tutarlı sonuçlar elde edilemiyor. Ancak bu durum Alfa kuşağı için farklı olabilir. Çünkü Alfa kuşağı için dünyanın fiziksel sınırları neredeyse ortadan kalkmış durumda. Onlar dünyanın farklı coğrafyalarında olsalar da aynı filmi izleyip, aynı müziği dinleyip, aynı dünya gündemini takip edebiliyor. Dolayısıyla önceki kuşaklardan farklı olarak Alfa kuşağını tanımlamak için daha tutarlı öngörüler yapılabilir.



Geleceği Şekillendirecek Kuşak: Alfalar

Peki, beş yıl içinde yaklaşık 2 milyara ulaşacak nüfusu ile tarihteki en büyük popülasyona sahip kuşak olacak ve geleceği şekillendirecek Alfa kuşağı kimlerden oluşuyor?







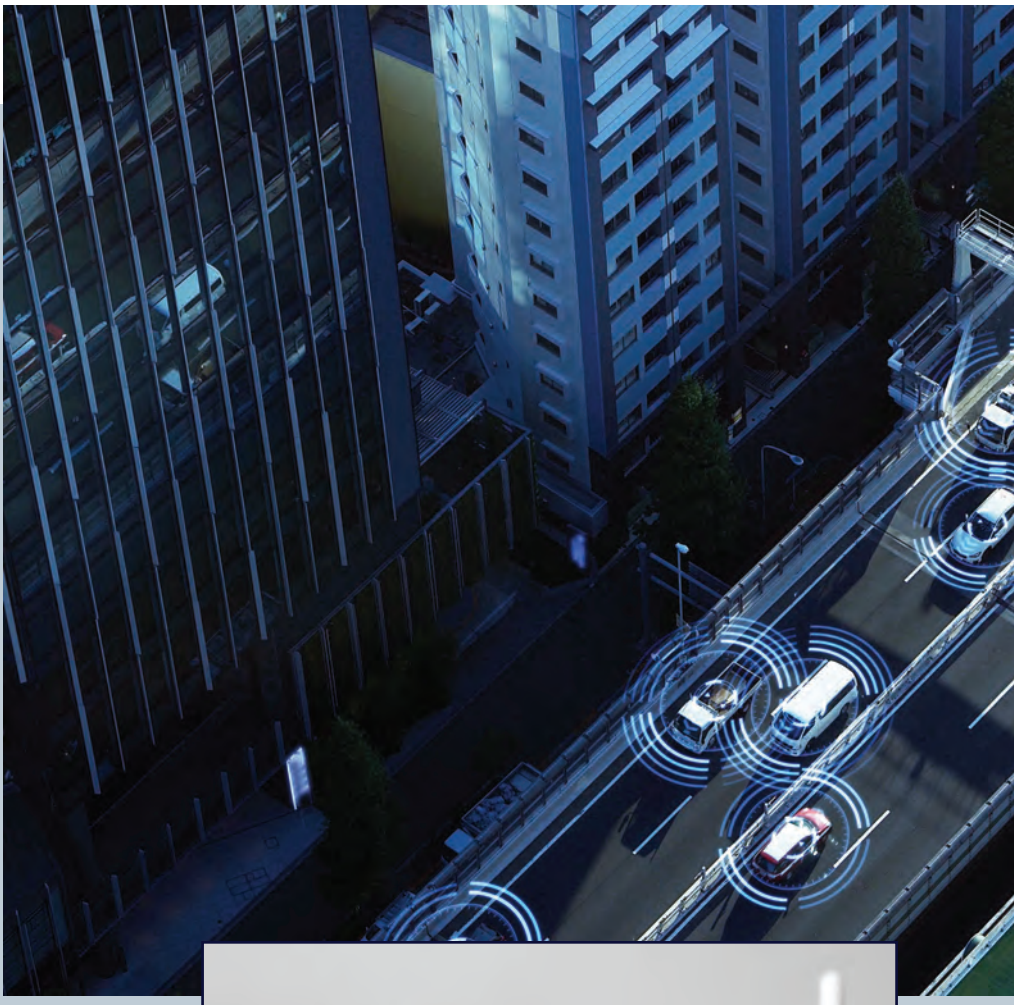
Alfalar, küresel kuşak veya ekran kuşağı olarak da isimlendiriliyor. Alfa kuşağının tüm bireyleri yeni bir yüzyılda doğdu. Bu nedenle öncekilerden tamamıyla farklı bir kuşak olarak görülüyorlar. Kuşaklarla ilgili çalışmalar yürüten araştırmacılar X, Y ve Z kuşaklarından sonra bu kuşağı, alfabenin başına dönüp A, B veya C harfleri ile ifade etmediler. Çünkü bunun eskiye dönüşü ifade ettiği düşünülebilirdi. Tüm bireyleri ile yeni yüzyılın nesli olması nedeniyle yeni bir başlangıç olarak görülen Alfa kuşağı, adını Yunan alfabesinin ilk harfi olan Alfa'dan alıyor.

Alfa kuşağının en büyüğü şu an 10 yaşında. Y kuşağının çocukları olan Alfalar, Gama kuşağının (2040-2054) da ebeveynleri olacak.

Alfalar internetin hayatın her alanında olduğu bir dünyaya geliyor. Alfa kuşağının bütün bireyleri muhtemelen 5G, yapay zekâ, otonom araçlar, akıllı saat, Siri, Airpod kulaklıklar, iPad, Instagram, Snapchat gibi dijital teknolojileri yaşamlarının vazgeçilmez bir parçası olarak görecek.

Alfa kuşağından önceki dönemlerde savaşlar, sonrasında artan doğum oranları, yaşanan ekonomik krizler, internetin icadı, bilginin dünyanın farklı yerlerindeki farklı kişiler tarafından ortaklaşa oluşturulabilmesi kuşakların yaşam tarzını belirlemişti. Alfaların yaşam tarzını belirleyen en etkili unsur ise teknoloji.

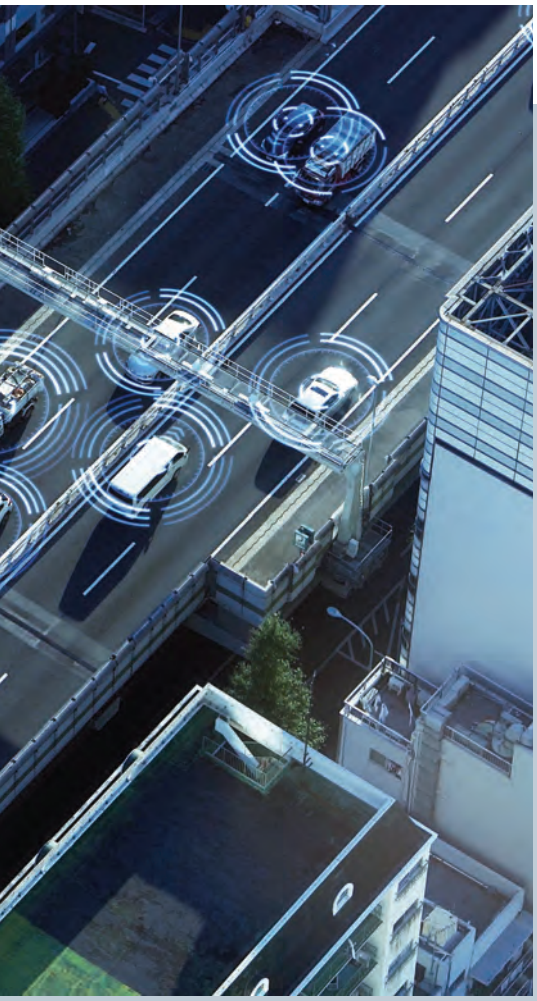
Günümüzde teknoloji çok hızlı şekilde gelişiyor. Şu anda Alfa kuşağı bu gelişime çok hızlı şekilde uyum sağlıyor. Ancak geçmişte durum öyle değildi. Örneğin radyonun 50 milyon kullanıcıya ulaşması için 38 yıl geçmesi gerekmişti. Televizyon 13 yıl, iPod 4 yıl, internet 3 yıl, Facebook 1 yıl, Twitter 9 ay ve Pokemon Go ise sadece 19 gün içinde 50 milyon kullanıcıya ulaştı.





Alfa kuşağı ekran kuşağı olarak da adlandırılıyor. Çünkü dijital ekranlar Alfa kuşağı için bazen emzik, bazen eğlence aracı, bazen de eğitim materyali işlevi görüyor. Ancak ekran teknolojilerinin Alfa kuşağını nasıl etkileyeceği henüz tam olarak bilinmiyor.

Alfa kuşağının ebeveynlerinin yaşı önceki kuşaklar kadar küçük değil. Çok fazla kültürel çeşitlilikle karşılaşıyorlar, sosyoekonomik durumları geçmişe göre daha iyi, eskiye oranla daha az bireyden oluşan çekirdek aile yapısı içinde büyüyorlar ve daha uzun yaşam beklentisine sahipler. Alfa kuşağının yetiştirilme şekli de ön-







ceki kuşaklardan farklı. Örneğin Alfa kuşağının ebeveynleri olan Y kuşağı sık sık iş değiştiriyor, çocuk bakımında teknolojik cihazlardan ve aile dışındaki insanlardan destek alıyor.

Alfalar hakkında en doğru bilgi ise onların gelişim dönemlerinin araştırılmasıyla elde edilebilir. Bu amaçla yapılan çalışmalar Alfa kuşağının ekrana daha fazla maruz kalacağını, dikkat sürelerinin daha kısa olacağını, dijital okuryazarlık becerilerinin gelişmiş olacağını gösteriyor. Ancak daha az insanla temas kuracakları için muhtemelen sosyal beceriler konusunda aynı performansa sahip olamayacaklar. ■



Kaynaklar

Mccrindle, M., "The ABC of XYZ.", Norwest: McCrindle Research Pty. Ltd., 2014.

McCrindle, M., Fell, A., "Understanding Generation Alpha.", Norwest: McCrindle Research Pty. Ltd., 2020.

Jha, A., "Understanding Generation Alpha.", *OSF Preprints, 2020.*

Nagy, A., Kölcsey, A., "Generation Alpha: Marketing or Science.", *Acta Technologica Dubnicae.* Cilt 7, Sayı 1, s. 107-115, 2017.

https://2qean3b1jjd1s87812ool5ji-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/images/GenZGenAlpha.pdf

https://mccrindle.com.au/insights/blogarchive/gen-z-and-gen-alpha-infographic-update/



Merak Ettikleriniz

Mesut Erol | *merak.ettikleriniz@tubitak.gov.tr*

Neden Saçlarımızda Kepek Oluşur?

İnsanlığın yaklaşık yarısının muzdarip olduğu kepek probleminin belirlenebilmiş ilk örneği 125 milyon yıllık bir fosile dayanıyor. Günümüzde Çin sınırlarında kalan bir bölgede yaşayan Microraptor türü (karga boyutlarında ve havada süzülebilen) bir dinozordan arta kalan fosillerde tarihin ilk kepek örnekleri 2018 yılında keşfedildi. Bebekliğimizden itibaren saç derimizi mesken edinen *Malassezia* türü mantarlar cildimizdeki protein ve yağlar ile beslenir. Bu mantarların özellikle kafa derimizi tercih etmesinin sebebi ise saç köklerimizin yer aldığı foliküllerde yağlı sebum salgısının bol miktarda bulunmasıdır.

Malassezia mantarları ürettikleri lipaz enzimleri ile sebumdaki yağları parçalar. Ancak sadece düzgün yapıdaki doymuş yağ asitlerini tüketebildikleri için fazladan karbon bağları yüzünden bükülmüş yapıdaki doymamış yağ asitlerini atık olarak bırakırlar. İnsanların bir kısmında, kafa derisine saplanan bu yağ artıkları vücudun savunma mekanizmasını harekete geçirir.

Normal şartlar altında, derimizin en üst katmanı olan epidermisteki kuru ve görece sert ölü hücreler yaklaşık bir aylık süreçte alttan gelen daha yeni hücrelerin etkisiyle ciltten uzaklaştırılır. Olağan süreçte bu dökülen parçalar gözle görülemeyecek kadar küçüktür. Ancak mantar artıkları yüzünden savunma mekanizması devreye girdiğinde bu döngü hızlanarak bir haftaya kadar düşebilir. Bu hızda üst derideki hücreler, tek tek dökülecekleri koşullar oluşmadığı için, yüzlerce hücrelik kitleler hâlinde gözle görülebilecek boyuttaki kepek tanelerini meydana getirir.

Kepek oluşturan bünyelerde üretilen kepek miktarı zamanla değişen hormonal aktiviteye bağlı olarak şekilleniyor. Çünkü hormonların etkisiyle kafa derisindeki sebum miktarı değişebiliyor. *Malassezia* mantarları tüm insanlarda bulunmasına rağmen neden sadece bazı insanlarda kepek oluştuğu ise henüz kesin olarak bilinmiyor.

Bilim insanları kepek sorununa çözüm sunmak için mantarların insan bağışıklık sistemi ile iletişimde kullandıkları oksilipin adlı kimyasalı baskılayacak formüller üzerinde duruyor. Şimdilik, mantar aktivitesini azaltan şampuan gibi bakım ürünleri kepekle mücadelede yeterince etkin diyebiliriz.

Bazı bilim insanları da bulaşıcı olmayan ve ciddi bir sağlık sorunu olarak değerlendirilmeyen kepekleri üreten mantarların, cildimizi daha yüksek tehlike potansiyeli bulunan *Staphylococcus aureus* gibi bakterilerden koruduğunu düşünüyor. 2016 yılında yayımlanan bir çalışmada ise kafa derisindeki iki mikroorganizma türünün de kepek oluşumunda etkin olduğu öne sürülüyor.

Kaynaklar

livescience.com/62672-worlds-oldest-dandruff-found-in-microraptor.html

newscientist.com/article/2087955-got-dandruff-the-bacteria-living-on-your-head-might-be-to-blame

ted.com/talks/thomas_l_dawson_what_causes_dandruff_and_how_do_you_get_rid_of_it

Üzüm Üzüme Baka Baka Nasıl Kararır?

Ebeveynlerin arkadaşlıkta huy kapma eğilimine vurgu yapmak için sıklıkla kullandığı "Üzüm üzüme baka baka kararır" atasözü bilimin doğasının temel kavramlarından gözlem yapmaya güzel bir örnek teşkil ediyor. Atalarımızın, olgunlaşma sürecinin biyokimyasal yolakları henüz keşfedilmeden önce gözlemleri sonucu ifade ettikleri bu söz, gerçekliği küçük bir eksikle de olsa yakalıyor: meyveler birbirlerine "bakmak" yerine birbirlerini "koklayarak" olgunluklarını paylaşıyor.

Modern meyve olgunlaştırma tekniklerinin uygulanmaya başlanmasından binlerce yıl öncesinde dahi insanlar farkında olmadan meyve olgunlaştırıcı gaz moleküllerini kullanıyordu. Örneğin, Çinli çiftçiler kapalı odalarda sakladıkları armutları tütsüleyerek, Eski Mısırlılar ise olgunlaşarak yarılmış incirler yardımıyla ham incirleri olgunlaştırıyordu.

1901 yılında, 17 yaşındaki Rus bilim insanı Dimitri Nelyubov, bezelye yetiştiriciliği üzerine yaptığı deneylerde, sokakları ve laboratuvarını aydınlatan gaz lambalarından çıkan bir gazın olgunlaşmayı anormal derecede hızlandırdığını fark etti. Otuz beş yıl kadar sonra, etilen adı verilen bu gazın bitkiler tarafından da üretilen uçucu bir hormon olduğu anlaşıldı.

Bitki hormonlarının çoğu iletim dokuları aracılığı ile hedeflerine ulaşırken, gaz hâlinde salgılanan tek hormon olan etilen, hava yardımıyla bitkinin tüm organlarına ve komşularına gönderilir. Sistematik ismiyle *eten* olarak da bilinen etilen molekülü, bitkinin neredeyse tüm dokularında üretilir. Ağırlıklı olarak yaprak ve meyvelerin büyümesi, yaralanması veya dökülmesi sırasında üretilen etilen hormonuna karşı bitkiler son derece hassastır. Öyle ki yüz milyon molekül içeren bir gaz kümesinde tek bir etilen molekülü bulunsa dahi buna yanıt verebilecek hassasiyettedirler.

Meyvenin büyümesi sırasında üretilen etilen hormonu, olgunlaşmayı baskılayan genleri devre dışı bırakarak meyveyi daha çekici hâle getirecek enzimlerin çalışmaya başlamasına olanak sağlar. Örneğin, pektinaz enzimi hücre duvarlarını parçalayarak meyvenin yumuşamasını sağlarken amilaz enzimi ise depolanan nişastayı daha basit şekerlere dönüştürerek meyveyi tatlandırır.

Toplandıktan sonra da etilen etkisiyle olgunlaşmaya devam eden meyvelere "klimakterik meyve" denir. Muz, elma, armut ve şeftali gibi meyveler klimakterik meyvelerdendir. Üzüm ise klimakterik olmayan meyveler sınıfındadır. Yani üzüm üzüme baka baka kararmaya ancak asma ağacından toplanıncaya dek devam edebilir.



Kaynaklar

Öktüren, F., Sönmez, S. (2005). Bitki Besin Maddeleri ve Bazı Bitki Büyüme Düzenleyicileri (Hormonlar) Arasındaki İlişkiler. *Derim*, 22(2) 20:32

scientificamerican.com/article/origin-of-fruit-ripening

smithsonianmag.com/arts-culture/the-peas-that-smelled-the-leaky-pipe-110510118

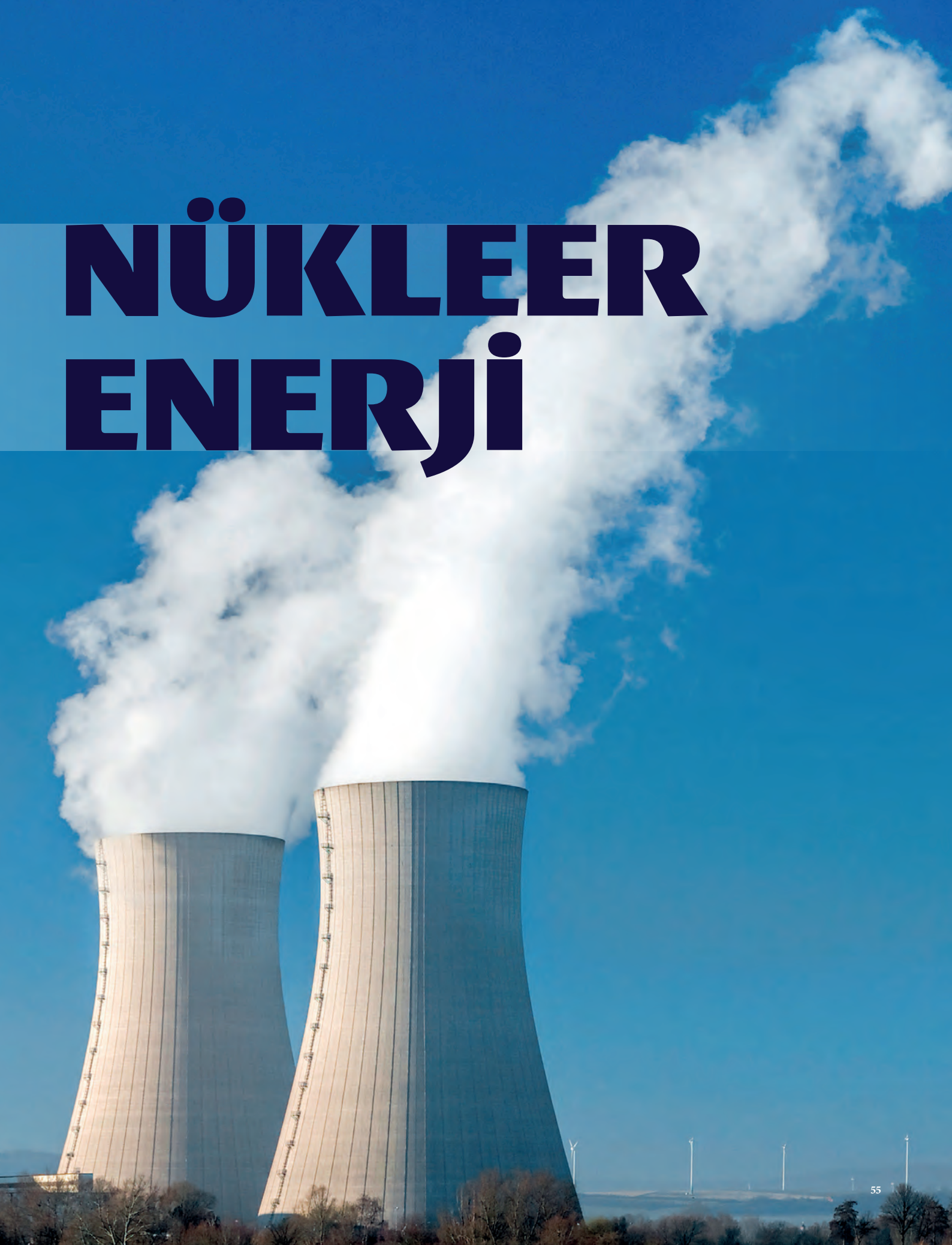
UZUN DÖNEMLİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR BİR ENERJİ STRATEJİSİ OLARAK

Prof. Dr. Uğur Çevik [*Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Atom ve Molekül Fiziği ABD*

Nükleer sistem, yüksek enerji üretim kapasitesi ve düşük karbon salımı imkânıyla enerji dünyasına açılan önemli bir sayfadır. Nükleer enerji serüveninin dünden bugüne geldiği nokta ve Türkiye'nin bu serüvende üstleneceği rol, sürdürülebilir enerjinin geleceği açısından son derece önemlidir.



NÜKLEER ENERJİ



Nükleer Teknoloji ve Nükleer Enerji

1789 yılında Alman kimyager Martin H. Klaproth (1743-1817) tarafından uranyumun keşfi nükleer çalışmaların ilklerinden biri olsa da 1895 yılında Alman Fizikçi Wilhelm Conrad Röntgen'in (1845-1923) X ışınlarını keşfetmesi nükleer fiziğin başlangıcı kabul edilir. Bu keşif ile başlayan bilimsel gelişmeler, II. Dünya Savaşı'nın (1939-1945) sonunda atom bombasının kullanılmasına kadar büyük ilerlemeler kaydetti. 1953 yılında ise Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'nda ABD Başkanı Dwight D. Eisenhower'ın "barış için atom" önerisi, nükleer gücün enerji alanında refah ve gelişim için kullanılmasının başlangıcı oldu ve akabinde 1957 yılında Uluslararası Atom Enerji Ajansının kurulmasına zemin hazurladı. O yıllarda başlayan ve günümüze kadar devam eden süreçte nükleer teknoloji insanlığın refahı için kullanılageldi.

Tarihsel Süreç

Wilhelm Conrad Röntgen, bir Crookes tüpünü indüksiyon bobinine bağlayarak içinden yüksek gerilimli elektrik akımı geçirdiğinde tüpten oldukça uzakta duran bir cam kavanozun içindeki baryum platinosiyanür kristallerinde birtakım parıldamaların oluştuğunu gözlemledi ve bunlara neden olan ışınlara (o zaman bilinmedikleri için) X ışınları adını verdi. X ışınlarını keşfi ile de 1901 yılında ilk Nobel Fizik Ödülü'nü aldı. Değişik cisimlerin bu ışınları farklı oranlarda geçirebildiğini, kurşun plakalarınsa ışınları geçirmediğini gözlemleyen Röntgen, içinde fotoğraf plağı bulunan bir kasetin üzerine eşi Anna Bertha Ludwig'in elini yerleştirerek parmak kemiklerinin ve yüzüğünün görüntüsünü elde etti.



Şekil 1. 1895 yılında Wilhelm Conrad Röntgen'in X ışınları kullanarak elde ettiği görüntüde eşi Anna Bertha Röntgen'in eli ve yüzüğü görünüyor.



X ışınlarının keşfinden etkilenen Fransız Fizikçi Antoine Henri Becquerel (1852-1908), bu ışınlar ile fosfor ışınımı arasında bir ilişki olup olmadığını anlamaya çalıştı. Bunun için farklı fosforesan maddeleri güneş ışığına tuttuktan sonra bu maddeleri siyah kâğıda sarılmış bir fotoğraf camının üstüne koyacak ve ışının kâğıdı geçerek camı etkileyip etkilemediğini kontrol edecekti. Becquerel, havanın yağmurlu olmasından dolayı uranyum tuzlarını birkaç gün güneş ışığına maruz bırakamadı. Güneşin açmasını beklediği bu günlerde siyah kâğıda sarılı film ve üstüne konmuş uranyum bileşiği çekmecesinde tuttu. Daha sonra filmi banyo edince uranyum kristalinin güneş ışığına maruz kalmadığı hâlde film üzerinde iz bıraktığını gördü. Becquerel, bu ışınları siyah kâğıdı geçip fotoğraf camını kararttıkları için (X ışınlarına benzer şekilde) görünmez bir ışın olarak tanımladı. Deneyleri tekrarlayınca, Güneş'e maruz bırakmaya gerek olmadığını ve uranyum tuzlarının kendiliğinden ışın yaydığını anladı, böylece 1896 yılında doğal radyoaktiviteyi keşfetti.





Marie Curie ve Pierre Curie.

Marie Curie (1867-1934) ve Pierre Curie (1859-1906), aynı yıllarda maddenin keşfedilen bu yeni özelliğini incelediler. Marie Curie, ilk olarak farklı uranyum bileşiklerinin radyasyonunu ölçerek bunun uranyumun atomik yapısından kaynaklanan bir özelliği olduğunu kanıtladı. Daha sonra bilinen diğer elementleri inceleyerek benzer özelliğe sahip başka elementler olup olmadığını araştırdı. İlk olarak toryum bileşiklerinin uranyum gibi ışıma yaydığını ve bunun elementin atomik yapısından kaynaklandığını keşfetti. O gün için yalnızca uranyum ve toryum elementlerinde gözlenen bu yeni özellik için "radyoaktivite" adını önerdi (1898). Curie'ler uranyum içeren ancak uranyumdan daha aktif olan katranlı cevher üzerinde çalışmaya başladılar ve katranlı cevher içinde en az iki yeni radyoaktif element olduğunu keşfettiler (sonradan bunların polonyum ve radyum olduğu anlaşıldı). Madam Curie, bir uranyum fabrikasından çıkan yaklaşık 1 ton katranlı cevher atığını işleyerek radyumu arındırmayı ve yeni bir element olduğunu kanıtlamayı başardı (1902). Curie'ler ile Becquerel doğal radyoaktive üzerine yaptıkları çalışmalarla 1903 yılında Nobel Fizik Ödülü'ne layık görüldüler.



Irene Joliot-Curie ve Frederic Joliot-Curie

Irene Joliot-Curie (1897-1956) ve Frederic Joliot-Curie (1900-1958), 1934 yılında yaptıkları çalışmalarla yapay radyoaktiviteyi keşfettiler. Joliot-Curie'ler alüminyum yaprağını alfa parçacıkları ile bombardıman ettiklerinde radyoaktif kaynak hedeften uzaklaştırıldığında dahi alüminyumun radyoaktif özellik gösterdiğini gözlemlediler. Böylelikle kararlı elementlerin de yapay olarak radyoaktivite kazanabileceğini göstererek yapay radyoaktiviteyi keşfettiler ve bu buluşları nedeniyle 1935'te Nobel Fizik Ödülü'nü almaya hak kazandılar.

1897'de İngiliz fizikçi Joseph John Thomson (1856-1940), katot ışınları ile yaptığı deneyler sonucu atomların yapısında elektronların da olduğunu keşfetti. Böylece o güne kadar bölünemez olarak düşünülen atomun içyapısının araştırılmasına yönelik çalışmaların hız kazanmasına yol açtı. Thomson buluşu ile 1906 yılında Nobel Fizik ödülünü almaya hak kazandı. Nükleer fiziğin öncüsü olarak anılan Ernest Rutherford (1871-1937), radyoaktivite ile ilgili yaptığı çalışmalarla 1899 yılında iki farklı ışıma keşfetti ve bu ışımalara neden





Joseph John Thomson



Hans Geiger

olan parçacıkları birbirinden ayırt etmek için onları “alfa” ve “beta” olarak adlandırdı. Hemen akabinde 1900 yılında Paul Ulrich Villard (1860-1934), radyumdan yayılan ışımayı incelerken “gama” ışınlarını keşfetti.

1910 yılında Hans Geiger (1882-1945) ve Ernest Marsden (1889-1970), Ernest Rutherford başkanlığında yaptıkları meşhur alfa saçılma deneyi sonuçlarına dayanarak merkezinde pozitif yüklü bir çekirdeğin olduğu atom modelini geliştirdiler. Rutherford daha sonra Frederick Soddy (1887-1956) ile radyum kaynağından salınan alfa parçacıklarını azot atomlarına çarptırdı ve bu sırada alfa parçacıklarının beklenenden daha uzun menzilli ışımalar yaptığını gözlemledi. Bu ışımaları açıklayabilmek için bir dizi deney gerçekleştirdiler ve sonuçta daha uzun menzilli bu ışımaların nedeninin hidrojen çekirdeği olduğuna karar verdiler. Böylelikle azot atomlarının oksijen atomuna dönüşebildiğini göstererek ilk yapay çekirdek dönüşümünü gerçekleştirdiler (1919).

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}\alpha \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$$

Rutherford, artı yüklü hidrojen çekirdeğine “proton” adını verdi ve bu parçacığın tüm atomların çekirdeklerinde bulunan temel bir yapı taşı olduğunu keşfetti (1920). Çekirdeği ve protonu keşfeden Rutherford, bu parçacıkların tek başlarına çekirdeğin kütlesini oluşturamayacaklarını da fark etti ve çekirdekte protonların kütlesi kadar bir kütleyi sağlayacak yüksüz parçacıklar da olması gerektiğini öngördü. James Chadwick (1891-1974), bazı çekirdek tepkimeleri üzerinde yaptığı araştırmalar sonucunda, çekirdekte protonlardan başka taneciklerin de bulunduğunu deneylerle belirledi (1932). Chadwick, önce bir berilyum levhayı α tanecikleri ile bombardıman etti. Bunun sonucunda berilyum metali, α ışınlarına benzeyen çok yüksek enerjili ışınlar yayınladı. Daha sonraki deneyler bu ışınların protonun kütlesinden biraz daha büyük bir kütleye sahip elektrik yükü taşımayan yüksüz taneciklerden oluştuğunu gösterdi. Chadwick, bu taneciklere “nötron” adını verdi ve bu sayede 1935’te Nobel Fizik Ödülü’nü aldı.

$$^{4}_{2}\alpha + ^{9}_{4}Be \rightarrow ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n$$

1905 yılında Albert Einstein (1879-1955), özel görelilik teorisini çalışırken elde ettiği $\Delta E=mc^2$ formülüyle kütle ve enerji arasındaki ilişkiyi ortaya çıkardı. Bu eşitlik, atomun çekirdeğinde yatan büyük enerjiyi keşfetmeye duyulan ilgiyi artırdı. Rutherford’un daha hafif atomların çekirdek yapılarını parçalayabilmek için daha bü-



yük enerjili alfa parçacıkları ya da benzer fırlatıcıların gerekliliğine dikkat çekmesinin de etkisiyle ilk doğrusal hızlandırıcıyı geliştiren John Cockcroft (1897-1967) ve Ernest Walton (1903-1995), 700 kV ile hızlandırdıkları protonları lityum atomuna göndererek onu parçalamayı başardılar. 1930'da gerçekleşen bu çalışma, yapay olarak atom çekirdeğinin ilk defa parçalanması olarak tarihe geçti. Cockcroft ve Walton bu çalışmaları ile 1951'de Nobel Fizik Ödülü'nü almaya hak kazandı. Bu çalışmanın önemli bir sonucu ise parçalanma sonucu ortaya çıkan enerjiydi, bu enerji Einstein'ın öngördüğü enerji miktarı ile örtüşüyordu.

Enrico Fermi (1901-1954), nötronların ağır elementler ile çarpıştırılmasının ilginç sonuçlar verebileceğini düşündü. Fermi, elementleri sistematik olarak bu yeni parçacıklarla bombardıman etmeye başladı. Genelde karşılaştığı şey nötronun hedef element tarafından yakalanması ve ardından beta bozunumu ile protona dönüşerek atom numarasının bir artmasıydı. O zaman için bilinen en ağır element olan uranyum (Z=92) ile bu deneyi gerçekleştirdiğinde, uranyum nitrat çözeltisini nötron kaynağının yakınına yerleştirdi ve Geiger sayacı ile beta bozunumlarını gözlemledi. Beşten fazla farklı yarılanma süresi tespit etti ve 13 dakikalık yarılanma süresine sahip radyoaktif çekirdeği kimyasal metotla ayrıştırmayı başardı. Fermi bu yeni radyoaktif çekirdeğin bilinen hiçbir elementin izotopu olmadığı, 93 ya da 94 atom numaralı yeni bir element olduğu sonucuna vardı (1934). Bu keşfi ile Fermi 1938'te Nobel Fizik Ödülü'nü aldı. Aynı yıl Alman fizikçi Ida Noddack (1896-1978), Fermi'nin ispatının yetersiz olduğunu, 13 dakikalık yarı ömre sahip radyoçekirdeğin aslında $^{101}_{43}Tc$ olduğunu iddia etti. 1938 yılında bu çarpışmaları tekrarlayan Otto Hahn (1879-1968) ve Fritz Strassmann (1902-1980) nötronların uranyumla çarpışması sonucu radyum oluştuğu sonucuna vardılar:

$$^{238}_{92}U + n \rightarrow \alpha + {}^{235}_{90}Th \rightarrow {}^{231}_{88}Ra + 2\alpha$$

Avusturyalı fizikçi Lise Meitner (1878-1968) bu sonucun olanaksız değilse de çok düşük ihtimalli olduğunu ve bu konudaki çalışmalara devam edilmesi gerektiği konusunda ısrarcı oldu. Otto Hahn ve ekibi, çalışmalarının devamında daha hafif bir element olan baryumu bulduklarını Meitner'e söylediler. Meitner, o zaman için yaygın olan kanının aksine, bunun mümkün olabileceğini düşünerek Otto





Frisch (1904-1979) ile bu konuyu tartışmaya başladı. Sıvı damlası modelini göz önünde bulundurarak nötronların uranyum çekirdeğinin parçalanmasına yol açabileceğini öngördüler. Bu teoriye göre, küresel sıvı damlası biçimindeki çekirdekte yüzey gerilimi kuvvetleri ile Coulomb itmesi dengededir. Çekirdek, bir termal nötron yakalayınca, ortaya çıkan uyarılma enerjisi meydana gelen ara çekirdekte titreşimlere neden olur ve damla küresel şekilden ayrılarak elipsoit biçimini alabilir. Yüzey gerilim kuvvetleri damlayı eski küresel biçimine getirmeye, uyarılma enerjisi ise şekli daha fazla bozmaya çalışır. Uyarılma enerjisi yeterli düzeyde değilse elipsoit, yüzey gerilimleri etkisiyle tekrar küresel biçimine döner ve uyarılma enerjisi fotonlar şeklinde salınır. Bu hâlde çekirdek parçalanması yerine ışıyıcı yakalama olayı gerçekleşir. Eğer uyarılma enerjisi yeterli büyüklükte ise damla bir ipek kozası biçimini alır ve sonunda Coulomb itmesi ile kozanın iki yuvarlağı birbirinden ayrılır ve çekirdek parçalanması gerçekleşir. Meitner ve Frisch bu olaya bir biyolog arkadaşlarından öğrendikleri "fisyon" adını verdiler (1938), fisyon öncesinde hücre bölünmesi için kullanılırdı.

Bu keşfin sonuçlarını ilk kavrayanlardan biri Macar fizikçi Leo Szilard (1898-1964) oldu. Szilard, 1933 yılında, yani fisyonun keşfinden beş yıl önce, bir nötron yuttuğunda birden fazla nötron açığa çıkaran bir atom çekirdeği bulunursa zincirleme reaksiyon gerçekleştirilebileceğini ve böylece çok büyük bir enerjinin elde edilebileceğini öngörmüştü. Meitner'den duyduğu fisyon fikrini Amerika Birleşik Devletleri'ne (ABD) taşıyan Niels Bohr'u (1885-1962) bir kongrede dinlerken Szilard aradığı atomun uranyum olabileceğini fark etti. 1939'da Fermi, Szilard, Walter Zinn (1906-2000) ve Herbert L. Anderson (1914-1988) farklı metot ile fisyon sonucu nötronların açığa çıktığını gösterdiler. Szilard, Fransız meslektaşı Frederic Joliot'ın da benzer bir sonuç elde ettiği haberini alınca ona şu satırları yazdı: "Bir nötrondan fazlası serbest bırakılabildiğine göre zincirleme bir etkinin de oluşturulması mümkündür. Bu bilgi, her halükârda -ama özellikle de bazı hükümetlerin elinde olursa- son derece tehlikeli bombaların yapımına yol açabilir."

Fisyonun termal nötronlar ile gerçekleştiği artık bilinen bir gerçekti. Bu nedenle zincirleme reaksiyonun gerçekleşebilmesi için fisyon sonrası açığa çıkan birkaç MeV enerjili nötronların enerjisinin 1 eV'un da altına indirilmesi için çalışmalar yapılıyordu. Almanya'da Walther Bothe (1891-1957) yaptığı deneyler



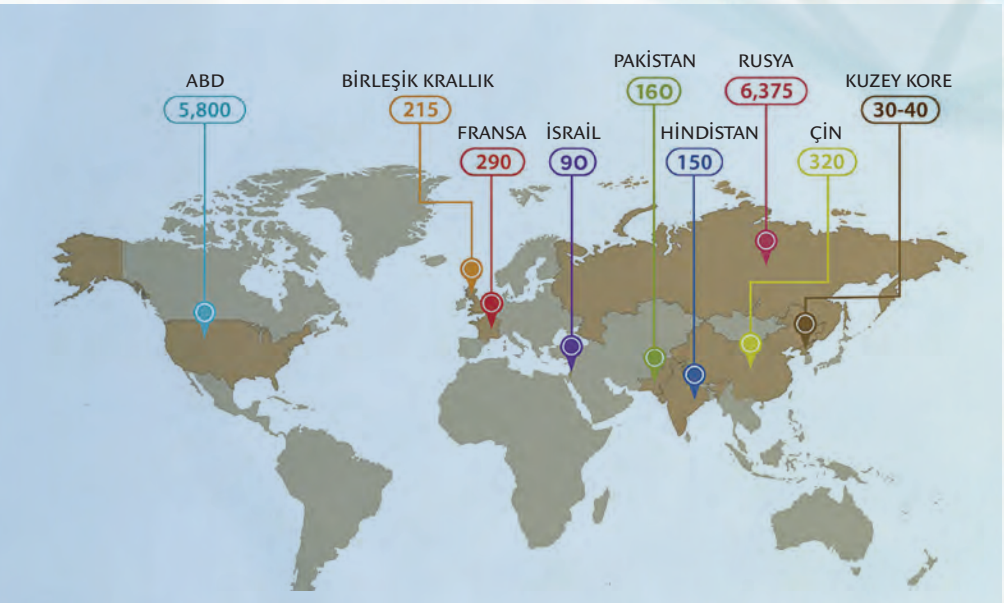
sonucunda grafitin bu amaçla kullanılamayacağını söyledi. Szilard, bu sorunun kaynağının, kullandıkları grafitin, boron içermesi olduğunu ve boronun yavaşlatılan nötronları soğurduğunu fark etti. Almanlar Bothe'nin sonucunu tartışmasız kabul ederek yönlerini ağır suya çevirdiler. O dönem Almanların nükleer çalışmalarının başında olan Werner Heisenberg (1901-1976), eğer ağır su yerine grafit kullanılsaydı atom bombasının yapılması mümkün olur muydu sorusunu, "Muhtemelen!" diyerek yanıtlamıştı.

Almanların, atom bombasını geliştirememelerinin nedenlerinden biri de kritik kütleyi yanlış hesaplamalarıydı. Heisenberg, bomba yapımı için gereken kritik kütleyi hesaplarken yanlışlık yapıp gerçek miktarın çok üstünde bir değer bulmuş ve bu miktarı elde etmenin mümkün olmayacağını düşünerek bomba yapımı konusunda isteksiz davranmıştı.

16 Temmuz 1939'da Szilard, Eugene Wigner (1902-1955) ile birlikte Einstein'ı ziyaret etti ve nükleer fisyonun tehlikeli askeri potansiyeline işaret edip Almanların bu silahları geliştirmekte olabileceğini belirttiler. Görüşme sonunda hep birlikte ABD Başkanı Franklin Roosevelt'a (1882-1945) onu bu konuda uyaran bir mektup göndermeye karar verdiler. Einstein imzasıyla yollanan mektup 11 Ekim 1939'da Roosevelt'e ulaştı. Roosevelt, uranyum komitesinin kurulmasına karar verdi (21 Ekim 1939). 6 Aralık 1941'de Roosevelt atom bombası geliştirme çalışmalarının hızlandırılmasına karar verdi. Artık Fermi'nin atom bombasını geliştirmesi için önünde hiçbir maddi engel kalmamıştı. Çalışmalar Chicago Üniversitesinde bir yıl sonra ilk meyvesini verdi ve 2 Aralık 1942 tarihinde ilk nükleer zincir reaksiyon gerçekleştirildi. Zincirleme nükleer reaksiyon başarıldığına göre, geriye uranyum bombasını yapmak kalmıştı. Bu son adım için çalışmaların yeni adresi Los Alamos oldu ve projenin bilimsel yöneticiliğine Robert Oppenheimer (1904-1967) getirildi. Proje, 16 Temmuz 1945'te amacına ulaştı ve dünya tarihinin ilk atom bombası New Mexico çölünde patlatıldı.

Zincirleme reaksiyonu yıllar öncesinden öngören Szilard atom bombasının kullanılmasının neden olacağı sonuçları da gayet iyi öngörebiliyordu. Bu nedenle bombanın kullanımının neden olacağı tahribatı anlatmak için devrin ABD Başkanı Harry Truman'a (1884-1972) ulaşmaya çalıştı ancak başarılı olamadı. 6 Ağustos 1945'te Hiroşima'ya 64,1 kg zenginleştirilmiş uranyum bulunan Little Boy, 9 Ağustos 1945'te ise Nagazaki'ye 6,2 kg plütonyum bulunan Fat Man atıldı. Hem Hiroşima'da hem de Nagazaki'de yüz binlerce kişi patlama anında öldü, sağ kalanlar ise yayılan radyasyon sonucu zarar gördü.

ABD'nin fisyon tipi nükleer patlamayı gerçekleştirmesinden 4 yıl sonra, 1949'da Rusya, arkasından İngiltere, Fransa ve Çin atom bombalarını patlattılar. Yeni nükleer silah geliştirme ve denemeleri günümüzde de devam ediyor. Şekil 2'de nükleer savaş başlığına sahip ülkeleri görebilirsiniz.



Şekil 2. 2020 tahmini küresel nükleer savaş başlığı envanterleri (Arms Control Association).

Nükleer Güç Santralleri

Nükleer silah çalışmalarının insanlık için ne kadar tehlikeli olduğunun anlaşılmasından sonra nükleer teknoloji çalışmaları tarım, hayvancılık, gıda güvenliği, tıp, sanayi, elektronik ve uzay teknolojileri gibi yüksek teknolojik alanlara kaydı. Bunların en önemlilerinden birisi de enerji sektöründe yer alan nükleer güç santralleridir.

Atom, bir çekirdek ve çekirdeği saran elektron bulutundan oluşur. Bazı atomların çekirdeği diğer atomlarınkiler gibi kararlı değildir ve kararlı hâle gelmek için kendiliğinden ışımaya uğrarlar. Bunlara radyoaktif atomlar denir. Uranyum da radyoaktif elementlerdendir. Uranyumun dikkate değer bir özelliği de bir nötron ile bombardıman edildiğinde ortalama 2,5 nötron ve iki orta büyüklükteki çekirdeğe bölünmesidir. Fisyon öncesi parçacıkların toplam kütlesi fisyon sonrası ürünlerin kütlelerinin toplamından büyüktür, bu fark Einstein'ın ünlü formülü ($\Delta E=mc^2$) uyarınca ürün olarak ortaya çıkan çekirdeklerin ve nötronların kinetik enerjisidir.

Ürün çekirdekler ortamdaki komşu atomlarla çarpışarak kinetik enerjilerinin çoğunu kaybeder. ^{235}U'un fisyonu farklı şekillerde gerçekleşebilir ve bu süreçlerde açığa çıkan enerji miktarı ile nötron sayısı farklıdır.

$$^{235}U + n \rightarrow {}^{144}Ba + {}^{90}Kr + 2n + 200\ MeV$$

$$^{235}U + n \rightarrow {}^{94}Zr + {}^{139}Te + 3n + 197\ MeV$$

Bir nükleer güç santrali, kontrollü zincirleme reaksiyon koşulları altında uranyum atomunun bölünmesi sırasında açığa çıkan enerjiyi, elektrik üretimi için kullanmaya yarar. Burada açığa çıkan enerji, diğer enerji üretim çeşitleri ile kıyaslandığında oldukça büyüktür. Örneğin, uranyumun 1 gramında $2{,}56\times10^{21}$ atom vardır ve bu atomların tümünün fisyona uğraması sonucu yaklaşık $8{,}8\times10^{10}$ J enerji açığa çıkar. Benzer şekilde 1 gram kömürden elde edilecek maksimum enerji ise yaklaşık $3{,}3\times10^{4}$ J civarındadır. Görüldüğü üzere, atomun çekirdeğinde gerçekten çok büyük miktarda enerji bulunur.

Yakıt

Bir nükleer güç santralini işletebilmek için en temel gereksinim zincirleme fisyonu gerçekleştirebilecek izotoplardır. Bu izotoplar, düşük enerjili (termal) nötronlar ile fisyona uğrayabilen fisil ve yalnızca belli bir enerjinin üstündeki nötronlar ile fisyona uğrayabilen fertil izotoplar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Doğal olan tek fisil ^{235}U olup doğada bulunan uranyumun yalnızca %0,3'lük kesimidir. Geri kalanın ise hemen hemen tamamı fertil olan ^{238}U'dir. Günümüzdeki ticari nükleer güç reaktörleri çoğunlukla fisyon reaksiyonun termal nötronlarla gerçekleştirilmesine dayanan tasarımlardır ve zenginleştirilmiş uranyuma (^{235}U oranı %3-4'e çıkarılmış) ihtiyaç duyarlar. Dünyamızın fisil uranyum stoku, enerji ihtiyacımızı uzun bir süre karşılayabilmekten



uzaktır (yaklaşık 200 yıl). Bu nedenle ^{238}U'in bir hızlı (yüksek enerjili) nötron yutarak fisil olan ^{239}Pu'a dönüşmesi ve bu şekilde yakıt olarak kullanılmasını amaçlayan, bir bakıma hızlı nötronlar ile kendi yakıtını üretebilen hızlı üretken reaktörlerin (Fast Breeder Reactor-FBR) geliştirilmesine çalışılıyor. Bu tür reaktörlerin yaygın kullanımı ile dünya uranyum rezervlerinin enerji potansiyeli 100 misli artırılabilir.

Ayrıca okyanuslar dünyanın bütün büyük şehirlerine binlerce yıl enerji sağlayabilecek miktarda uranyum içerir. Tabii ki uranyumun sudan ayrılabilmesi, bu noktadaki en büyük problemdir. Uranyumun deniz suyundan elde edilmesi hâlen verimsiz ve pahalı olsa da geleceğin nükleer enerji planlamalarında önemli bir adım olan uranyum cevheri madenciliğine önemli bir alternatiftir.

Yavaşlatıcı (Moderatör)

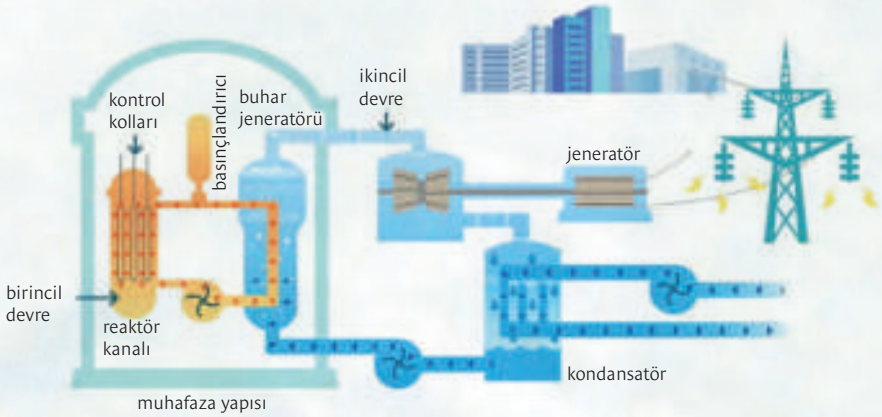
Fisyon sonucu açığa çıkan nötronlar hızlıdır (yüksek enerjili) ve fisyonun gerçekleşebilmesi için yavaşlatılmaları gerekir. Bu amaçla reaktör kalbine konulan yavaşlatıcı denilen maddeler bu işi yapar. Bu nedenle uranyum metali çubuklar hâlinde imal edilir ve aralarından yavaşlatıcı madde geçirilir. Yavaşlatıcı maddenin düşük nötron soğurma özelliğine sahip olması gerekir, aksi takdirde zincirleme reaksiyon gerçekleşmez. Reaktörlerde üç tür yavaşlatıcı kullanılır: ağır su (D_2O), hafif su (H_2O) ve grafit. Ağır su, hem hafif su hem de grafite oranla çok daha az nötron soğuran, mükemmel bir yavaşlatıcıdır. Bu özelliği ile doğal uranyum yakıtla çalıştırılabilen reaktörlerde kullanılır. Günümüzde en yaygın kullanılan yavaşlatıcı ise hafif sudur.

Soğutucu

Soğutucu, fisyon neticesinde oluşan ısının yakıt çubukları eritmesine fırsat vermeden çıkışını sağlar. Güç reaktörlerinin tasarımındaki en önemli bileşen, soğutucunun ısı transferindeki verimliliğidir. Soğutucu malzemeler, ısı sığası yüksek olan gazlar (hava, CO_2, helyum), su, ağır su ve diğer sıvılar olabilir. Soğutma suyu, reaktör içerisinde dönüp durdukça radyasyon biriktirir ve bu radyasyonun dışarı sızmaması gerekir.

Genelde nükleer güç üretimi, esas itibariyle, basınçlı hafif su reaktörü (Pressurized Light-Water Moderated and Cooled Reactor-PWR) ve kaynar hafif su reaktörü (Boiling Light-Water Cooled and Moderated Reactor-BWR)'ne dayanır. PWR'lerde fisyon yoluyla reaktör kalbinde üretilen ısı, birincil sistem içinde yakıt elemanlarından suya aktarılır (Şekil 3). Yüksek basınçlı su (158 bar) soğutucu pompalarıyla dolaştırılır ve reaktör kalbinde 292°C'den (giriş) 326°C'ye (çıkış) ısıtılır. Daha sonra, ısısını ikincil bir buhar sistemine aktardığı dört ayrı buhar üretecine doğru akar. İkincil sistemde, 68 bar ve 285°C'de buhar üretilir. Buhar, türbin ve jeneratörü çalıştırır. Türbinden çıkan buharın yoğuşturucudan geçirilmesiyle elde edilen su, buhar üreteçlerine geri pompalanır. Yoğuşturucuya aktarılan atık ısı nehir, göl, deniz suyu veya bir soğutma kulesi yoluyla çevreye bırakılır.

Diğer bir hafif su reaktör türü olan BWR'ler de nötronların yavaşlatılması ve kalbin soğutulması amacıyla kalp içinden geçen suyun, kalbin üst kısmında kaynamasına izin verilir. Soğutucu ve yavaşlatıcı olarak ağır su kullanan PHWR'lerde ise yakıt olarak doğal uranyum kullanılır. Nükleer endüstrinin daha verimli ve güvenli reaktörler tasarlama ve radyoaktif atıkların güvenli depolanması ile ilgili çalışmaları devam ediyor.



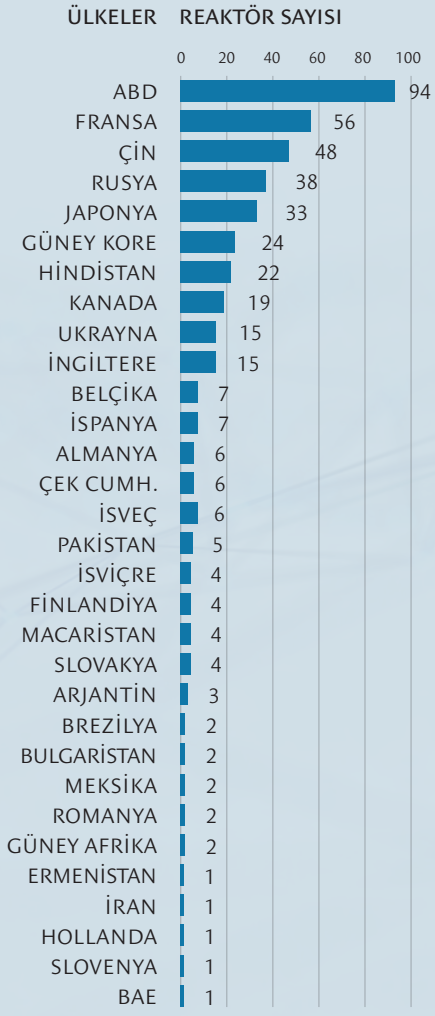
Şekil 3. Basınçlı su reaktörlerindeki su çevrimleri (Kaynak: CLP Group).

Dünyada Nükleer Enerji

II. Dünya Savaşı'nın ardından nükleer teknolojinin enerji üretimi için kullanımına yönelik çalışmalar hız kazandı ve ilk ticari Nükleer Güç Santrali (NGS) Sovyetler Birliği'nin Obninsk şehrinde kuruldu. 27 Haziran 1954 tarihinde 5 MWe'lik enerji üretim kapasitesiyle hizmete başlayan bu santral, 29 Nisan 2002 tarihine kadar hizmet vermeyi sürdürdü. Sovyetler Birliği'nin ardından sırasıyla İngiltere (1956), ABD (1957), Fransa (1959) ve Almanya (1961) bu teknolojiye sahip ülkeler arasına katıldı, diğer gelişmiş ülkelerden çoğu da sırasıyla NGS'ler inşa edip kullanıma açtı. Diğer taraftan, İtalya, Litvanya ve Kazakistan mevcut reaktörleri ömürlerini tamamladıktan sonra yeni reaktörler inşa etmeyerek nükleer enerjiden vazgeçen ülkelerdir. Bu konuda bir diğer ilginç örnek Avusturya'dır. Avusturya'daki ilk ve tek nükleer santral 1970'li yıllarda inşa edilmiş ancak 1978'de düzenlenen bir referandumda halkın çoğunun karşı çıkması üzerine bu santral hiçbir zaman faaliyete geçmemiştir. Daha sonra kabul edilen bir yasayla da ülkede nükleer enerji üretimi yasaklanmıştır. Öte yandan, Türkiye, Bangladeş, Beyaz Rusya ve Birleşik Arap Emirlikleri ilk kez NGS'ye sahip olmak için gün sayan ülkelerdir. Bugün dünyada toplam 32 ülkede aktif 443 nükleer reaktör bulunuyor (Şekil 4). Bu reaktörlerin toplam net kurulu kapasitesi 393.084 MWe'dir. Zaman içerisinde devre dışı kalmış 188 NGS ile birlikte 1954 yılından bugüne reaktör işletim deneyimi tam 18.830 reaktör yılı buluyor.

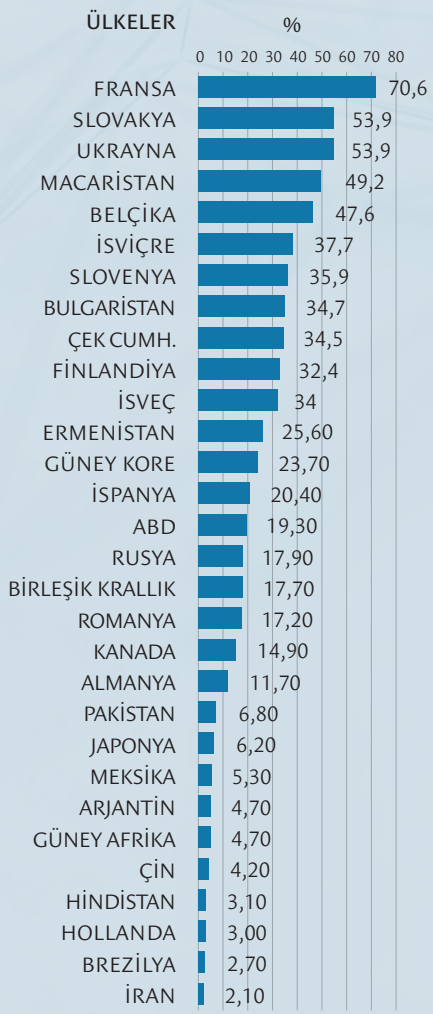
Günümüzde en çok NGS'ye sahip ülke ABD (94) olup onu sırasıyla Fransa (56), Çin (50), Rusya (38) ve Japonya (33) izliyor. Dünya nüfusunun yaklaşık %60'ı, yani 4,5 milyardan fazla insan nükleer güç santrallerinin bulunduğu ülkelerde yaşıyor. Dünyadaki enerji ihtiyacının yaklaşık %11'i nükleer enerjiden karşılanıyor. Bununla birlikte, dünyada elektrik üretiminin nükleer enerjiden karşılanma oranı en yüksek ülke %70,6 ile Fransa'dır. Fransa'yı %53,9 ile Slovakya ve Ukrayna, %49,2 ile Macaristan, %47,6 ile Belçika takip ediyor (Şekil 5).

ÜLKELERE GÖRE AKTİF REAKTÖR SAYISI



Şekil 4. Ülkelere göre aktif reaktör sayıları. Veriler Birleşmiş Milletler (BM) bünyesinde faaliyet gösteren Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu Nükleer Reaktör Bilgi Sistemi (IAEA-PRIS)'nden alınmıştır.

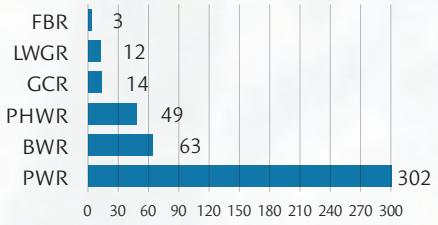
NÜKLEER ENERJİNİN TOPLAM ENERJİ ÜRETİMİNDEKİ PAYI



Şekil 5. Ülkelerde nükleer enerjinin toplam enerji üretimindeki payı. Veriler BM bünyesinde faaliyet gösteren IAEA-PRIS'ten alınmıştır.

Dünya genelindeki nükleer reaktörlerin türlerine bakacak olursak Basınçlı Hafif Su Reaktörlerinin (Pressurized Light-Water Moderated and Cooled Reactor-PWR) 302 adet ile başı çektiğini görürüz. Benzer şekilde yapılmakta olan 50 reaktörün 43 tanesi de yine PWR'dir. İkinci sırada 63 adet ile Kaynar Hafif Su Reaktörleri (Boiling Light-Water Cooled and Moderated Reactor-BWR), üçüncü sırada ise 49 adet ile Basınçlı Ağır Su Reaktörleri (Pressurized Heavy-Water Moderated and Cooled Reactor-PWHR) bulunuyor. Ayrıca dünyada 14 adet Gaz Soğutmalı Reaktör (Gas Cooled, Graphite Moderated Reactorr-GCR), 12 adet Grafit Yavaşlatıcılı Su Soğutmalı Reaktör (Light-Water Cooled, Graphite Moderated Reactor-LWGR) ve 3 adet Hızlı Üretken Reaktör (Fast Breeder Reactor-FBR) mevcuttur (Şekil 6).

TÜRLERİNE GÖRE REAKTÖR SAYILARI

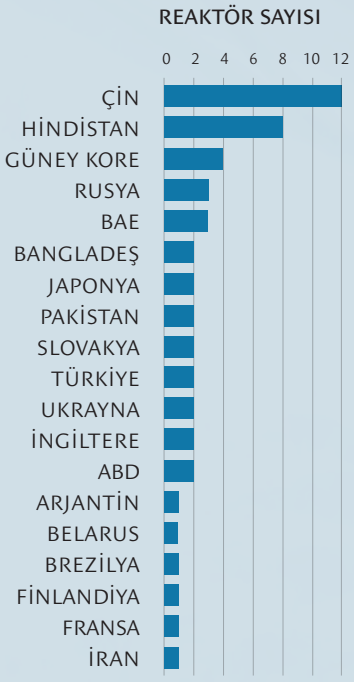


Şekil 6. Ülkelerde bulunan nükleer reaktörlerin türlerine göre sayıları. Veriler BM bünyesinde faaliyet gösteren IAEA-PRIS'ten alınmıştır.

Reaktörlerin yaşlarına baktığımızda ise en yaşlı 5 reaktörün 52 yıldır faaliyette olduğu görülüyor. Diğer reaktörlerden 96 tanesi 41-51, 192 tanesi 31-40, 51 tanesi 21-30 ve 33 tanesi de 11-20 yaş aralığındadır. Ayrıca 10 yaşın altında da 63 tane reaktör bulunuyor.

Günümüzde NGS inşaatları, özellikle gelişmekte olan ülkelerde devam ediyor. 2021 yılı itibarı ile Türkiye'nin de dâhil olduğu 19 ülkede 50 nükleer reaktör inşa hâlinde (Şekil 7). Bu 50 reaktörün %80'e yakını Asya'da (yaklaşık %25'i Çin'de) bulunuyor. Yapım aşamasında en çok reaktörü olan beş ülke ise sırasıyla Çin (12), Hindistan (6), Güney Kore (4), Rusya (3) ve Birleşik Arap Emirlikleri'dir (3). Diğer yandan, Batılı toplumlar, enerji tüketimi açısından bir doygunluğa ulaştıkları için yeni NGS siparişleri azalmış olup mevcut nükleer santrallerini kullanmaya devam etmektedirler.

İNŞAATI DEVAM EDEN REAKTÖR SAYILARI



Şekil 7. Ülkelere göre inşaatı devam eden reaktör sayıları.
Veriler BM bünyesinde faaliyet gösteren IAEA-PRIS'ten alınmıştır.



Reaktör Tipi	PWR
Reaktör Ömrü	60 yıl
Soğutucu	Hafif Su
Moderatör	Hafif Su
Nötron Spektrumu	Termal Nötron
Yakıt	Maksimum %5 zenginleştirilmiş U içeren UO_2 alternatif olarak MOX uygunluğu
Yakıt Yükleme Döngüsü	12 (18) ay
Yakıt Değişim Süresi	4 yıl
Termal Kapasitesi	3200 MWth
Elektrik Üretim Kapasitesi	1170 MWe
Soğutucu Basıncı	16,2 MPa
Soğutucu Sıcaklık Döngüsü	298,2^{0}C – 328,9^{0}C

Tablo 1. VVER-1200 reaktörünün teknik özellikleri (IAEA, 2011)

TÜRKİYE'NİN NÜKLEER ADIMLARI

Türkiye'nin Nükleer Enerjide Geçmişi ve Bugünü

Türkiye, 1955 yılında 1. Cenevre Konferansı'nı takiben ABD ile Atom Enerjisinin Sivil Kullanımına Dair İş Birliği Anlaşması'nı imzalayan ilk ülkedir. Bu anlaşmadan sonra Türkiye, nükleer alanda gerekli bilimsel ve teknik altyapılar ile insan kaynağını yetiştirmek üzere girişimlere başladı. 1956 yılında, henüz Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) resmi olarak kurulmamışken, Ankara'da Başbakanlık'a bağlı Atom Enerjisi Komisyonu (AEK) kuruldu. Bu kurum 9 Temmuz 1982'de çıkartılan yasa ile Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) adını aldı. 1956 yılında devlet bütçesi kullanılarak bir araştırma reaktörünün kurulması planlandı, ilk masraflarını karşılamak amacı ile bir bütçe ayrıldı ve İstanbul'da Küçükçekmece Gölü kenarında arazi kamulaştırıldı. Akabinde 1957 yılında nükleer bilimlere ait deneysel çalışmaları yürütmek üzere TR-1 araştırma reaktörünün yapım ihalesini American Machine Foundary firması aldı. 1 MW gücündeki TR-1 reaktörü 1959-1962 yılları arasında bu merkezde inşa edildi. İlk kez 6 Ocak 1962'de kritik edildikten sonra 27 Mayıs 1962'de işletmeye açıldı ve 1977 yılına kadar çalıştırıldı. Aynı yerde TR-1 reaktörünün ardından 5 MW gücündeki TR-2 reaktörü, 10 Aralık 1981'de kritik edilip 25 Aralık 1981'de işletmeye açıldı. Bu tarihlerde bir diğer araştırma reaktörü de İstanbul Teknik Üniversitesi Nükleer Enerji Enstitüsü bünyesinde kurulmuştu (1979).

Nükleer güç üretimi kurmak için planlar yapan Türkiye, ilk hamlesini 1970'te 300 MWe'lik bir santral için fizibilite çalışması yürüterek yaptı. Daha sonra 1973'te 80 MWe'lik gösteri santrali inşa edilmesine karar verildi fakat bu hedef gerçekleştirilemedi. 1976 yılında Başbakanlık Atom Enerjisi Komisyonu tarafından Mersin Akkuyu Sahası için yer lisansı alındı. 1980'de santrali inşa etme teşebbüsü, hükümetin finansal garanti eksikliğinden ötürü başarısız oldu. 1993'te nükleer santral inşaatı ülkenin yatırım programlarına dâhil edildi fakat revize edilmiş ihale şartnameleri 1996 Aralık ayına kadar yayınlanamadı. Akkuyu'da 2000 MWe'lik bir santral için Westinghouse+Mitsubishi, AECL ve Framatome+Siemens'ten teklifler alınmasına rağmen Haziran 1998 ve Nisan 2000 arasında hükümetler son kararlarını geciktirip ekonomik sebeplerden dolayı planları iptal ettiler.

Ülkemizin yarım asırlık nükleer güç santrali kurma hedefi, Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Hükümeti Arasında, Türkiye Cumhuriyeti'nde Akkuyu Sahasında Bir Nükleer Güç Santralinin Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliğine İlişkin Anlaşma'nın 12 Mayıs 2010 tarihinde imzalanmasıyla gerçekleşmeye başladı. Bu anlaşma, Akkuyu sahasında her bir ünitesi 1200 MWe olan 4 üniteli Rus tasarımı VVER reaktörü kurulmasını öngörüyor. Mersin'e 140 km uzaklıktaki Akdeniz kıyısında, Akkuyu mevkiinde nükleer santral yapımı için Rus Devlet Nükleer Enerji Şirketi Rosatom ile anlaşıldı. İnşaat lisansı 2 Nisan 2018 tarihinde TAEK tarafından onaylandı ve böylece Akkuyu Nükleer Santrali'nin ilk ünitesinin temeli yapılan törenle atıldı. 3 Nisan 2018 tarihinde ilk betonu dökülen birinci ünitenin 2023 yılında devreye girmesi ve santralin 60 yıl boyunca işlemeye devam etmesi öngörülmektedir.

2021 yılı Ocak ayı sonu itibarıyla ülkemizin kurulu gücü 96.271 MW'a, elektrik tüketimi ise 290.874.400 kWh'e ulaştı. 2021 yılı Ocak ayı sonu itibarıyla kurulu gücümüzün kaynaklara göre dağılımı şöyledir: %32,2'si hidrolik enerji, %26,6'sı doğal gaz, %20,6'sı kömür, %9,4'ü rüzgâr, %7,9'u güneş, %1,6'sı jeotermal ve %1,7'si ise diğer kaynaklar. Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) ülkeleri arasında, en yüksek enerji talep artış oranına sahip ülkelerden biri olan Türkiye'nin, orta ile uzun vadede bu konumunu koruyacağı öngörülüyor. Bu gelişmeler göz önünde bulundurulduğunda, ülkemizin enerji ithalatına bağımlı olduğu gerçeği, enerji güvenliği açısından dikkat çekiyor. Enerji ithalatçısı ve bu alanda dışa bağımlı ülkeler için enerji bağımlılığından kurtulmak, ekonomik bağımsızlığa ulaşabilmek açısından büyük önem taşıyor. Bunun yanında jeopolitik belirsizlik ortamı, fosil yakıt kullanımında sürdürülebilirlik çerçevesinde limitlere yaklaşılması ve dramatik sinyaller vermeye başlayan iklim değişikliği, ülkeleri kendi enerji döngülerini bir an önce yeniden oluşturmaya mecbur kılıyor. Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluşunun 100. yılının kutlanacağı 2023 yılına yönelik vizyon dâhilinde, ülkemizdeki toplam kurulu güç kapasitesinin 120 GW'a çıkarılması ve nükleer enerji santrallerinin işletmeye alınması hedefleniyor.



Akkuyu Projesi

Akkuyu'da Rus tasarımı 3. nesil PWR tipi VVER-1200 reaktörlerinin kurulması planlanıyor (Tablo 1). VVER-1200 reaktörleri, işletimde olan VVER-1000 reaktörlerinin güvenlik ve performans açısından geliştirilmiş modelleridir. Bununla birlikte, VVER reaktörü, dünyanın en güvenli reaktörlerinden biri kabul ediliyor. Rusça kısaltması ile VVER (Voda-Vodyanoi Energetichesky Reaktor) ya da İngilizce kısaltması ile WWER (water-water energetic reactor) reaktör tasarımları, Batı'nın nükleer enerji standartları ile ilişkilendirilen otomatik kontrol, pasif güvenlik ve koruma kabı sistemlerini birleştirmek için geliştirildi. 1960'tan beri 67 adet VVER reaktör inşa edildi. 2. nesil reaktör tasarımları, 1971 son-

rası yeni güvenlik kriterleri eklenerek geliştirildi. 3. nesil VVER-1000 serisi tasarımlarında yeni güvenlik önlemleri ve üretim kapasitesinin artışı sağlandı. 1980'lerin başında VVER-1000 V-320 tasarımlarda gerçekleştirilen gelişmelere ek olarak VVER-1000 AES-91 ve AES-92 tasarımlarına teknolojik ve ekonomik yeniliklere ilaveten pasif ve aktif güvenlik sistemleri de eklenmiştir. VVER tipi reaktörler, Rusya Federasyonu'nun yanı sıra Çin, Çek Cumhuriyeti, Finlandiya, Macaristan, Hindistan, Slovakya ve Ukrayna gibi ülkelerde hâlihazırda inşaat ve işletim aşamalarında bulunuyor.

Nükleer teknolojinin, insanlığın enerji ihtiyacının karşılanmasında kullanımı için 1953 yılında başlayan süreçten bu yana, nükleer güç santralleri, özellikle gelişmiş ülkelerde hızlıca yaygınlaştı. Günümüzde yüzlerce santral dünya genelinde elektrik enerjisi ihtiyacının yaklaşık %11'ini karşılıyor ve hâlihazırda mevcut santrallere gün geçtikçe yenileri ekleniyor. Ülke olarak bu yarışa geç katılmış olsak da 2023 yılında Mersin Akkuyu'da çalıştırılması planlanan reaktör ile nükleer güç santrallerinden elektrik üreten ülkeler arasına dâhil olacağız. Sadece bu reaktörün tüm enerji ihtiyacımızı karşılaması mümkün olmayacağı gibi Sinop'ta yapılması planlanan diğer nükleer güç santrali de bu konuda yeterli olmayacaktır. Dolayısıyla yerli ve millî, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynaklarını kullanarak ülkemizin enerji konusundaki dışa bağımlılığını azaltmak durumundayız. ■



Kaynaklar

Rom Harré, *Büyük Bilimsel Deneyler,* Çeviren: Sinan Kılıç, Say Yayınları, 2014.

Edmund Blair Bolles, *Galileo'nun Buyruğu*, *Bilim Yazılarından Bir Derleme*, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Çeviren: Nermin Arık, 11. Basım 2011.

Ioan James, *Büyük Fizikçiler Galileo'dan Yukava'ya*, Çeviren: Sibel Erduman, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 2. Basım, 2015.

Kenneth S. Krane, *Nükleer Fizik*, Çeviri editörü: Prof. Dr. Başar Şarer, Palme Yayıncılık.

Arthur Beiser, *Modern Fiziğin Kavramları*, Çeviren: Gülsen Önengüt, Akademi Yayıncılık.

U.S. Department of Energy, Office of Nuclear Energy, *The History of Nuclear Energy.*

G. Kessler, *Nükleer Fisyon Reaktörleri*, Çeviren: Süleyman Sırrı Öztek, 2003.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, *Türkiye'nin Nükleer Santral Projeleri: Soru-Cevap*, Nükleer Enerji Proje Uygulama Dairesi Yayın Serisi, Ocak 2016.

Cem İskender Aydın, *Nuclear Energy in Turkey: Past, Present and Future*, Yeditepe University Department of Economics, Notes on Economy, 2018.

https://www.armscontrol.org/

https://www.clpgroup.com/

https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx

https://www.iaea.org/publications/reports/annual-report-2011


bilim genç
TÜBİTAK
Dijital Popüler Bilim Dergisi
POPÜLER BİLİMİN DİJİTAL ADRESİ
bilimgenc.tubitak.gov.tr
Bilim Genç sesli yayınlarını SoundCloud, Spotify, Google ve Apple podcast kanallarımızdan takip edebilirsiniz.
bilimgenc
tubitakbilimgenc
tubitakbilimgenc
bilimgenc

IŞILDAYAN KUANTUM NOKTACIKLARLA NE KAZANDIK?

Dr. Bükem Tanören [*Acıbadem Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Tıp Mühendisliği Bölümü*

Kuantum Noktacıklar nedir?

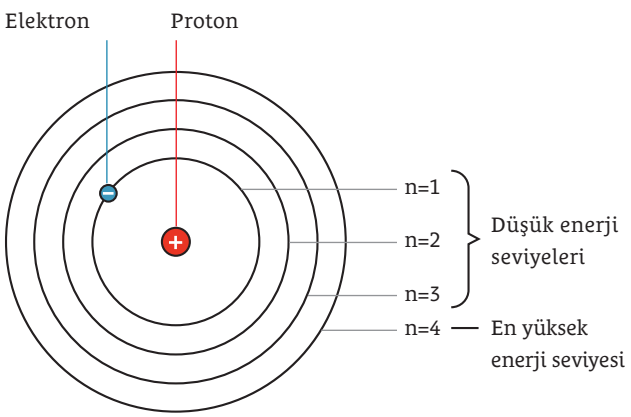
Atomların arasında belirli bir uzaklığın bulunduğu düzenli yapıya kristal denir. Gözünüzde bir kristal yapıyı canlandırın. Şimdi bu yapıyı kat be kat küçültün ve olabildiğince küçük bir hacme sıkıştırmaya çalışın. Kristal o kadar küçüldü ki âdeta bir noktacık oldu. Bilim insanları bu işlemi gerçek kristaller üzerinde uyguladığı zaman, kuantum sınırlaması olarak adlandırılan bir etki ile karşılaşırlar. Bu işlem sonucunda kristal o kadar küçülür ki makro dünyanın yasalarından çok mikro dünyanın kuantum yasalarına uyan bir boyuta gelir.

Bu boyutlarda artık üç boyutlu bir cisimden değil, pratik olarak tek boyutlu bir noktacıktan bahsediyoruz. Bu durumda, bu kristale kuantum noktacığı adını vermekte sakınca görmezsiniz herhalde? İşte kuantum noktacıklar, kristallerin bu biçimde nano (10^{-9} m) boyutlara indirgenmesi ile ortaya çıkıyor. Bu noktacıkların optik özellikleri başta olmak üzere birçok yönleri, yepyeni tıbbi uygulamalara kapı açıyor. Tıbbi görüntülemeden tedaviye kuantum noktacıklar, nano-teknolojik gelişmelerin sağlık alanında ulaşabileceği potansiyeli gösteriyor.



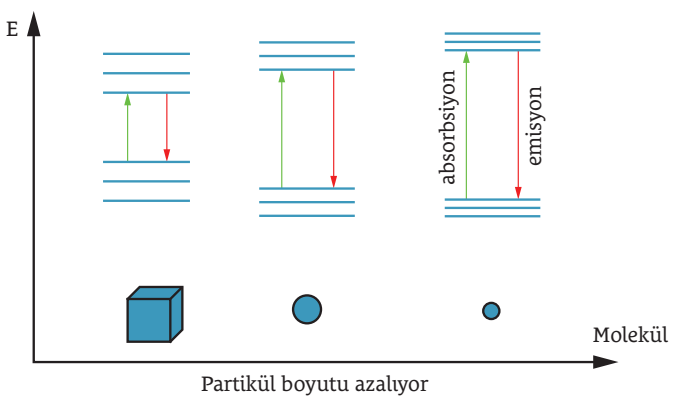
Kuantum Sınırlaması ile Optik Özellikler Neden ve Nasıl Değişir?

Bir kristalin giderek küçülen bir hacme sığması optik özelliklerini nasıl değiştirebilir? Giderek küçülen kristalin kuantum kanunlarının hükmüne girdiğinden bahsetmiştik. Atom çekirdeğinin çevresinde farklı enerji seviyeleri (atomun Bohr modelini hatırımıza getirirsek) vardır ve bu enerji seviyelerinde elektronlar bulunur. Elektronlar yüksek bir enerji seviyesinden alçak bir enerji seviyesine düşerken aradaki enerji farkını foton, yani ışık parçacığı biçiminde çevrelerine yayarlar. Bu durumu da biz, bir cismin ışıldaması olarak algılar ve betimleriz.



Bohr atom modeli. Atomu bir arada tutan, Coulomb yasası ile tanımlanan elektriksel kuvvet, yani pozitif (+) yüklü proton ve çevresindeki negatif (-) yüklü elektronların aralarındaki çekim kuvvetidir.

Kuantum sınırlamasında, kristalin atomları giderek küçülen hacim içinde âdeta sıkışmaya başlarlar. Bunun sonucunda sıkışarak birbirine yaklaşan enerji seviyeleri bütünleşir ve enerji bantlarını oluştururlar. Kuantum sınırlaması altında oluşan bu enerji bantları ile birlikte atomun enerji aralıkları değişmiş olur. Atomun enerji aralıkları ise, bahsettiğimiz gibi, atomdan çıkan fotonların, yani atomun optik özelliklerinin temelidir. Özetle, küçülen kristalin atomlarının enerji seviyeleri arasındaki enerji farkı değişir ve optik özelliklerin de değişmesine yol açar.

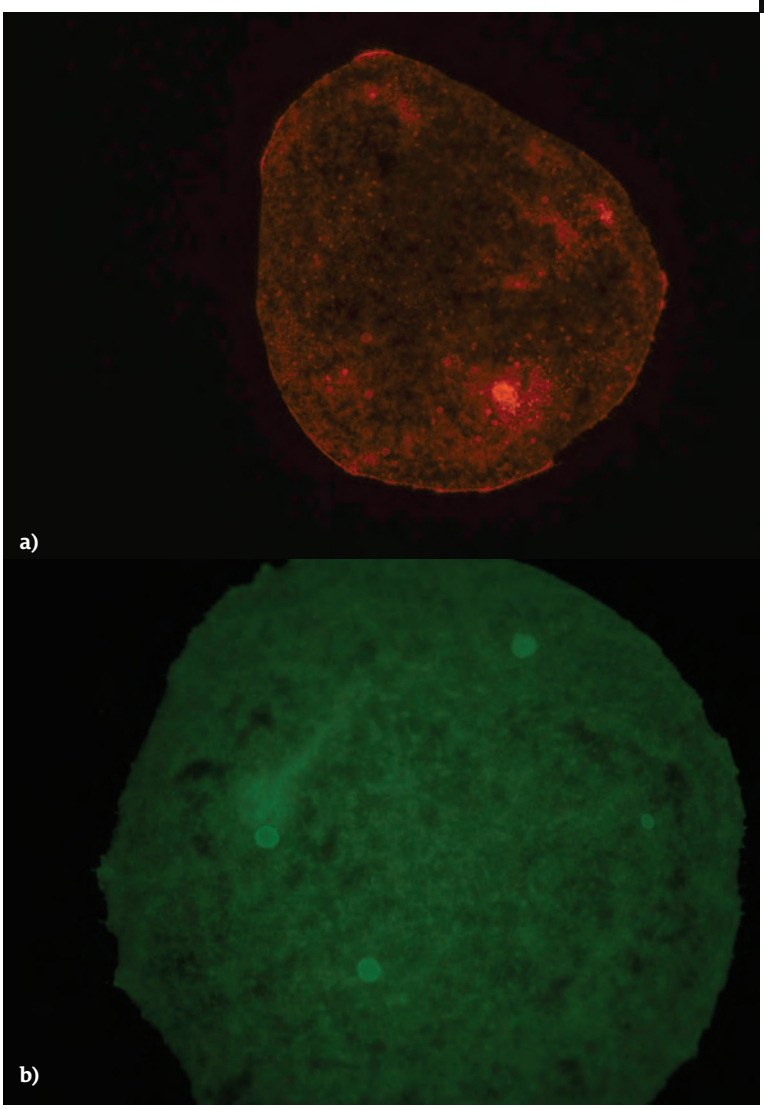


Partikül boyutu ve enerji bantları arasındaki ilişki. Boyut küçüldükçe enerji seviyeleri birbirine o kadar yaklaşır ki aralıklı enerji seviyeleri yerine aralıksız enerji bantları oluşur.



Peki, bu optik değişim ne ifade eder? Öncelikle, kuantum sınırlaması altında iki önemli enerji bandı oluşur, bu bantların enerji aralığı kuantum noktacıkları (yani boyutu sınırlandırılan kristali) üretirken seçtiğimiz madde türü ve noktacıkların boyutu ile kolayca değiştirilebilir. Kolayca değiştirilebilen enerji aralığı, kolayca enerjisi değiştirilebilen foton demektir, bu da fotonların renginin değiştirilebilir olduğu anlamına gelir. Aşağıdaki görselde aynı bileşiğin iki farklı ebattaki kuantum noktacık kümelerinin ışıma görüntüleri bulunuyor. Kuantum mekaniğinin bize öğrettiği atom enerjisinin belirli (kuantize, yani kesikli) değerlerde olabildiği buluşu, o atomun sınırlı sayıda dalga boyunda absorbans (soğurulma) veya emisyon (ışıma) yapabileceğini söyler. Bu nedenle ışımasını istediğimiz kuantum noktacıklar ancak belli değerdeki dalga boyuna sahip ışıkla uyarabiliriz. Sağdaki ve yan sayfada sol üstteki görsellerde bahsi geçen dalga boyları, bu kuantum noktacıkların ışıması için gereken absorbans aralıklarında seçildi. Görüldüğü üzere, farklı maddelerden oluşan veya farklı boyutlarda noktacıkların absorbans aralıkları ve dolayısıyla da ışıma aralıkları farklıdır. Diğer bir deyişle, bilim insanları kuantum noktacıkların saçtığı ışığın rengini kolayca değiştirebiliyor ve ihtiyaçlarına uygun hâle getirebiliyor.

Bu uygulama, tıp gibi görüntüleme araçlarına ihtiyaç duyulan alanlar için oldukça önemli bir gelişme olarak kabul görüyor. Yan sayfada sol alttaki görselde beyin anevrizma ameliyatı sonunda damarların durumunu kontrol etmek amacıyla hastaya kontrast madde verilerek, bu kontrast maddenin ışıması ile görüntü elde edildi. Bu yönteme indosiyanin yeşili anjiografi (İSYA) denilir, çünkü kullanılan ilaç indosiyanin yeşilidir ve kızılötesi ışıkla uyarıldığında parlak ışıma yapabilen bir boyadır. Sadece damarların durumunun kontrolü için kullanılan bu boya yerine, kuantum noktacıklar kullanılırsa hem görüntüleme hem de noktacıklara bağlanacak ilaçlarla tedavi hedeflenebilir.

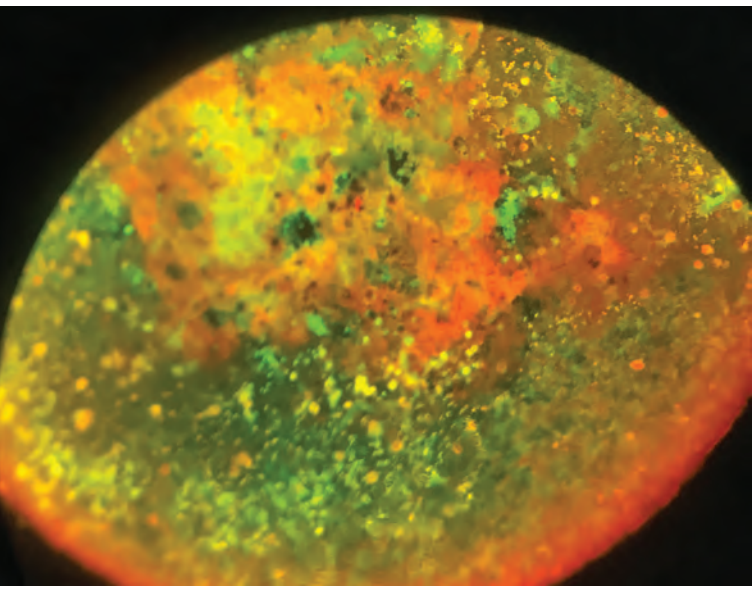


Ters floresan mikroskopta

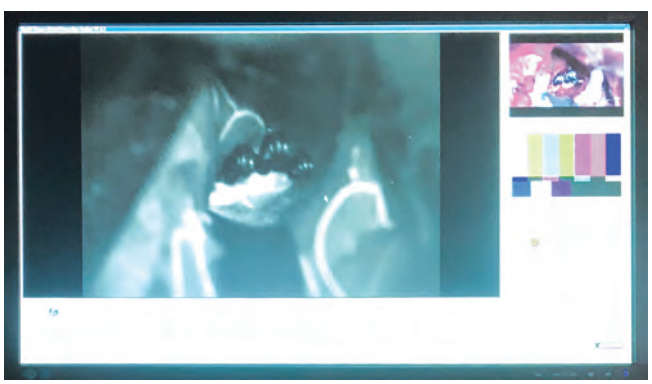
a) Kadmiyum-tellür/kadmiyum-sülfür (CdTe/CdS) (5 nm) kuantum noktacık kümelerinin 546 nm,

b) CdTe/CdS (2 nm) kuantum noktacık kümelerinin 430 nm dalga boyu ile uyarılmasıyla elde edilen fotolüminesans (ışıma) görüntüleri. CdTe/CdS (5 nm) kuantum noktacıkların absorbans aralığı 500-650 nm olup ışıma spektrumu 600 nm'de zirveye sahiptir ve bu değer turuncu-kırmızı rengin dalga boyudur. Benzer şekilde, CdTe/CdS (2 nm) kuantum noktacıkların absorbans aralığı 400-650 nm olup ışıma spektrumu 530 nm'de zirveye sahiptir ve bu değer yeşil rengin dalga boyudur.

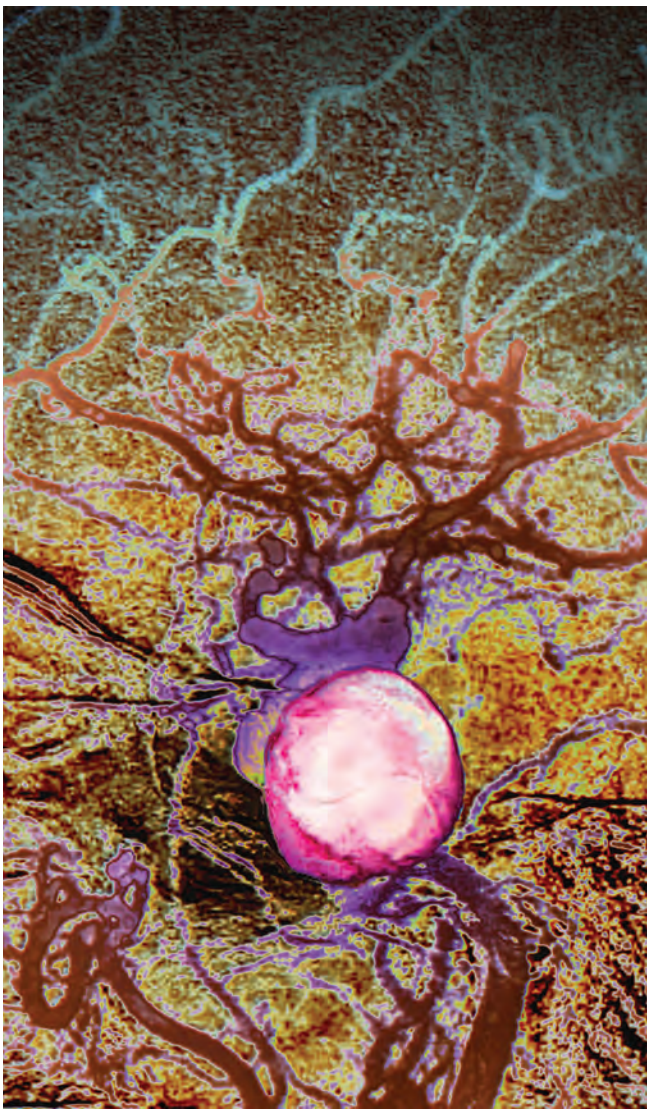
(Ölçek = 200 nm)



Kurşun sülfür (PbS) kuantum noktacıkların su bazlı koloidal süspansiyonunun 630 nm dalga boyu ile uyarılmasıyla elde edilen fotolüminesans (ışıma) görüntüsü. PbS kuantum noktacıkların absorbans aralığında olan 630 nm dalga boyuna sahip ışık kaynağı, görüntüdeki turuncu-kırmızı rengi ortaya çıkarır. Yeşil renk ise bu kuantum noktacıkların 630 nm dalga boyundaki ışığı absorbe ederek yaydığı ışımanın ortaya çıkardığı renktir. PbS kuantum noktacıkların absorbans aralığı 400-700 nm olup ışıma spektrumu 530 nm'de zirveye sahiptir ve bu değer yeşil rengin dalga boyudur.

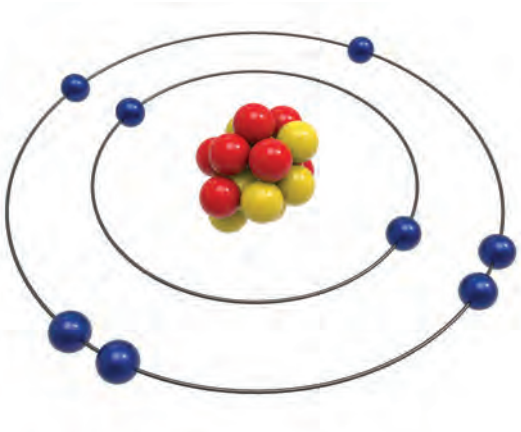


Beyin anevrizma ameliyatında beyin damarlarının kan sızdırmadığının kontrolü, hastaya verilen indosiyanin yeşili (medikal tanı için kullanılan bir siyanin boyası) kontrast maddesinin floresan özelliği sayesinde, indosiyanin yeşili anjiografi (İSYA) yöntemi ile yapılır. Yeni kontrast maddeler ile sadece tanı amaçlı görüntüleme değil, tedavi de hedeflenebilir. Kuantum noktacıklar bunun için oldukça uygundur.



Beyin anevrizması, atardamar duvarında incelme nedeniyle beyindeki kan damarlarında balonlaşma olmasıdır. Beyin MR ya da tomografisine bakıldığında bu balonlaşma sanki dalında asılı bir meyve görüntüsü gibidir.

Anjiyo, anjiyografi ya da arteriografi özellikle atardamar, toplardamar ve kalbin içini görüntüleyen medikal görüntüleme tekniğidir. Genellikle radyo-opak bir ajanın damar yoluna verilip X ışınları ile floroskopi metoduyla görüntü oluşturmasına dayanır. Floroskopi, floroskop adı verilen bir cihaz yardımı ile hastanın gerçek zamanlı görüntülerinin alınması için kullanılan tıbbi görüntüleme tekniğidir.



Kanserde Teranostik Yaklaşımlar: Görüntüleme, Hedefli İlaç Ulaştırma ve Tedavi

Peki, oldukça kullanışlı görüntüleme araçları olan kuantum noktacıkları sadece görüntüleme alanında kullanmak yeterli mi? Hayır!

Örneğin, bir tümör dokusunu ele alalım. Hedefimiz, kuantum noktacıkları öncelikle tümörün görüntülemesinde ve tanısında, ardından da tedavisinde kullanmak olsun. Yok etmeye çalıştığımız tümöre hedeflediğimiz kuantum noktacıklar tümörü ve sınırlarını görüntülememize yardım ederken, aynı zamanda tümörü küçültmeye de yararsa harika olmaz mı? Görüntüleme, tanı ve tedavinin bir araya geldiği tıbbi yaklaşımları teranostik olarak betimliyoruz ve kuantum noktacıklar bu alanda yepyeni yaklaşımlar vaat ediyor!

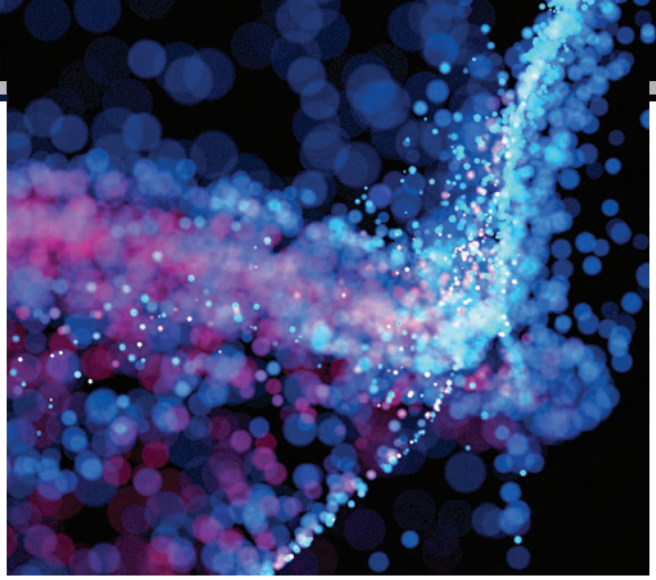
Optik özelliklerinden faydalanarak kaliteli görüntüleme araçları olarak kullandığımız kuantum noktacıkların nano-boyutları, bizlere tedavide de çokça yardımcı oluyor. Günümüzün standart uygulamasında tümör dokusunun tedavi süreci, ağır kemoterapötik ilaçların sadece tümörlü bölgeye değil, tüm vücuda kan yoluyla yayılmasını içerdiğinden, yıpratıcı bir tedavi sürecini beraberinde getiriyor. Hâlbuki kuantum noktacıklarla hedefli ilaç ulaştırma imkânı doğuyor.

Kuantum nanotüpler gibi benzer kuantum ve nano yapıların da kullanılabildiği hedefli ilaç ulaştırma tekniği, ilacı kuantum noktacıkların yüzeyine sabitleyerek yalnızca tümör hücrelerine hedefli olarak göndermeyi öngörüyor. Hedefli ilaç ulaştırma ile kullanılan kemoterapi ilaçlarının dozunu etkileyici düzeyde düşürebilir ve kanser hastalarının tedavi süresince yaşam standartlarını yükseltebiliriz.

Grafen Kuantum Noktacıkların Mucizesi

Tıpta yararlanmak istediğimiz bu yöntemler için elimizde hangi türden kuantum noktacıklar var? Şu ana kadar üretmeyi başardığımız kuantum noktacıklar içinde yaşamın organik temellerini oluşturan karbon elementi öne çıkıyor. Karbonun tek katmanlı polimeri olan grafen, kendi kullanışlılığını zaman içinde kanıtladı. Şimdi ise sıra grafen kuantum noktacıklarda.

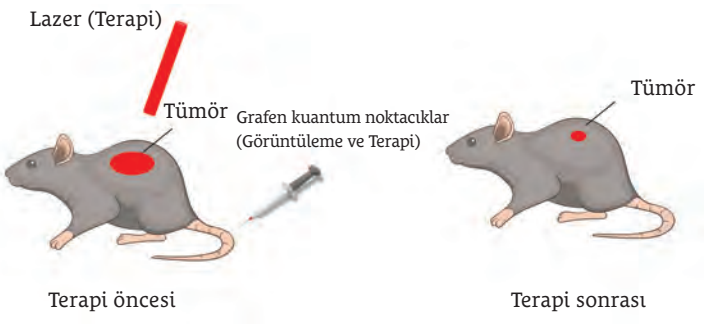
Farelerde yapılan in vivo (canlı ortamda ya da yaşayan koşullarda gerçekleştirilen) çalışmalar sayesinde belli bir süredir potansiyellerinin farkında olduğumuz grafen kuantum noktacıklar, tıpta teranostik yaklaşımların öncülerinden olacak. Tümör tedavisinde birçok görevi üstlenen grafen kuantum noktacıklar, tümör dokusunun görüntülenmesinden, aktif hedefleme yöntemi ile tümör hücrelerine kemoterapötik ilaçların taşınmasına kadar, tanıdan tedaviye stratejik bir rol oynayacak. Hedefli ilaç gönderme yöntemi bu seviyeye kadar zaten nanotüpler gibi nano boyuttaki araçlar ile başarılmıştı.



Grafen kuantum noktacıklar kanser tedavisinde etkili fototermal tedavi ajanı olarak kullanılma potansiyeline sahiptir. Fototermal tedavi stratejilerinin geliştirilmesinde temel prensip, tümör bölgesinde biriken kuantum noktacıklara gönderilen lazer ışını sayesinde tümör bölgesinin ısıtılması ve bu ısı ile tümör tedavisinin desteklenmesidir. Grafen kuantum noktacıklar hem görüntüleme hem de tedavi (teranostik) potansiyelleri nedeniyle, görüntüleme ile eş zamanlı olarak tümörü küçültür ve minimal cerrahi müdahale ile kanser tedavisinde olumlu sonuçlar sağlayabilir. Özellikle de düşük toksisite değerleri, grafen kuantum noktacıkların gelecekte canlılarda yaygın biçimde kullanılabileceğini öngörmemizin en önemli nedeni.

Sağda bir sıçanın tümörlü bölgesine hedeflenmiş grafen kuantum noktacıklarla yapılmış bir çalışma gösteriliyor. Grafen kuantum noktacıklar enjekte edildikten sonra tümöre yerleşerek uygun dalga boyuna sahip ışık kaynağıyla uyarıldıklarında ışırlar. Bu yöntemle, hem tanıda hem de lazer terapi ile tedavide cerrahi müdahale gerektirmeyen bir alternatif sunulur.

Grafen kuantum noktacıklar ile elde edilen başarılar uygulanabilirliğini kanıtlar nitelikte. Örneğin farelerde tümör dokusu tedavisi önemli ölçüde başarıldı. Toplum sağlığını önemli ölçüde etkileyen meme kanseri de kuantum noktacıklar ile tedavi edilmesi planlanan hastalıklar arasında. Başlıktaki sorumuzu cevaplarken, kazancımızın, heyecan ve umut veren yepyeni tıbbi uygulamalar olduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz. ■



Farelerde grafen kuantum noktacıklar yoluyla teranostik yaklaşım

Katkılarından dolayı Ali Eren Güzey ve Kuantag Nanoteknolojiler Geliştirme ve Üretim firmasına teşekkür ediyorum.

Kaynaklar

Parak, W. J., Manna, L., Nann, T., "Fundamental Principles of Quantum Dots", *Nanotechnology*. Cilt 1, s. 73-96, 2008.

Yoffee, A. D., "Semiconductor quantum dots and related systems: Electronic, optical, luminescence and related properties of low dimensional systems", *Advances in Physics*, Cilt 50, s. 1-208, 2001.

Ho, Y. P., Leong K. W., "Quantum-dot based theranostics", *Nanoscale*, Cilt 2, s. 60-68, 2010.

Kim, H., Beack, S., Han, S., Shin, M. ve ark., "Multifunctional Photonic Nanomaterials for Diagnostic, Therapeutic, and Theranostic Applications", *Advanced Materials*, Cilt 30, s. 1701460, 2018.

Zhu, Y., Murali, S., Cai, W., ve ark., "Graphene and Graphene Oxide: Synthesis, Properties, and Applications", *Advanced Materials*, Cilt 22, s. 3906-3924, 2010.

Yang, K., Feng, L., Shi, X., Zhuang, L., "Nano-graphene in biomedicine: theranostic applications", *Chemical Society Reviews*, Cilt. 42, s. 530-547, 2013.

Tekrar Şarj Edilebilen Bataryaların Kritik Bileşeni: LİTYUM



Ayşenur Okatan [*TÜBİTAK*

Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü (Eti Maden), bor madeninin işlendiği fabrikalarda ortaya çıkan sıvı atıklardan geri dönüşüm yöntemiyle lityum elde edilmesi için bir yöntem geliştirdi.

Lityum periyodik tablodaki atom ağırlığı ve yoğunluğu en düşük metal. Günümüzde taşınabilir cihazlarda ve elektrikli araçlarda yaygın olarak kullanılan tekrar şarj edilebilen bataryaların temel bileşeni olan lityum, yer kabuğunda kütlece %0,002-0,006 oranında bulunuyor.



Petalit minerali lityum, alüminyum, silisyum ve oksijenden oluşur.

Lityum tepkimeye girmeye hayli istekli bir element. Bu nedenle yeryüzünde saf hâlde değil iyonik bileşikler halinde bulunuyor. Lityumun doğadaki en önemli kaynağı kayaçlardaki lityumun çözülerek yer altı sularında toplanması sonucu oluşan karasal tuzlu sular. Yeryüzündeki lityumun yaklaşık %60'ı karasal tuzlu sularda bulunuyor.

Yeryüzünde yaklaşık 150 farklı lityum minerali var. Bunlar arasında spodümen, lepidolit, ambligonit, petalit en önemlileri.

Günümüzde lityumdan metal, mineral ve bileşik olmak üzere üç farklı şekilde yararlanılıyor. Lityum metali atom ağırlığının ve yoğunluğunun düşük olmasından dolayı, taşınabilir cihazların ve elektrikli araçların tekrar şarj edilebilir bataryalarında, yüksek hızlı trenlerde ve uzay araçlarında kullanılıyor. Ayrıca sıcaklık değişimlerine karşı dayanıklılığı artırması için camın ve seramiğin içine lityum oksit eklenebiliyor. Uluslararası Uzay İstasyonu'nda açığa çıkan karbondioksit, istasyonun içindeki havadan lityum hidroksit bileşiği tarafından soğurularak ayrılıyor. Cam seramiği olarak da bilinen lityum disilikat bileşiği ise yapay diş üretiminde kullanılıyor.



Lityum Nasıl Elde Ediliyor?

Karasal tuzlu sulardan lityum elde edilirken öncelikle tuzlu su havuzlarda biriktirilir ve suyun açık havada güneş enerjisi ile kendi kendine buharlaşması beklenir. Daha sonra kalan çökelti içindeki lityum karbonat ayrılır. Ancak tuzlu suyun içinde yüksek oranda magnezyum bulunması ayrıştırma sürecinin verimini düşürür ve maliyeti artırır. Bu nedenle karasal tuzlu sulardan lityum elde edilebilmesi için magnezyum/lityum oranının en çok 6/1 olması gerekir.

Türkiye'deki Lityum Potansiyeli

Türkiye'nin farklı bölgelerinde lityum kaynakları var. Ancak bunlar ekonomik değeri olan kaynaklar değil. Örneğin Tuz Gölü'nde bir litre tuzlu suda 325 miligram lityum bulunuyor. Ancak yüksek oranda magnezyum içermesi nedeniyle Tuz Gölü'nden lityum elde edilmesi hayli güç.



Atık Sulardan Lityum Elde Edilmesi İçin Yenilikçi Yöntem

Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü (Eti Maden) ise bor madeninin işlendiği fabrikalarda ortaya çıkan sıvı atıklardan geri dönüşüm yöntemiyle lityum elde edilmesi için bir yöntem geliştirdi.

Eti Maden tarafından geliştirilen lityum karbonat üretim yöntemiyle sıvı atığın yaklaşık %90'ı ekonomik değeri olan ürünlere dönüştürülüyor. Bu sayede atık miktarında da ciddi bir azalma da sağlanıyor.

Sıvı atıktan lityum karbonat üretim sürecinde lityum karbonat (Li_2CO_3) bileşiğinin yanı sıra boraks dekahidrat ($Na_2B_4O_7.10H_2O$) ve temiz su da elde ediliyor. İlk etapta yıllık 10 ton lityum karbonatın üretildiği tesiste, kapasitenin artırılmasıyla birlikte, ilerleyen zamanlarda sıvı atıkların geri dönüşümü yöntemi ile yılda yaklaşık 600 ton lityum karbonat elde edilmesi planlanıyor.

Üretilen lityum karbonat bileşiğinin ilerleyen zamanlarda başta taşınabilir elektronik cihazlar ve yerli elektrikli araç olmak üzere tekrar şarj edilebilen bataryalarda kullanılması planlanıyor.

Lityum iyon piller, çoğunlukla elektrikli araçlarda kullanılan ve şarj edilebilen pillerdir.

Kaynaklar:

https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/Lityum.pdf
https://www.maden.org.tr/resimler/ekler/cfbdf468f0a0318_ek.pdf
Talens Peiró, L., Villalba Méndez, G., Ayres, R. U., "Lithium: Sources, Production, Uses, and Recovery Outlook", *The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society*, Cilt 65, Sayı 8, s. 986–996, 2013.
https://edu.rsc.org/elements/lithium/2020015.article

BİLİM TARİHİNDEN NOTLAR

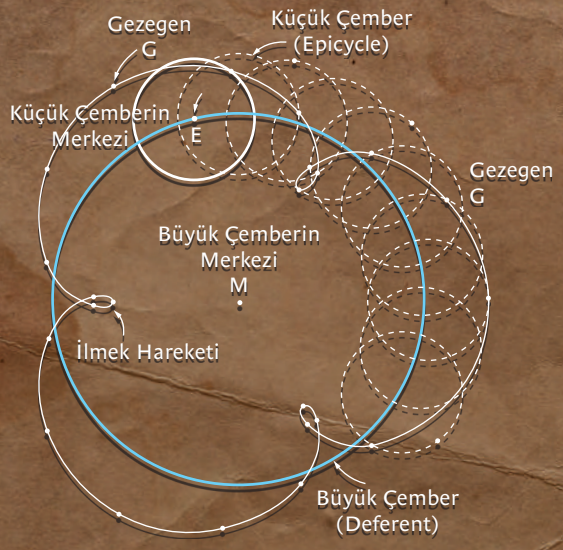
Prof. Dr. Hüseyin Gazi Topdemir
[*Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı*

Dış Merkezli ve Çember Merkezli Modeller

Gezegenlerin yörüngesinin çember şeklinde olmasına dayanarak yapılan gökbilim çalışmaları iki temel sorunun ortaya çıkmasına neden oldu. İlk olarak, gezegenlerin bazen merkeze yaklaşıyor, bazen de uzaklaşıyor gibi hareket etmesi fark edildi. Hâlbuki yörünge tam çemberse bu yaşanmamalıydı. Çünkü çember üzerindeki tüm noktalar merkeze eşit uzaklıktadır. Dolayısıyla gezegen, yörüngesinde dolandığı müddetçe, üzerinde hareket ettiği her noktada merkeze eşit uzaklıkta olmalıdır. İkinci sorun ise gezegenlerin yörüngesi üzerinde bazen hızlı bazen de yavaş hareket ediyormuş gibi görünmesi idi. Yörünge çember şeklinde ise bu da yaşanmamalıdır. Çünkü döngüsel hareket hızın sabit ve düzenli olduğu harekettir. Bu yüzden bütün gök modellerinde döngüsel hareket doğal hareket olarak kabul edilir.

Bu sorunları çözmek için Pergeli Apollonios (MÖ 262-200), gökbilim tarihinde dış merkezli ve çember merkezli olmak üzere iki geometrik hesaplama modeli geliştirdi ve gökbilimin matematiksel bir nitelik kazanmasına önayak oldu. Bu modeller on altıncı yüzyılın başlarında gezegenlerin yörüngesinin elips olduğunun anlaşılmasına kadar kullanıldı.

Dış merkezli model Ay gibi tekdüze hareket eden gök cisimlerinin dolanım hareketlerinde gözlemlenen hızlanma ve yavaşlamayı açıklamakta başarıyla kullanıldıysa da gezegenlerin hareketlerinde gözlemlenen daha karmaşık düzensizlikleri açıklamak için çember merkezli modele başvuruldu. Bu karmaşık hareketler arasında merkeze yakınlaşma, merkezden uzaklaşma ve ilmek hareketi (geriye doğru dönüp tekrar ilk hareket yönünde dolanımını sürdürmek) ile bazen hızlı bazen de yavaş hareket etmek gibi çeşitli düzensizlikler yer alır. Dış merkezli modele göre daha gelişmiş olan çember merkezli model, ana yörüngeyi oluşturan büyük bir çember ve bu çemberin üzerindeki her bir noktayı merkez alarak hareket eden küçük bir çemberden oluşur. Gezegenler de küçük çember üzerinde dolanırlar.



İlmek hareketi

Gezegen (G), büyük çemberin üzerindeki her bir noktayı (E) merkez alan küçük çember üzerinde hareket ederken, küçük çemberin merkezi E de büyük çemberin merkezi M'nin etrafında dolanır. Mavi renkli çember ise gezegenin (G) toplamda izleyeceği yoldur.

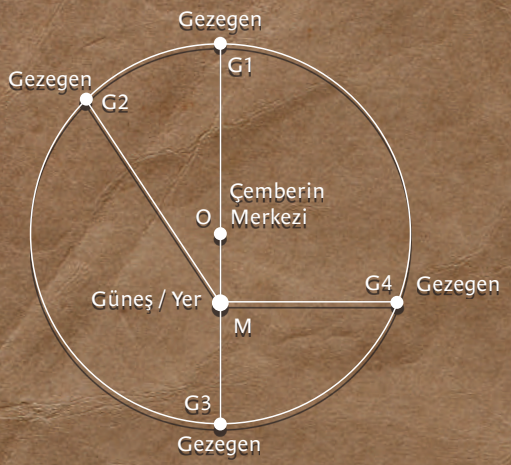
(W. E. Knowles Middleton, *The Scientific Revolution*, Schenkman Publishing Company, Cambridge 1963, s. 28).

Dış Merkezli Model

Bu modelin başlıca iki özelliği vardır. İlk özelliği yörüngenin çember olarak düşünülmesidir. İkinci özelliği ise Güneş veya Yer gibi etrafında gezegenlerin yörüngede dolandığı kabul edilen gök cisimlerinin çemberin merkezinde değil de belirli bir miktar merkezin dışına yerleştirilmesidir. Gezegenler çemberin merkezine göre değil, merkezden belirli bir miktar kaydırılmış bir konumda bulunduğu kabul edilen (Güneş veya Yer) gök cisminin etrafında dolandıkları için merkeze yakınlaşma ve merkezden uzaklaşmanın yanı sıra hızlı ve yavaş hareket etme gibi düzensizlikler de bu modelle açıklanabilmiştir.

Çember Merkezli Model

Bu model, ana yörüngeyi oluşturan büyük çember ile bu çemberin üzerindeki noktaları merkez alan ve episikl denilen küçük bir çemberden oluşur. Gezegen küçük çember üzerinde (episikl) dolanırken, küçük çember de büyük çemberin üzerinde hareket eder. Bu modelde Güneş veya Yer ana yörüngeyi oluşturan çemberin tam merkezindedir (M). Gezegenler küçük çemberin



Dış Merkezli Model

Gezegen çemberin merkezine (O) göre değil, merkezden uzak bir noktaya yerleştirilen Güneş'i veya Yer'i merkez (şekildeki M noktası) alan bir çember üzerinde, sırasıyla G1, G2, G3 ve G4 gibi dolanım merkezine (M) farklı uzaklıklarda bulunarak dolanır. Buna göre gezegen G3 noktasında M'ye en yakın, G1 noktasında ise en uzaktır.



Çember Merkezli Model

Küçük çember (episikl) üzerinde hareket eden herhangi bir gezegen, bu çemberin dolanımına bağlı olarak ana yörüngesini tamamlar. Buna göre gezegen G1 noktasında ana yörüngeyi oluşturan çemberin merkezine en uzak, G3 noktasında ise aynı merkeze en yakın noktadadır.

hareketine bağlı olarak büyük çemberin merkezindeki gök cisminin çevresinde dolanır. Bu modelle hem uzaklaşma ve yakınlaşma hem hızlanma ve yavaşlama hem de ilmek hareketi kolayca açıklanabilir.

Her iki model de gezegen yörüngelerinin elips olduğu keşfedilinceye kadar uzun yıllar boyunca kullanıldı. Aslında gezegen hareketlerindeki düzensizlikler yörüngenin kesinlikle çember olmadığını açıkça göstermiş olsa da kuramsal bilgi yetersizliği yüzünden yörüngelerin elips olduğunun keşfedilmesi gecikti.

İznikli Hipparkos

Hayatının bir kısmını İznik'te, bir kısmını da Rodos'ta geçiren Hipparkos (MÖ 190-120) Apollonios'un geliştirdiği ancak uygulamasını yapmadığı dış merkezli ve çember merkezli modelleri gezegen hareketlerinde gözlenen düzensizlikleri açıklamak için kullandı ve bu iki modele dayanarak Güneş'in ve Ay'ın hareketlerini açıkladı. Çok sayıda yıldız gözlemi yapan Hipparkos, gözlem sonuçlarını bir yıldız kataloğunda topladı.

Gök bilimi konusunda gözlemci ve kuramcı olarak yaptığı çalışmalarla önemli başarılar elde eden Hipparkos, özellikle Babillilerin altmış tabanlı sayı sistemlerine dayanarak kullandıkları çemberin çevresinin 360 dereceye, 1 derecenin 60 dakikaya, 1 dakikanın da 60 saniyeye bölündüğü bilgisini Antik Yunan matematikçilere tanıttı.

Sabit yıldızların doğuya doğru hareket etmesi sonucu gece gündüz eşitliğinin bozulması, yani "ekinoksların presesyonu" adı verilen konuda da çalışmalar yürüttü. Hipparkos'a göre, gece gündüz eşitliğinin bozulmasının nedeni Yer'in dönmesi sırasında, dönme ekseninin uzun bir zaman diliminde bir koni şekli oluşturmasıdır. Bu belirlemesi sonraki çalışmalarla da doğrulanmıştır.

Antik Çağ gökbilimcileri içerisinde Hipparkos'u farklı kılan aslında gözlemci yönünü ciddi bir biçimde geometri ile desteklemesi idi. Mevsimlerin farklı uzunlukta olduğunu belirledikten sonra, bunun nedenini anlamaya çalıştı ve dış merkezli modele dayanan bir

açıklama geliştirdi. Buna göre, Yer bütün gök cisimlerinin merkezindedir ve Güneş de dâhil olmak üzere hepsi onun çevresinde çember çizerek dolanmaktadır. Mevsimler Güneş'in hareketiyle ilgili olduğuna göre, mevsim farklılıklarının çember üzerindeki dolanım hızının değişiminden kaynaklandığı açıktır. Çember dışında bir yörünge şekli bilinmediğine göre, hız değişimini açıklamak için dış merkezli modelde değişikliğe gitmek, yani Yer'i merkezden uzaklaştırmak gerekir. Öyleyse yapılması gereken bu uzaklık miktarını hesaplamaktır. Hipparkos bunu geometri yoluyla doğru şekilde hesaplamayı başarmıştır.

Arşimet

Arşimet (MÖ 287-212), eğitimini İskenderiye'de tamamladıktan sonra Siraküza'da çalıştı. Kuramsal ve uygulamalı çalışmalar yapmış az sayıdaki çok yönlü bilginden biridir. Yoğunlaştığı alanlar matematik ve fiziktir. Statik ve hidrostatik çalışmaları matematiksel fiziğin ilk örnekleridir.

Kuramsal bilgileri sorunların çözümünde başarıyla kullanabilen bir bilim insanı olan Arşimet, suyun kaldırma gücünü gözlemledikten sonra yaptığı araştırmalarla özgül ağırlık fikrine ulaştı. Bu fikrini Siraküza Kralı II. Hieron'un saf altından yaptırmak istediği tacına kuyumcunun gümüş katıp katmadığını belirlemek için kullandı. Bu konudaki akıl yürütmesinin temeli her maddenin kendine özgü bir ağırlığı olduğu düşüncesi idi.

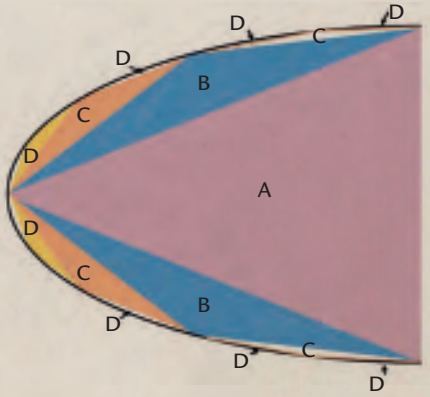
Arşimet tacın saf altından mı yoksa altın ve gümüş karışımından mı üretildiğini çözmek için şöyle bir deney yapmıştı: Önce tacı suyla dolu, dereceli bir kaba batırarak taşırdığı su miktarını belirledi, ardından tacı bu suyun hacmine eşit miktarda altın ve gümüş ile tarttı. Deney tacın saf altın olmadığını ortaya çıkardı.

Suyun kaldırma gücünden hareketle yaptığı deney sayesinde, "sudan daha yoğun bir nesne suya daldırıldığında taşırdığı suyun ağırlığı kadar kendi ağırlığından yitirir" sonucuna ulaştı. Arşimet ilkesi denilen bu düşünce, sıvıların bilimi olan hidrostatiğin temelidir.

Arşimet'in uygulamalı çalışmaları arasında makaralar, aynalar, vidalar ve kaldıraçlar bulunuyor. Arşimet, bu araçların temel fizik ilkelerini de açıkladı. Örneğin, kaldıraç konusundaki ilkesini şöyle ifade etmişti: Eşit olmayan ağırlıklar eşit olmayan mesafelerde dengelenir, başka bir deyişle, eşit olmayan ağırlıkların dengede kalabilecekleri bir denge noktası vardır.

Arşimet, matematik alanında da çalışmalar yaptı. Bir silindirin hacminin, içine yerleştirilen bir kürenin hacmine oranının, küre ve silindirin alanlarının oranına eşit olduğunu keşfetti.

Ayrıca eğri bir yüzeyin alanını bulmak üzere kullandığı yöntem ile sonsuz küçükler hesabının temellerini attı. Bu yöntemde, eğri bir yüzeyin alanını bulmak için, örneğin bir parabolün alanını bulmak için, parabolün içine önce alanı kolayca hesaplanan bir üçgen çiziliyor, üçgenin kenarlarında kalan alanları hesaplamak için yine üçgenler çiziliyor ve böylece parabolün alanı çizim yoluyla gerçek değerine en yakın şekilde hesaplanabiliyordu. Bir alana düşünülebilecek en küçük parçanın matematiksel olarak yerleştirilmesi yöntemi ile sonsuz küçükler hesabının tam olarak geliştirilmesi sürecinin ilk önemli adımını attı.



Parabolün alanına S dersek
S= A+2B+4C+8D…. olarak hesaplanabilir.

Gelecek sayıda Eratosthenes ve yedi özgür sanattan söz edecek, Dioskorides'in çalışmalarını ele alacağız. ■

Doğa
Fauna

KURBAĞA AĞZI KUŞU

Dr. Bülent Gözcelioğlu [*turkiye.dogasi@tubitak.gov.tr*



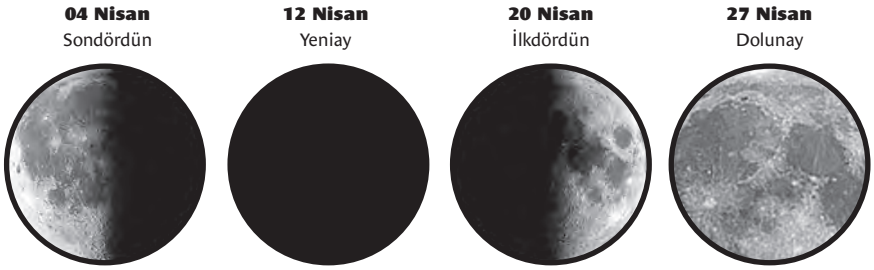
Yaşadığımız dünyada kuşlar ve onların yaşam tarzları hem bilim insanlarının hem de çok sayıda amatör bilimcinin ve kuş gözlemcisinin ilgisini fazlasıyla çekiyor. Birçok kişi kuşların peşinde dünya turlarına katılıp onların görüntülerini almaya çalışıyor. Kurbağa ağzı kuşu da Güney Doğu Asya ve Avustralya'da yaşayan ilginç kuşlardan birisidir.

Adını kurbağaya benzeyen ağzından alan bu kuşun 12 kadar farklı türü bulunur. Bunlardan sarımsı kahverengi renkte olan bir tür (*Podargus strigoides*) Avustralya ve Tazmanya'da yaşar. Gece aktif olan bu kuş, vücudu üzerindeki renkler ve desenlerden dolayı baykuşa benzer. Bazen esmer baykuş ismiyle de anılan bu kuşun boyu 34-53 cm kadardır. Ağaç dalları üzerinde tünerken vücut rengine benzer bir dala gelir ve gagasını yukarı doğru çevirir. Bu sayede kamufle olur ve fark edilmesi zorlaşır. Ormanlar, çalılık yerler ve savanalar başlıca yaşam alanlarıdır. Böcekler ve küçük omurgalılar gibi hayvanlarla beslenir.



Gökyüzü

Prof. Dr. Faruk Soydugan
[*fsoydugan@comu.edu.tr*



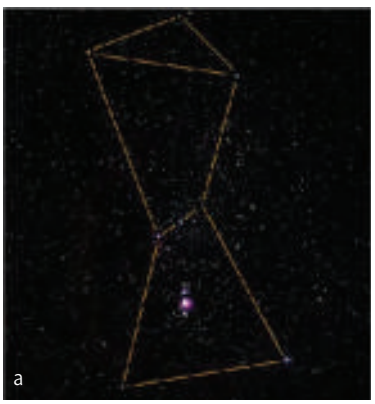
Gök Kubbeye Çevrilen Mercekler ve Aynalar

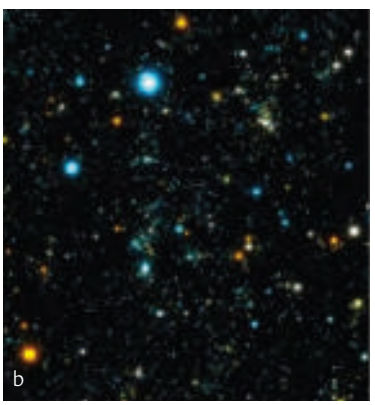
İnsanlık tarihi kadar uzun bir geçmişi olduğu düşünülen gökbilim, henüz kuramsal araştırmalar çok uzakken yapılan gözlemler sayesinde ortaya çıktı ve aşama kaydetti. Çok uzun süre boyunca gözlemler çıplak gözle yapıldı ve bunu takiben çok sayıda gökbilim kuramı bu gözlemlere dayanılarak ileri sürüldü. Gözün mercekli yapısının farkına varılmasıyla birlikte binlerce yıldır yapılan bu gözlemlerin küçük de olsa "bir çift teleskop" ile yapıldığı anlaşıldı. 400 yılı aşkın süredir de teleskop dediğimiz optik araçları gök kubbeye çevirerek gökyüzünün ve aslında evrenin gizemini araştırmak üzere derin bir yolculuğun içindeyiz. Son yıllarda uzay teleskopları sayesinde evrenin başlangıcına yaklaşacak kadar (başlangıca birkaç yüz milyon yıl kadar) uzun bir yolda seyahat edebileceğimiz anlaşıldı. Gök kubbeye çevrilen bu mercekler ve aynalar, bilimin ve teknolojinin ilerleyişinden nasibini aldı ve bizi çok çok uzaklara - geçmişe taşıdı ve taşımaya devam ediyorlar.

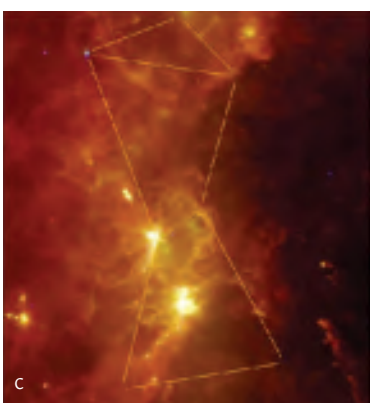
Gök cisimlerinden yayılan ışığı ölçmek için kullanılan temel aygıt teleskoplardır. Daha büyük ışık toplama yüzeyi (veya çapı) olan teleskoplar, aynı sürede, küçük çaplı olanlara göre daha fazla ışık toplarlar. Bunu yağmur altında duran bir bardak ve kovanın aynı sürede toplayacağı yağmur miktarına benzetebiliriz.

Peki ışığı ölçmek için teleskoplar yeterli midir? Amacımız sadece teleskop kullanarak gök cisimlerini gözlemek ise teleskop yeterli olur ancak ışığı ölçmek ve kaydetmek için başka iki temel araca daha ihtiyaç duyarız. Dedektör veya alıcı dediğimiz cihazlar teleskoplara ulaşan ışığın kayıt edilmesini sağlar. Günümüzde en sık kullanılan alıcılar CCD (Charge-Coupled Devices) olarak adlandırılıyor. Bu kayıt cihazları günümüz dijital fotoğraf makinelerine benzese de ışık toplama kabiliyetleri çok yüksektir. Alıcı yüzeye gelen fotonları yakalama kabiliyeti olarak adlandırılan "kuantum etkinliği" CCD'lerde %95'i aşabiliyor. Gözümüzün kuantum etkinliği %1 civarında iken CCD'lerden önce teleskoplara bağlı alıcı olarak kullanılan fotokatlandırıcı tüplerde ise bu değer %10-20 aralığında değişiyordu.

Orion Takımyıldızı bölgesinin optik (a), X ışını (b) ve kızılötesi (c) enerji bantlarında alınan görüntüleri







Gök cisimlerinden yayılan ışık farklı enerji, frekans veya dalga boylarında olabiliyor ancak Dünya atmosferi sadece belirli dalga boylarının geçmesine izin veriyor. Atmosferden geçen ve gözümüzün de gördüğü dalga boyu aralığına optik veya görünür bölge deniyor. Bu nedenle, yeryüzündeki teleskopların önemli bölümü optik teleskoplar diye adlandırılıyor. Bunun yanında atmosferin kısmen geçirdiği kızılötesi ve radyo dalga boyuna duyarlı teleskop ve alıcılar da kullanılabiliyor. Bu durumda, istenilen enerji bandında ışık toplamak için gelen enerji kaydedilmeden önce filtreden geçiriliyor. Özetle, ışığı ölçmek için genellikle üç temel araç kullanılıyor: teleskop, süzgeç ve alıcı.

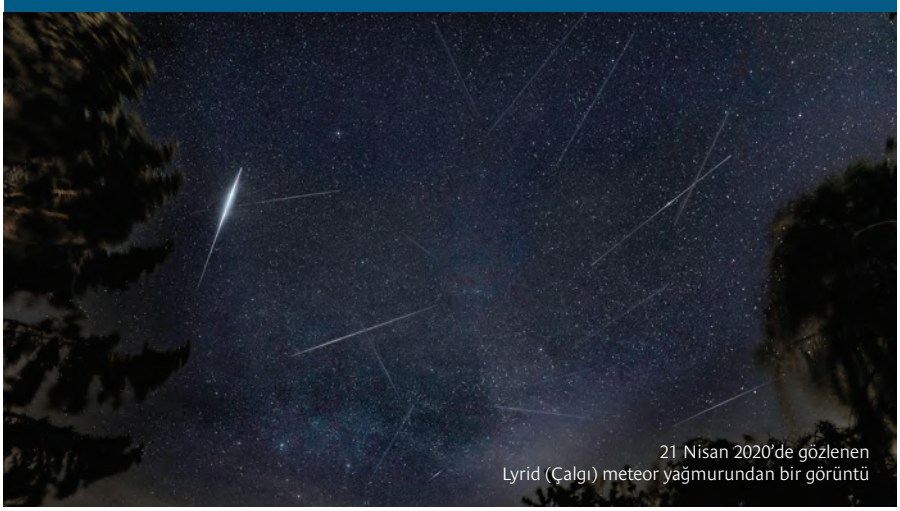
Galileo'nun 1610 yılında teleskobu gökyüzüne çevirmesinden bugüne, bilim ve teknolojideki gelişmelere paralel olarak, teleskoplar da çok yol aldı. Profesyonel kullanımda büyük çaplı, özel alıcılarla donatılmış teleskoplar yüz milyonlarca TL'yi bulan bütçelerle üretiliyor. Görünür ışığı toplayan teleskoplarda, ışığı toplamak için mercek veya ayna kullanılıyor. Ana bileşenleri gökyüzüne çevrilen mercekler ve/veya aynalar olan teleskoplar neden evren laboratuvarının ölçüm aracı olarak kullanılıyor? Gözlemlerde teleskop kullanmanın iki temel nedeni vardır: büyütme ve ışık toplama. Teleskobun ilk keşfedildiği zamanlardaki mercekli küçük çaplı teleskoplar, daha çok Güneş Sistemi içindeki nesneleri keşfetmek ve bazılarını daha büyük yapılar şeklinde görmek ve incelemek için kullanıldı. Ancak daha uzakları gözlemeye başladığımız zaman, nesneler çok büyük uzaklıklara dağıldığından, büyütme işlevi büyük ölçüde devre dışı kalıyor. Özellikle bilimsel araştırmalarda teleskopların ışık toplama kabiliyeti öne çıkıyor. Daha büyük çaplı teleskoplarla daha kısa zamanda çok daha fazla ışık toplanabiliyor ve böylece araştırmacılar çok daha uzaklardaki sönük yıldızları ve derin uzay cisimlerini gözleyebiliyorlar.

Teleskobun en önemli özelliği onun ana optik bileşeninin çapıdır. Açıklık olarak da adlandırılan bu özellik teleskoplarla neler gözlenebileceğini belirleyen önemli bir parametredir. Açıklık aslında teleskobun ışık toplama gücünü belirleyen özelliktir. Gerçekte bir teleskobun birim zamanda ne kadar ışık toplayabildiği büyütme işlevinden çok daha önemlidir. Genellikle optik sistemler için bu kapasite karşılaştırma ile verilir. Doğal teleskoplarımız olan gözlerimizin açıklığı en büyük olduğu durumda yaklaşık 8 mm'dir. Eğer 80 mm açıklığa sahip bir teleskop kullanırsanız gözlerinizden 100 kat daha fazla ışık toplayabilir, Ay'daki krater ayrıntılarını bazı gezegenleri ve yıldız kümelerini gözlemeye başlayabilirsiniz.

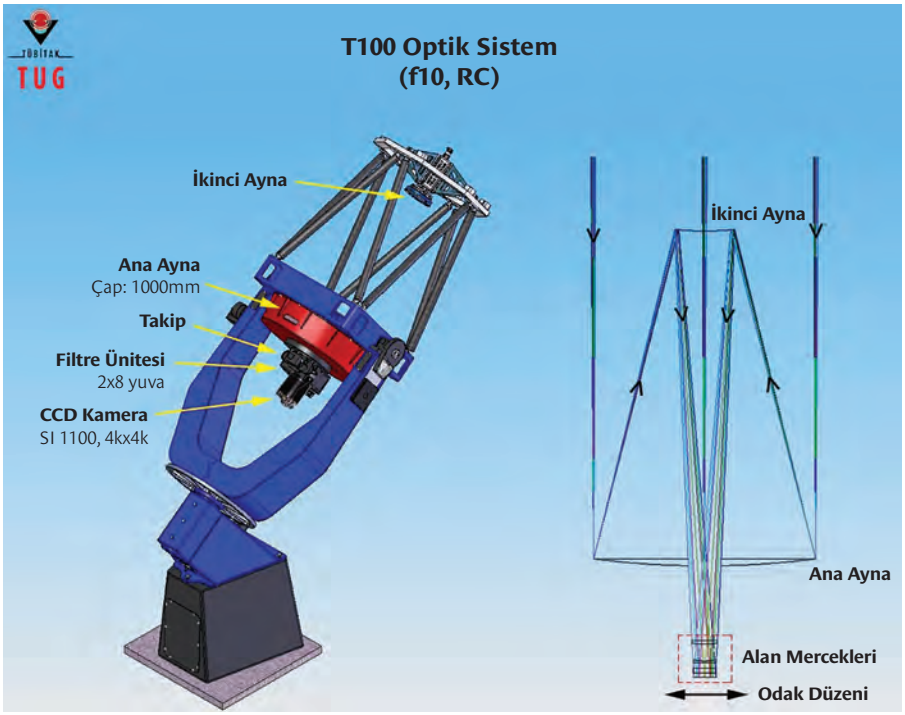
Bir teleskop ile karşılaşanların aklına ilk gelenlerden biri "ne kadar büyütüyor?" sorusudur. Bu sorunun cevabı kullanılan göz merceğine bağlı olarak değişmektedir. Büyütme miktarını, açıklık ve atmosferik koşullar sınırlandırır. Bu nedenle, en verimli ve kullanışlı büyütme aralığını belirlemek gerekir. Amaç genellikle ışığı çok dağıtmadan ve bulanıklaştırmadan bir büyütme sağlamaktır. Kullanışlı bir büyütme için basit bir ku-

Lyrid (Çalgı) Meteor Yağmuru

Kaydı tutulmuş en eski meteor yağmurlarından olan Lyrid'lerin yaklaşık 2700 yıl öncesine dayanan gözlem kayıtları bulunuyor. Bu yağmurun kaynağı, Güneş etrafında 415 yıllık dönemle dolanan Thatcher kuyruklu yıldızının artıklarıdır. 16-25 Nisan arası gerçekleşecek Lyrid meteor yağmurunda meteorların en yoğun gözleneceği tarih 22-23 Nisan gecesi olacak. Gece yarısından sonra, Ay battığında gözlem yapılması, daha fazla sayıda meteor görme şansını arttıracaktır. Bu tarihte saatte 15-20 meteor gözlenebileceği tahmin ediliyor. Bu yağmurda meteor hızlarının saniyede 49 km civarında olduğu biliniyor. Yağmurun radyant noktası Lyra (Çalgı) Takımyıldızı'nda yer alan ve gökyüzünün en parlak yıldızlarından biri olan Vega'ya çok yakın. Mümkün olduğunca karanlık bir bölgede Vega'ya doğru çıplak gözle yapılacak gözlemlerle Dünya atmosferine girerek ışıldayan "ateş topları" izleyenlere keyif verecek.



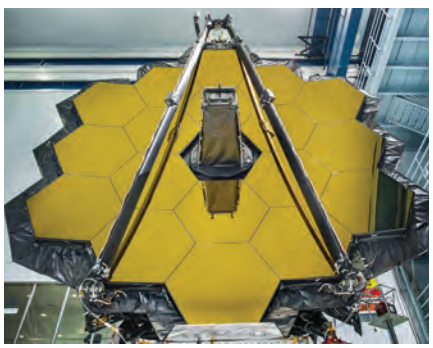
21 Nisan 2020'de gözlenen
Lyrid (Çalgı) meteor yağmurundan bir görüntü



TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde bulunan 100 cm çaplı aynalı teleskobun optik sistemi.

ral vardır: Eğer teleskobunuzda optik bir problem yoksa, gökyüzü temiz ve türbülans çok etkili değilse, teleskobunuzun kullanışlı büyütme değeri mm cinsinden açıklık değerinin yaklaşık iki katı kadardır. Örneğin, 100 mm çaplı bir teleskop için kullanışlı büyütme 200 kat yöresindedir.

Optik sistemler kullanılarak yapılan gözlemlerde önemli özelliklerden biri de çözümleme gücüdür. Basitçe, optik sistemle birbirine ne kadar yakın iki nesneyi ayırabildiğimizi gösteren çözümleme gücü, gözlem yaptığımız nesnelerin ayrıntılarını görmek ve yakınındaki nesne ve ortamları incelemek için önemlidir. Çözümleme gücü gözlem yapılan teleskobun açıklığına ve toplanılan ışığın dalga boyuna bağlı olarak değişir. Teleskop açıklığı veya çapı büyüdükçe birbirine çok yakın nesneler ayrılabilse de atmosferik görüş veya kalite çözümleme gücünü sınırlandırır çünkü ışık atmosferden geçerken saçılma ve soğurma süreçlerine uğrar. Bu nedenle, Dünya yüzeyinden yapılan gözlemlerde 1 açı saniyesinin altında açısal çözümleme gücüne ulaşmak çoğunlukla mümkün değildir. Atmosfer dışındaki uzay teleskopları sayesinde bu değerin altındaki çözümleme gücünde gözlemler yapılabildiğinden çok daha küçük çaplı uydu teleskoplarla yer konumlu büyük çaplı teleskoplardan çok daha duyarlı gözlemler yapmak mümkün olabiliyor.



2021'de uzay gönderilmesi planlanan James Webb Uzay Teleskobu'nun 18 altıgenden oluşmuş 6,5 metre çaplı ana aynası

Teleskop çapları büyümeye başladığı zaman ana optik bileşen olarak aynalar tercih ediliyor çünkü büyük mercekleri yapmak optik olarak çok zor ve büyük merceklerde optik problemlerin artması da verimliliği düşüren nedenlerden. Bu nedenle, çoğunlukla 5-10 cm'den daha büyük çaplı optik teleskoplar artık ana ışık toplayıcı yüzeyleri ayna(lar) olacak şekilde imal ediliyorlar. Çok büyük çaplı aynalı teleskoplar ise hem verimli kullanmak hem de optik problemlerden kaçınmak için çok parçalı olarak üretilip bir bal peteği şeklinde birleştirilerek büyük aynalar olarak kullanılıyor (örneğin; 10 m çaplı Keck ikiz teleskop aynaları). Bu tür optik sistemlerde aynı zamanda, ışığın atmosferde uğradığı bozulmaları da düzeltmek için güncel teknolojiler kullanılıyor.

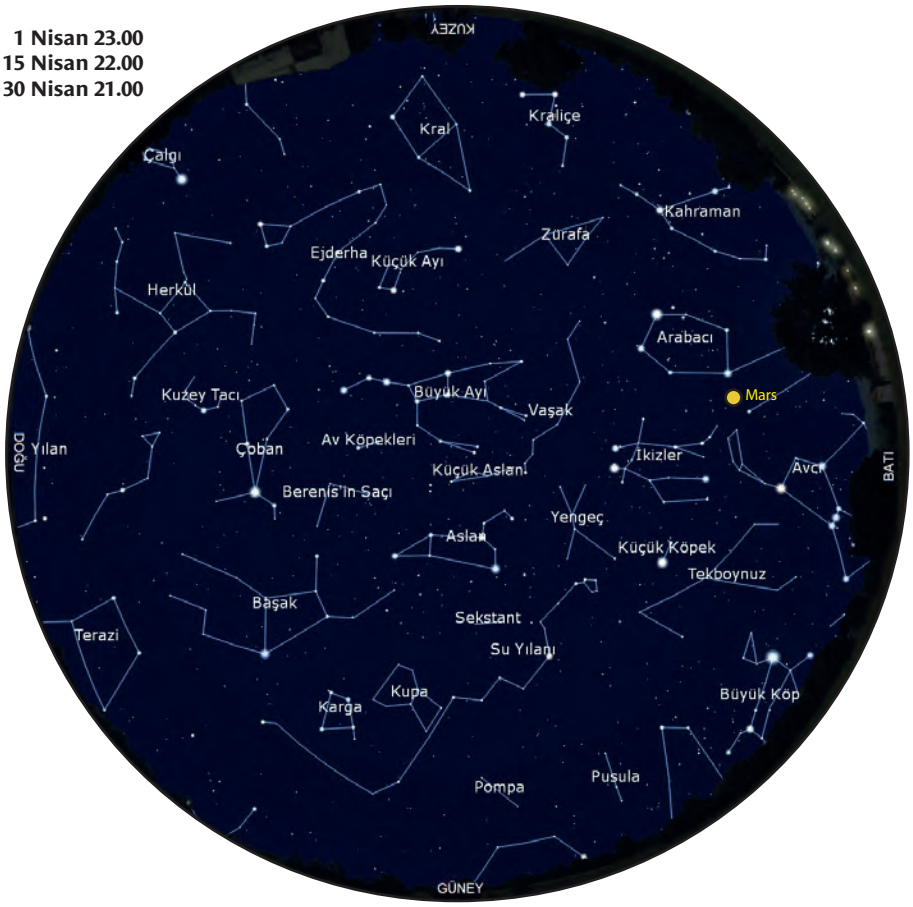
Teleskoplar ne kadar büyük çaplı ve ışık toplama gücü yüksek olsalar da onların bir araç veya gözlem aleti olduğunu unutmamak gerekiyor. Gök kubbedeki doğal kozmik sergiyi seyretmek ve gözlemek önemli olsa da daha önemlisi onu çözmeye ve öğrenmeye çalışmak için sorular üretip onların peşine düşebilmek.

Belki de şairin dediği gibi sonunda *"Gök kubbede hoş bir sadâ bırakabilmek"*...

Kaynaklar

https://solarsystem.nasa.gov/asteroids-comets-and-meteors/meteors-and-meteorites/lyrids/in-depth/
https://earthsky.org/?p=158735
https://skyandtelescope.org/astronomy-equipment/how-to-choose-a-telescope/
https://web.njit.edu/~gary/320/Lecture3.html
https://courses.lumenlearning.com/astronomy/chapter/telescopes/

1 Nisan 23.00
15 Nisan 22.00
30 Nisan 21.00



Ayın Önemli Gök Olayları

07 Nisan Ay, Jüpiter ve Satürn gün doğumundan önce doğuda birbirlerine yakın görünümde

14 Nisan Ay Dünya'ya en uzak konumunda (406.100 km)

17 Nisan Ay ve Mars birbirlerine çok yakın görünümde

27 Nisan Ay Dünya'ya en yakın konumunda (357.400 km)



7 Nisan gündoğumu öncesi güneydoğu ufku

Gezegenler

Merkür: Gökyüzünde Güneş'e yaklaşmaya devam eden gezegen ayın ortalarına doğru Güneş'in doğusuna geçiyor ve parlaklığı artıyor. Ayın son birkaç günü ideal gözlem koşullarında ve gün batımından hemen sonra parlak Venüs'ün üzerinde kısa sürelerle görülebilecek.

Venüs: Ay boyunca gökyüzünde Güneş'ten ayrılığını doğu yönünde artırmaya devam eden gezegen ayın son haftası çok kısa sürelerle gün batımından hemen sonra batı ufkunda parlak bir şekilde gözlenebilir. Gezegene Merkür ve ancak teleskopla ayırt edilebilecek Uranüs eşlik ediyor.

Mars: Boğa (Taurus) Takımyıldızı'ndaki kızıl gezegenin gözlem süresi hafifçe azalmaya devam etse de ay boyunca gece yarısına kadar gökyüzünde. 17 Nisan akşamı Ay ile oldukça yakın görünecek. Ayın son haftası ise gece yarısına varmadan batmaya başlayacak.

Jüpiter: Ufuktan fazla yükselemeyen gezegen Güneş'ten yaklaşık iki saat önce doğudan yükseliyor. Ay sonuna doğru yavaş yavaş Oğlak (Capricornus) Takımyıldızı'ndan ayrılmaya başlayacak ve parlaklığı da hafifçe artacak. Ay sonunda iki saati geçen sürelerle gökyüzünde kalmaya başlayacak.

Satürn: Gözlem süresi yavaş yavaş artan halkalı gezegen gün doğumundan önce iki saati geçen sürelerle ay boyunca doğuda gözlenebilecek. 6 ve 7 Nisan sabahı parlak Jüpiter ve Ay ile yakın görünecek. Nisan sonuna doğru ise gece yarısından iki saat sonra doğudan yükselecek ve gün doğumuna kadar gözlenecek.

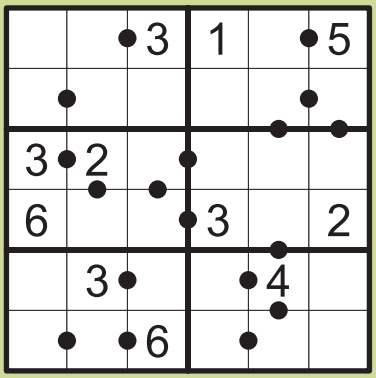
Düşünme Kulesi

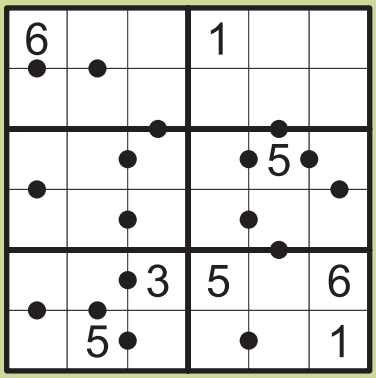
Ferhat Çalapkulu [*dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr*

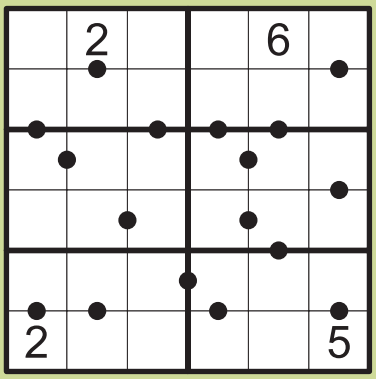
Ayın Oyunu:
Ardışık Sudoku

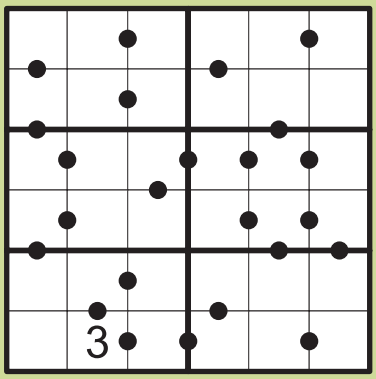
Ardışık Sudoku Oyun Kuralları

Her satırda, her sütunda ve kalın çizgilerle belirlenmiş her 2x3'lük bölgede 1'den 6'ya tüm rakamlar tam olarak birer kez yer alacak şekilde diyagramı doldurun. Tüm ardışık komşuların arasında siyah nokta vardır.









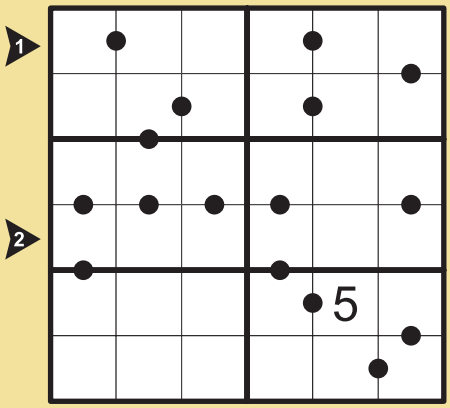
Ardışık Sudoku - Örnek Çözüm

5	1	3	2	4	6
6	4	2	1	5	3
2	3	6	5	1	4
1	5	4	3	6	2
3	6	1	4	2	5
4	2	5	6	3	1

Ödüllü soru

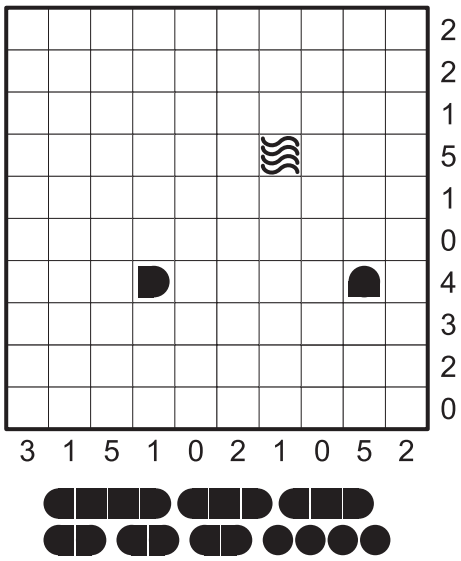
▼ Ardışık Sudoku sorusunu çözüp ok doğrultusundaki içeriği yazarak ad, soyad ve adres bilgileri ile birlikte dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr adresine gönderenler arasından çekilişle belirlenecek 10 kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları tarafından yayımlanmış *Güneş Sistemi* başlıklı kitap hediye edilecek. Çekiliş sonuçları dergimizin facebook ve twitter hesaplarından önümüzdeki ayın ilk haftasında duyurulacak. Geçen ayın ödüllü Renban Sudoku sorusunu doğru yanıtlayan ve kitap ödülü kazanan okurlarımızın listesi facebook ve twitter hesaplarımız üzerinden duyuruldu.

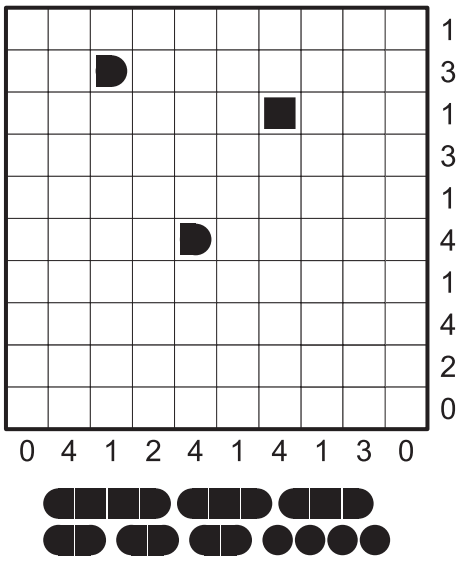
www.bilimteknik.tubitak.gov.tr



Ok doğrultusundaki içeriği yazın.
Örnek çözümün ilk satırı 513246 şeklinde yazılmalıdır.

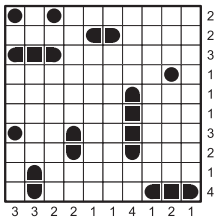
Amiral Battı: Her bir diyagrama 4 denizaltı, 3 destroyer, 2 kruvazör ve 1 savaş gemisini yatay ya da dikey olarak öyle yerleştirin ki hiçbiri birbirine çaprazdan da olsa değmesin. Diyagramın dışındaki sayılar, o satır ya da sütunda bulunan gemi parçalarının sayısıdır. Bazı gemi ve deniz parçaları verilmiştir.





Amiral Battı

Örnek Çözüm





Bölgeleme: Tablonun tamamını beş birimlik (örnek çözümde dört) bölgelere ayırın. Her bölgede her bir harften birer tane olmalıdır.

E	A	B	C	D	A	E	B	D
A	A	D	B	E	D	A	C	C
D	D	C	C	A	A	B	B	B
C	B	C	D	C	D	E	E	A
B	E	E	B	A	C	D	E	E

B	E	A	C	D	B	C	D	E
E	A	C	E	C	A	D	B	A
B	C	D	E	A	E	D	C	B
A	D	D	B	B	A	B	C	B
E	C	D	C	A	E	A	D	E

Bölgeleme

Örnek Çözüm

C	B	C	A	D	A
D	A	A	B	B	B
C	D	C	A	C	D
D	B	A	B	C	D

Geçen Sayının Çözümleri

3	5	4	2	1	6
2	1	5	6	4	3
5	6	1	4	3	2
4	2	3	1	6	5
6	4	2	3	5	1
1	3	6	5	2	4

6	2	3	4	1	5
4	5	1	3	2	6
5	1	2	6	4	3
3	4	5	2	6	1
2	3	6	1	5	4
1	6	4	5	3	2

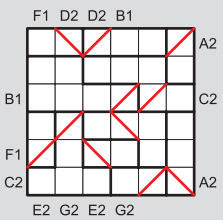
3	2	1	5	4	6
5	6	4	1	2	3
1	4	2	3	6	5
2	1	5	6	3	4
4	3	6	2	5	1
6	5	3	4	1	2

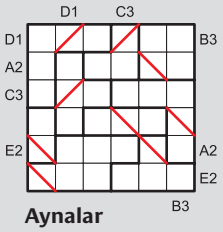
2	3	5	4	6	1
3	6	4	5	1	2
4	1	2	6	5	3
6	2	3	1	4	5
5	4	1	3	2	6
1	5	6	2	3	4

Renban Sudoku

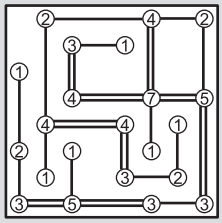
5	1	4	6	3	2
2	3	5	4	6	1
1	5	3	2	4	6
6	4	2	1	5	3
4	6	1	3	2	5
3	2	6	5	1	4

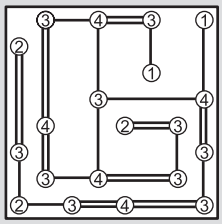
Ödüllü Soru: Renban Sudoku





Aynalar





Hashi

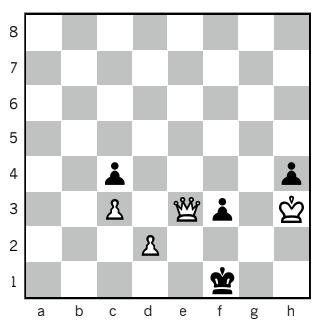
Kıvanç Çefle [*btsatranc@tubitak.gov.tr*



Satrançta Özel Hamleler - II

Sayın okurlarımız, önceki yazımız, satrançtaki özel hamlelerden biri olan rok hakkındaydı. Bu kez "geçerken alma" hamlesini ele alacağız. "En passant" olarak da tanımlanan bu hamlenin tarifini geçen yazımızda yapmıştık. Bu ilginç hamle ancak 19. yüzyılın sonlarına doğru satranç dünyasında evrensel kabul gördü. Pratik oyuna girmesiyle de kurguculların yapıtlarında sıkça yer verdikleri motiflerden biri hâline geldi. Aşağıda verdiğimiz örnekleri inceleyince etütçü ve problemcilerin geçerken alma hamlesini neden çok sevdiğini daha iyi anlayacaksınız.

Diyagram 1
Aleksandr Galitzki
Tidskrift för Schack, 1891



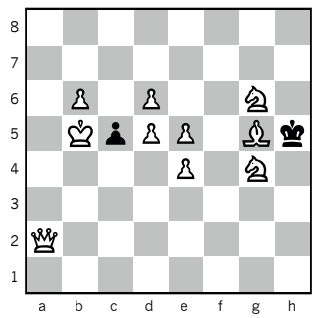
Beyaz oynar, üç hamlede mat eder.

Bu sade görünümlü problemde yine de bir incelik var. Beyaz 1. d3 ile siyahı *zugzwang*'a düşürmeyi deneyebilir: 1…c4xd3? 2. Vd2! (*zugzwang*)…f2 3. Vd1 mat; ya da 2…Şg1 3. Ve1 mat. Ama hikâye burada bitmiyor: 1…f2! 2. Ve4 c4xd3 ve siyah üç hamlede mat olmaktan kurtulur. Anahtar hamle **1. d4!** sorunu çözer. Şimdi iki önemli varyant var:

a) **1…c4xd3 e.p. 2. Vd2!** ve siyah yukarıdaki gibi *zugzwang*'da. Beyaz üçüncü hamlede mat eder.
b) **1…f2 2. Ve4**! (yukarıda bu hamle işe yaramıyordu)…**Şg1 3. Vg2 mat**.

"b" varyantında siyah 2…c4xd3 e.p. oynayabilseydi üçüncü hamlede mattan kurtulabilirdi. Ama kurallara göre bu mümkün değil çünkü geçerken alma hamlesi beyaz piyon çift sürülür sürülmez yapılabilir! Galitzki, geçerken alma ile ilgili bu özelliği vurgulayan zekice bir problem kurmuş.

Diyagram 2
Rudolf Behal
Ceskoslovenski Sach, 1935



Beyaz oynar, üç hamlede mat eder.

"Geçerken alma" olasılığı aklına gelmeyen birinin bu problemi çözmesi imkânsızdır. Hatta bilgisayar programları dahi bu problemi çözemeyecektir.

Çözüm:

1. **d5xc6 e.p.!** Şimdi üç güzel varyant var:

a) **1…Şxg5 2. Ve6 Şh5 3. Vf5 mat;**
b) **1…Şxg6 2. Vg8+ Şh5 3. Af6 mat;**
c) **1…Şg4 2. Vg2+ Şh5 3. Af4 mat.**

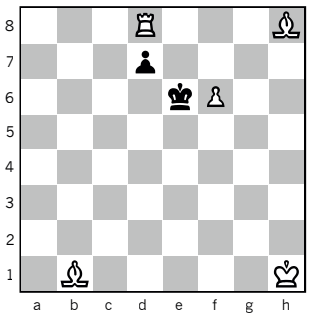


Pek güzel. Ama hâlâ problemi tam olarak çözmüş değiliz. Esas yapmamız gereken beyazın 1. d5xc6 e.p. oynamaya hakkı olup olmadığını tartışmak. Başka bir deyişle, siyahın son hamlesinde …c7-c5 oynadığını kanıtlamamız gerek. İşte burada retrograd analiz devreye giriyor:

Son hamleyi siyah şah yapmış olamaz. Çünkü g6, g5 ve g4 karelerinde taşlar var. Şahın h6 ya da h4 karelerinden h5'e gelmesi de mümkün değil, çünkü eğer bu kareler üzerinde olsaydı beyaz kural dışı bir şekilde hem at hem de fille şah çekmiş olurdu. Diğer yandan siyah piyon ya c7'den ya da c6'dan c5'e gelmiş olmalıdır. Piyon c6'da iken beyaz şahı tehdit ettiğinden bu durum olasılık dışı. Diğer bütün ihtimalleri dışladığımıza göre siyah son hamlesinde …c7-c5 oynamıştır. Ancak bu akıl yürütmeden sonra problemin çözümü tamamlanmış olur.

İlginç satranç bilmecesi türlerinden biri de bir oyunda ortaya çıkan bir pozisyondan önce oynanmış son bir ya da birkaç hamlenin geri alınması üzerinedir. Aşağıdaki pozisyonda (Diyagram 3) bu tür problemlerden birini görebilirsiniz.

Diyagram 3
Werner Keym
Stuttgarter Zeitung, 2005



Bu pozisyon oluşmadan önceki son hamleyi beyazın yaptığını biliyoruz. Problemin iki parçası var. Önce ilkini çözelim:

a) Beyaz oynadığı son hamleyi geri alsaydı siyahı iki hamlede mat edebilirdi. Bu bilgiye göre beyazın oynadığı son hamle neydi?

Çözüm:

Beyaz son hamlesinde **e5xf6 e.p** oynamıştı. Bu hamleyi geri alalım, yani f6'daki piyonu e5'e, alınmış siyah piyonu da f5'e koyalım. İşte bu pozisyonda beyaz **1. Fa2+ d5 2. e5xd6 e.p.** ile mat eder! Geçerken alma hamlesinin iki kez kullanıldığı bir problem.

Problemin ikinci kısmı da şöyle:

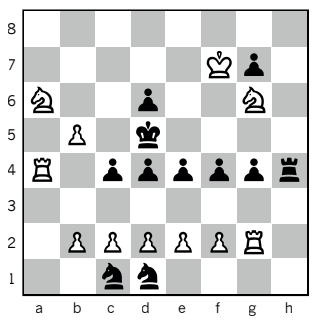
b) h8'deki fili oradan alıp f8'e koyalım. Bu yeni durum için de soru aynı: Beyaz son hamlesini geri alsaydı iki hamlede mat edebilirdi, bu durumda oynadığı son hamle neydi?

Çözüm:

Beyaz son hamlesinde e7'de duran piyonuyla siyahın d8'de duran atını almış ve piyonunu kaleye terfi ettirmişti, yani **e7xAd8=K** hamlesini yapmıştı. Bu hamleyi geri alırsak beyaz **1. e8=V+ Şxf6 2. Ve7** ile mat eder.

Son örneğimiz daha çok etütleriyle tanınan, aynı zamanda güçlü bir oyuncu da olan Fransız kompozitör Frederic Lazard'ın (1883-1948) bir problemi (Diyagram 4):

Diyagram 4
Frederic Lazard
La Stratégie, 1919



Beyaz oynar, altı hamlede mat eder.

Çözüm:

1. b4!

Tehdit: 2. Ac7 mat. Gerisi çorap söküğü gibi geliyor:

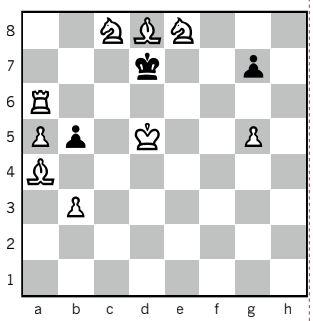
1…c4xb3 e.p. 2. c4+ d4xc3 e.p. 3. d4 e4xd3 e.p. 4. e4+ f4xe3 e.p. 5. f4 g4xf3 e.p. 6. Kg5 mat!

Bu eğlenceli, "şaka" kıvamında ama unutulmayacak problemle yazımızı sonlandırıyoruz.

Ayın Soruları

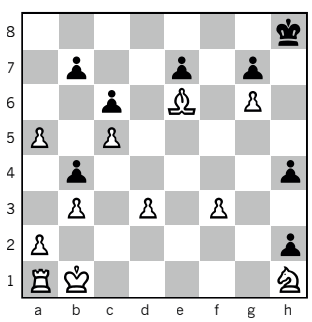
Ayın soruları, tahmin ettiğiniz gibi geçerken alma üzerine. Kolay gelsin!

Diyagram 5
Werner Keym
Allgemeine Zeitung Mainz,1963



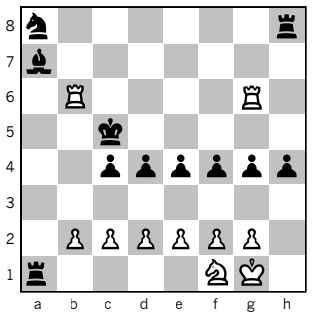
Beyaz oynar, üç hamlede mat eder.

Diyagram 6
Yuri Fokin, 2005
"Beşinci Kahraman Şehirler Yarışması", 2005
Sekizincilik



Beyaz oynar, dört hamlede mat eder.

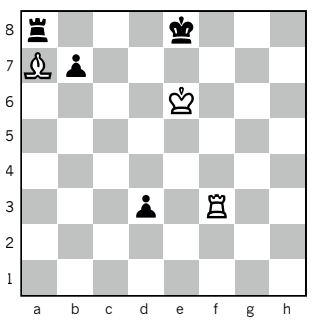
Diyagram 7
Vladimir Korolkov
Şahmaty v SSSR, 1940
Övgü



Beyaz oynar, berabere kalır.

Geçen Ay Sorulan Etüt ve Problemlerin Çözümleri

Diyagram 8
Josef Moravec
Duvtip, 1921



Beyaz oynar ve kazanır.

Çözüm:

Eğer siyahın rok yapma hakkı olmasaydı beyaz hemen 1. Kh3 (2. Kh8 mat tehdidiyle) ile kazanırdı. Siyah mattan 1…Şe8 (ya da f8) ile kurtulsa bile 2. Kh8+ hamlesinden sonra kalesini kaybederdi. Ama ne yazık ki 1…0-0-0 bu planı engelliyor. O hâlde beyaz ilk iş olarak siyahın rok yapmasını önlemeli:

1. Fb8!

Tehdit 2. Kh3

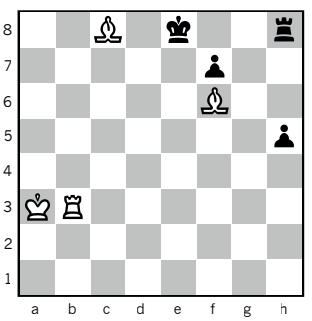
1…d2

1…Ka6+ 2. Fd6! Ya da 1…Kxb8 2. Kh3 Şd8 3. Şd6 ve kazanır.

2. Fd6! 0-0-0 3. Kc3 mat!

Kısacık, ama çarpıcı bir etüt…

Diyagram 9
Norman Macleod
The Problemist, 1923



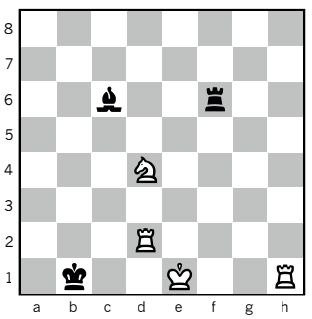
a) Beyaz oynar ve iki hamlede mat eder.
b) h5'teki siyah piyonu tahtadan kaldırırsak beyaz iki hamlede nasıl mat eder?

Çözüm:

a) Beyaz burada 1. Kb8 hamlesini deneyebilir (tehdit 2. Fe6/f5/g4/h3 mat). Ancak siyah 1…0-0 ile matı engeller. Doğru anahtar hamle: **1. Ff5!** (tehdit: 2. Kb8 mat)…**0-0 2. Kg3 mat!**

b) **1. Kb8!** ve şimdi 2. Fe6/f5/g4/h3 mat kaçınılmaz. Peki, siyah rok yaparak (yukarıda olduğu gibi) matı engelleyemez miydi? Eğer rok yapabilseydi engellerdi elbette. Ama artık tahtada h5 piyonu olmadığına göre, son hamlesini kale ya da şahla yapmış olmalı, yani rok yapma hakkını kaybetmiş!

Diyagram 10
Bengt Giöbel
Polistidningen, 1926



Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder.

Çözüm:

1. Af3!
Beyazın üç farklı mat tehdidi var: 2. 0-0, Şe2, Şf2 mat. Siyahın aşağıdaki savunmaları bunların ikisini önlese de üçüncüsüne karşı yetersiz kalıyor:
1…Fxf3 2. 0-0+ Fd1 3. Kfxd1 mat;
1…Kxf3 2. Şe2+ Kf1 3. Kxf1 mat;
1…Fb5 2. Şf2+ Ff1 3. Kxf1 mat.

Ayın Sorusu

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

Bilkent Üniversitesi Fen Fakültesi
Matematik Bölümü

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

Bu ay:

Kareli ve Küplü "Şey"lerin Serüveni



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).

Ali Baba'nın Ödevi

(Matematik)

Ali Baba'yı mağarada yakalayan haramiler onu 40 gün mağarada tutarlar. N = 6, 7, 8, . . ., 40 olmak üzere, haramiler Ali Baba'nın mağarada bulunduğu her N. gün ona N sayısına bağlı bir ödev verirler (İlk 5 gün Ali Baba'ya ödev vermezler). Belirlenmiş N değerleri için her N. gün Ali Baba'nın çözmesi gereken ödev şudur:

Haramiler ilk önce Ali Baba'ya 1, 2, . . ., N sayılarıyla numaralanmış N tane kese verirler. $1 \le k \le N$ olmak üzere, bu keselerden k numaralı olanının içinde tam olarak k tane altın sikke vardır. Ali Baba'nın bu keseleri üç haramiye aşağıdaki iki koşulu gözeterek dağıtması gerekmektedir:

1. Bu üç haramiden herhangi ikisinin aldığı kese sayıları birbirinden farklı olmalıdır.

2. Bu üç haramiden herhangi ikisi için daha az kesesi olan haraminin keselerindeki toplam altın sikke sayısı, daha çok kesesi olan haraminin keselerindeki toplam altın sikke sayısından daha fazla olmalıdır.

Örnek olarak N = 15 için Ali Baba birinci haramiye 13, 14, 15, ikinci haramiye 5, 6, 7, 8, 11 ve üçüncü haramiye ise 1, 2, 3, 4, 9, 10, 12 numaralı keseleri veremez, çünkü bu durumda beş kesesi olan ikinci haraminin toplam altın sikke sayısı 37, fakat yedi kesesi olan üçüncü haraminin ise 41 altın sikkesi olur.

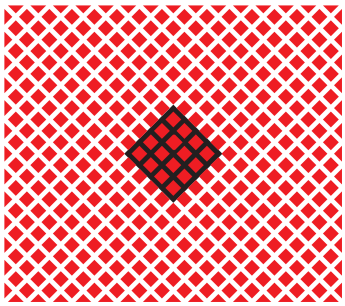
Ali Baba bu 35 günün en fazla kaçında ona verilen görevi başarıyla tamamlayabilir?

Zekâ Oyunları

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

Göz Aldanması

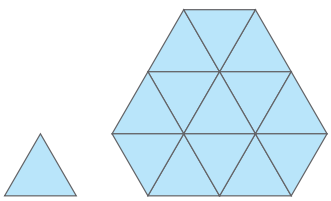
Resimde kırmızının tek bir tonu kullanıldığı hâlde ortadaki kırmızı daha koyuymuş gibi görülüyor.



Üçgenler Ve Altıgen

13 adet eşkenar üçgen bir araya getirilerek bir altıgen oluşturulmuştur. Daha büyük benzer bir altıgen oluşturmak için soldaki eşkenar üçgenden en az kaç adet kullanmak gerekir?

(Benzer şekillerde karşılıklı açılar ve kenar uzunlukları arasındaki oran eşittir.)



Piller

İki sağlam pille çalışan bir cep feneriniz ve 15 adet piliniz var. Aynı görüntüdeki bu 15 pilin 5'i sağlam, 10'u bitmiş durumdadır. Cep fenerinizi yakmayı garantilemek için en az kaç çift pil denemeniz gerekir?

Not: Deneme sayısına fenerin yanacağı son deneme de dâhildir.

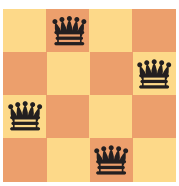
Dört Vezir

1'den 4'e kadar olan sayıları her satırda, her sütunda ve her iki ana diyagonalde tam olarak bir kez bulunacak şekilde yerleştireceksiniz. Sonra da bu tabloya birbirlerini tehdit etmeyen dört adet vezir yerleştireceksiniz. Amacınız vezirlerin bulunduğu karelerdeki sayıların toplamının maksimum olması.

Bu toplam en fazla kaç olabilir?

(Vezir, kendi bulunduğu kareyle yatay, dikey ya da çapraz konumda bulunan bütün kareleri tehdit eder.)
Sayıların ve vezirlerin kurala uygun biçimde yerleştirildiği bir örnek şekilde görülüyor. Ama 3+3+2+2=10 toplamı maksimum değil.

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



Ters-Düz

Üç basamaklı doğal sayılardan kaç tanesinin kendisi tek sayı, tersten yazılışı ise çift sayıdır?

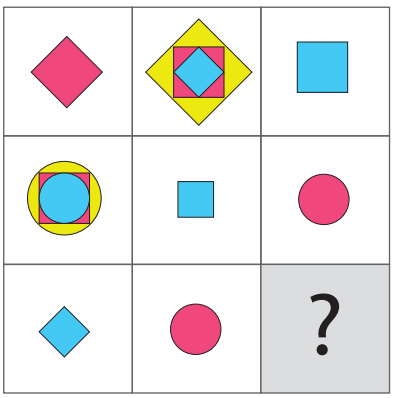
Örnek: 213 tek sayı, tersten yazılışı olan 312 ise çift sayıdır.

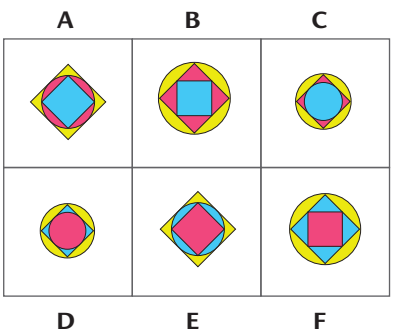
Dört Yüz Kırk Dört

444 adet 444 sayısı birbirleriyle çarpılsa elde edilecek sonucun son rakamı ne olur?

Soru İşareti

Soru işaretinin yerine hangi şekil gelecek?





Geometrik Dizi

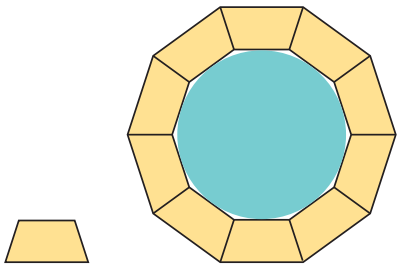
Farklı yaşlardaki üç kişinin yaşlarının toplamı 100'dür. En küçüklerinin yaşının yarısı kadar sene önce üçünün yaşı bir geometrik dizi oluşturuyordu.

Bu üç kişinin yaşlarını bulunuz.

(Geometrik dizilerde ardışık her iki terimin oranı eşittir.)

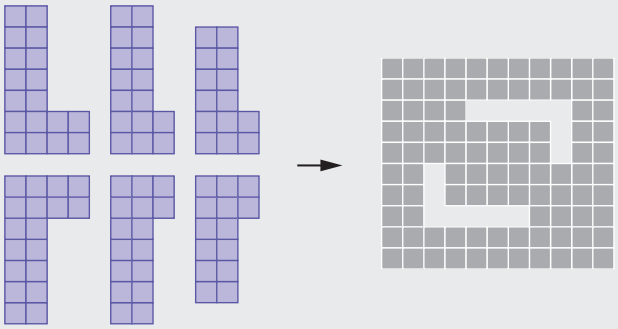
İkizkenar Yamuk

Daire şeklinde açılmış bir kuyunun kenarlarına solda görülen ikizkenar yamuklardan döşenmiştir. Bu ikizkenar yamuğun açılarını bulunuz.



Altı "L"

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

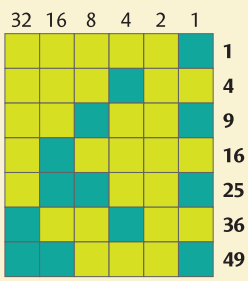


Geçen Sayının Çözümleri

Boş Satır

B gelecek.

(1'den 7'ye kadar olan sayıların kareleri ikili sayı sisteminde gösteriliyor.)



Dosyalar

1/2. En sona kalan dosya ya ilk kişinin ya da son kişinin dosyası olacağı için olasılık 1/2'dir.

Hatalı Altınlar

En az 3 tartım yapmak gerekir.

13 altından birini dışarıda bırakıp diğerlerini 4'lük 3 gruba ayıralım. Grupları A, B ve C olarak adlandıralım.

Birinci tartım: (A ve B)

İkinci tartım: (B ve C)

Bu iki tartımdan en az biri eşit çıkmayacaktır.

- Eğer ikisi de eşit çıkmamışsa ya A>B, B<C ya da A<B, B>C'dir. (A>B>C veya A<B<C olamaz). Her iki durumda da A=C sonucuna varırız. Yani ya:

1. A ve C'deki tüm altınlar normal, B'deki 1 ya da 2 altın hatalıdır.

Ya da:

2. A ve C'de birer altın hatalıdır, B'deki altınlar normaldir.

Üçüncü tartımda A grubu ikişer altınlık iki gruba ayrılır ve tartılır. Eşit çıkarlarsa 1. maddedeki durum geçerlidir. Yani hatalı altın ya da altınlar B'dedir. Birinci tartımdaki (A ve B) sonuca göre hatanın ne olduğu bulunur.

Eşit çıkmazlarsa 2. maddedeki durum geçerlidir. Yani hatalı altınlar A ve C'dedir. İkinci tartımdaki (B ve C) sonuca göre hatanın ne olduğu bulunur.

- Eğer ilk iki tartımdan biri eşit çıkmışsa (yani A=B ya da B=C) üçüncü tartımda üstte açıklanan A=C durumuna benzer biçimde 1. ve 2. maddelerdeki durumlar uygulanır ve sonuca ulaşılır.

Dört Öğrenci

Toplam en az 36 olabilir.

2, 4, 5, 25

Soru İşareti

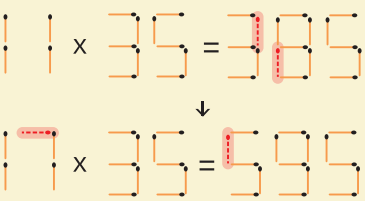
C

Hayvanlar giderek küçülüyor.

Günler

Çarşamba

Kibrit-İşlem



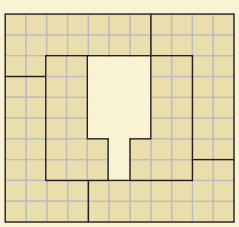
Sihirli Kare

12	16	9
10	11	14
15	8	13

>

11	16	9
10	12	14
15	8	13

Altı "L"



Yayın Dünyası

İlay Çelik Sezer [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*



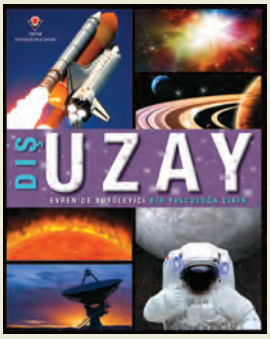
Üç ve Dört Boyutlu Düzgün ve Yarı Düzgün Geometrik Şekiller

Metin Arık, Mustafa Sancak, Tekin Dereli

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
Yetişkin Kitaplığı, 2021

Üç boyutlu düzgün ve yarı düzgün geometrik şekiller binlerce yıl öncesinden Platon ve Arşimet şekilleri olarak bilinir. Antik Yunan'dan bugüne, geçen zaman içinde bu şekiller üzerinde yapılan bilimsel çalışmaları ve yazarların ortaya çıkardığı yeni bulguları bu kitapta bulabilirsiniz. Yazarlar şekilleri tek tek incelemenin yanında birlikte kullanım özelliklerini de renkli görsel malzemelerle sizler için açıkladı.

Dış Uzay - Evrende Büyüleyici Bir Yolculuğa Çıkın



Kolektif

Çeviri: Rıza Ulaş Apak

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
10 yaş +, 2019

Bir yıldız öldüğünde ne olur? Güneş Sistemimizdeki en büyük gezegen hangisidir? Tutulmaların nedeni nedir? İnsanlık Ay'a ilk ne zaman adım attı? Dış uzayın sırlarını keşfedin!

Muhteşem tasarımı ve göz alıcı görselleri ile bu kitap, sizi mavi gezegenimizin ötesinde büyüleyici bir yolculuğa çıkarıyor. Evrenin oluşumundan Güneş Sistemi'ne, gezegenlerden uzay keşiflerine dış uzay ile ilgili pek çok ayrıntıya yer veriyor. Ailece keyifle okuyabileceğiniz, başvuru niteliğindeki *Dış Uzay*, hem meraklı zihinlerin sorularına yanıt veriyor hem de olağanüstü evrenimizin harikalarını gözler önüne seriyor.

Benim Küçük Kardeşim



Berta Garcia Sabatés

Çeviri: Emine Geçgil

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
3 yaş +, 2019 (2. Basım)

Bir bebeğin doğumu tüm aileler için ciddi bir olaydır. Bu kitapta aileye yeni bir üye katıldığında atılan adımlar ve yaşananlar anlatılıyor. Kitapta ayrıca bebeğin biraz büyüyüp yeni şeyler keşfetmeye başladığında neler olabileceği aktarılmaya çalışılıyor. Kitabın sonunda eğlendirici oyunlar ve yetişkinler için de bir rehber bulunuyor.