

Bilim *ve* Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi Ekim 2020 Yıl 54 Sayı 635 - 7 TL

Pandemiden Plastik Salgınına

**Süper-serin
Malzemeler**

**Derin Denizlerde
Fosil Yakıt Aramak**


TEKNOFEST

**Türkiye'nin
Enerji Filosu**

**Kaç Tane
Asal Sayı Var?**

“Benim mânevi mirasım ilim ve aklıdır”
Mustafa Kemal Atatürk

Bilim ve Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi
Yıl 54 Sayı 635
Ekim 2020

Sahibi

TÜBİTAK Adına Başkan
Prof. Dr. Hasan Mandal

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

Doç. Dr. Rukiye Dilli

Yayın Yönetmeni - Editör

Dr. Özlem Kılıç Ekici
bteknik@tubitak.gov.tr

Yayın Danışma Kurulu

Doç. Dr. Emine Adadan
Prof. Dr. Elif Damla Arısan
Doç. Dr. Rukiye Dilli
Prof. Dr. Lokman Kuzu
Prof. Dr. Faruk Soyduğan

Araştırma ve Yazı Grubu

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

Redaksiyon

Nurulhude Baykal

Grafik Tasarım

Hüseyin Diker

Video-Animasyon-Web

Selim Özden

Teknik Yönetmen

Sadi Atılğan

Mali Yönetmen

Adem Polat

İdari Hizmetler

Nahide Soytürk

İletişim Bilgileri

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

Abone İlişkileri (312) 222 83 99

abone@tubitak.gov.tr
www.tubitakdergileri.com.tr

ISSN 977-1300-3380

Fiyatı 7 TL - Yurtdışı Fiyatı 5 Euro

Baskı PROMAT Basım Yayın San. ve Tic. A.Ş.

http://www.promat.com.tr/
Tel (212) 622 63 63

Baskı Tarihi 22.09.2020

Dağıtım Turkuvaz Dağıtım Pazarlama A.Ş.

http://www.tdp.com.tr

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

Her ayın 1'inde çıkar.



Türkiye'nin nesiller büyüten ve en köklü popüler bilim dergisi olan TÜBİTAK Bilim ve Teknik, bu ay 635. sayısıyla birlikte 54. yayın yılına giriyor. “Bilim ve Teknik”le büyüdüm”, “Bilim ve Teknik bilimi sevmemde ve kariyerimi seçmemde rol oynadı” diyecek daha nice yeni nesiller görmek dileğiyle... Nice yıllara Bilim ve Teknik...

Son yıllarda dünya genelinde plastik kullanımıyla ilgili bazı kısıtlamalar ve kurallar getirilmişti. Plastik kirliliğinin ve doğadaki plastik birikiminin azaltılmasına yönelik pratikte uygulamaya konulan birçok kısıtlama ve tedbir COVID-19 küresel salgını ile birlikte bir süredir askıya alınmış durumda. Bugünlerde koronavirüsün bulaşmasına ilişkin endişeler nedeniyle plastik kullanımının artışına yeniden tanıklık ediyoruz. Maskeler, eldivenler, pet şişeler, dezenfektan şişeleri, poşetler ve tek kullanımlık diğer plastik ürünler... Koronavirüsün başladığı ilk aylarda, pandeminin çevresel etkisine dair gözlemler kirlilikten arınmış mavi gökyüzü, karbon emisyonlarındaki azalma ve doğanın iyileştirilmesi şeklindeydi. Ama gözden kaçan bir nokta vardı: Plastik salgını... Özlem Ak bu ayki yazısında küresel salgının çevre üzerindeki olumlu-olumsuz etkilerini ve son zamanlarda gündemde olan salgın kaynaklı plastik kirliliğinin tüm detaylarını gözler önüne seriyor.

Geçtiğimiz Ağustos ayında hepimizi gururlandıran bir gelişme yaşandı. Türkiye'nin ilk milli sondaj gemisi Fatih, Karadeniz'de 320 milyar m³lük bir doğal gaz kaynağı tespit ederek büyük bir başarıya imza attı. “Türkiye'nin Enerji Kaynağı Arayışındaki En Büyük Keşfi” başlıklı yazımızda bu keşfin öyküsünü ve Türkiye'nin denizlerdeki enerji filosunu sizlerle paylaşıyoruz. Derman Dondurur da “Derin Denizlerde Fosil Yakıt Arama: Yer Altını Sarmak” başlıklı yazısında derin denizlerde fosil yakıt arama, bulma, sondaj ve üretim süreçlerini detaylı bir şekilde anlatıyor. Ayrıca bu ay dergi eki olarak verdiğimiz “Enerji” posterinde yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarını ele alıyoruz. Bununla birlikte, yüz binlerce genç mucidi bir araya getiren TEKNOFEST'te gerçekleştirilen ve heyecanın doruklara yükseldiği TÜBİTAK yarışmalarını da sizler için derledik. Mahir Ocak ise bu ayki “Dünyayı Uzayın Soğuğuyla Serinletmek” yazısında süper soğuk malzemelerden bahsediyor. Ali Sinan Sertöz *Bilim ve Teknik* dergisindeki matematik serüvenine “Kaç Tane Asal Sayı Var?” yazısıyla devam ediyor. “Venüs Atmosferinde Keşfedilen Fosfin, Yaşam Kanıtı mı?”, “Sıvı Karışımları Buharlaşırken Yüzeylerde Farklı Birikim Desenleri Oluşturuyor” ve “Güneş ve Havadan Sıfır Karbon Salımlı Uçak Yakıtı” başlıklı yazılarımızı da zevkle okuyacağınıza eminiz.

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

Nesiller büyüten dergimizin bu sayısını da keyifle okumanızı diliyor, sonraki sayılarımızı sabırsızlıkla bekleyeceğinizi umuyoruz. Hepimizin 29 Ekim Cumhuriyet Bayramı kutlu olsun...

Sağlıkla ve bilimle kalın... Unutmayın #bilimokuyanbilir!

Saygılarımızla,
Özlem Kılıç Ekici

İçindekiler

16

TÜBİTAK Yarışmalarıyla Her Yıl TEKNOFEST'te Heyecan Doruklara Yükseliyor

Özlem Kılıç Ekici

İki yıldır ziyaretçi rekorları kıran ve dünyanın en büyük Havacılık, Uzak ve Teknoloji Festivali olan TEKNOFEST yüz binlerce genç mucidi bir araya getirdi. TÜBİTAK bu yıl da birbirinden heyecanlı yarışmalar ve etkinliklerle festivaldeki yerini aldı.



44

Derin Denizlerde Fosil Yakıt Arama: Yer Altını Sarsmak

Derman Dondurur

Derin denizlerde petrol veya doğal gaz arama süreci, doğanın bizler için üretip sakladıklarını ortaya çıkarmak için doğaya karşı yapılan bir meydan okumadır, yerin altındakileri ararken teknolojinin sınırlarını zorlamaktır. Peki, yüzlerce metre derinlikteki denizlerde, deniz tabanının binlerce metre altındaki hidrokarbon birikimleri nasıl bulunur, nasıl çıkarılır, işlenir ve sonunda tüketiciyle buluşturulur?



72

Kaç Tane Asal Sayı Var?

Ali Sinan Sertöz

Asal sayıların sonsuz tane olduğunu hepimiz biliriz. Bunun tersini yani asalların sonlu sayıda olduğunu düşünelim. Bu durumda bildiğimiz bütün asalları çarpıp ve bulduğumuz sonuca da bir eklersek elde edeceğimiz sayının bildiğimiz hiçbir asal tarafından bölünemediğini görürüz. Oysa ki her sayı bir asala bölünmeli. Bu çelişki bize asalların sonsuz olduğunu kanıtlar.



4

Bilim ve Teknik ile Büyüdüm!

Özlem Ak

6

Haberler

14

Venüs Atmosferinde Keşfedilen Fosfin, Yaşam Kanıtı mı?

Faruk Soyduğan

24

Bilim Çizgi

Kuantum Dolanıklık

1. Bölüm

Sinan Kara

26

COVID-19'un Başka Bir Sonucu: Plastik Salgını

Özlem Ak

COVID-19 hastalığı dünya çapında yayılmaya devam ederken, tıbbi ve plastik atıkların milyarlarca kişi tarafından ayrım gözetmeksizin yanlış bertaraf edilmesi hızla küresel bir sorun hâline geliyor. Hijyen endişeleri ile tek kullanımlık plastik malzemelere ve maskelere olan talep yoğun plastik tüketimine neden oluyor.

36

Tekno-Yaşam

Gürkan Caner Birer

40

Türkiye'nin Enerji Kaynağı Araştırısındaki En Büyük Keşfi

Özlem Kılıç Ekici

Türkiye'nin ilk milli sondaj gemisi Fatih, Karadeniz'de 320 milyar m³lük bir doğal gaz kaynağı tespit ederek büyük bir başarıya imza attı. Bu kaynak Türkiye tarihinde gerçekleştirilmiş en büyük keşif olarak nitelendiriliyor.



56

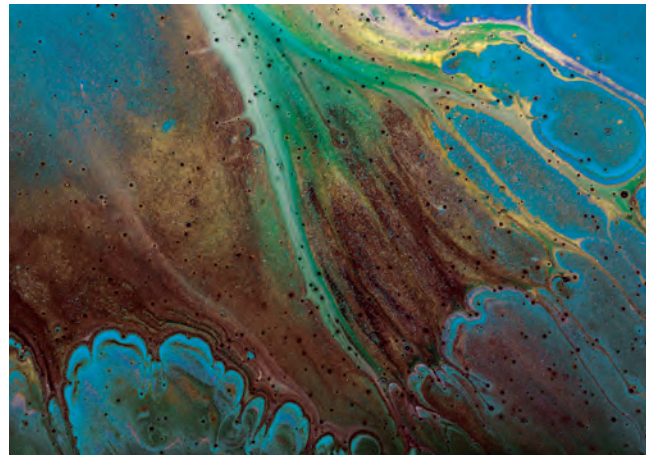
Merak Ettikleriniz

Mesut Erol

58

Sıvı Karışımları Buharlaştırırken Yüzeylerde Farklı Birikim Desenleri Oluşturuyor

Tuncay Baydemir



60

Dünyayı Uzayın Soğuğuyla Serinletmek

Mahir E. Ocak

Bir süredir araştırmacılar çevresinden aldığı ısıyı uzaya gönderen boyalar, plastikler ve hatta ahşap malzemeler üretiliyorlar. Enerji tüketmeden sıcaklığını düşük tutmayı başaran bu süper soğuk malzemelerin yakın gelecekte elektrikli soğutma sistemlerinin yerini alacağı tahmin ediliyor.

70

Güneş ve Havadan Sıfır Karbon Salımlı Uçak Yakıtı

İlay Çelik Sezer

82

Doğa - Fauna Amerika Kıtasının Vahşi Kedisi Puma

Bülent Gözcüoğlu

84

Düşünme Kulesi

Ferhat Çalapkulu

86

Satranç

Kıvanç Çefle

89

Ayın Sorusu

(Matematik)

Azer Kerimov

90

Gökyüzü

Faruk Soyduğan

94

Zekâ Oyunları

Emrehan Halıcı

96

Yayın Dünyası

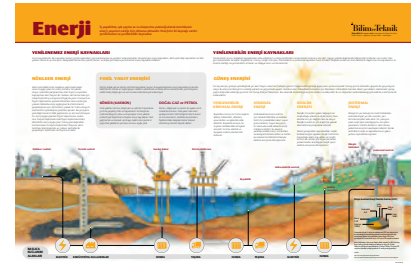
İlay Çelik Sezer

EK-

POSTER: Enerji

Özlem Kılıç Ekici,

Sadi Atılğan, Hüseyin Diker



Bilim ve Teknik



tubitakbiltek



tubitakbilimteknik



TÜBİTAK Bilim ve Teknik

Bilim ve Teknik ile Büyüdüm

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi



Okurlarımızın *Bilim ve Teknik* dergisinin hayatlarındaki yerini, onlara neler kattığını, geleceklerine yön verirken nasıl bir rol oynadığını bizimle paylaştıkları mektuplarını yayımlamaya devam ediyoruz.

Bilim ve Teknik ile ilgili anılarını, duygu ve düşüncelerini bizimle paylaşan okurlarımıza çok teşekkür ediyor, “*Bilim ve Teknik* bilimi sevmemde ve kariyerimi seçmemde rol oynadı” diyen okurlarımız için adresimizi hatırlatıyoruz:

bteknik@tubitak.gov.tr

Bilim ve Teknik Ekim 2020

“Bilime dair...”



Sevgili *Bilim ve Teknik* Ailesi,

Ailenizle üçüncü sınıfta tanıştım. *Bilim Çocuk* dergisine arkadaşım aboneydi. Onun dergilerinden birini ödünç alıp okudum. Çok hoşuma gitti. Ben de bayilerden satın almaya başladım. İçerikleriniz bana çok ilginç ve çok güzel geliyordu. Böylece her ay okumaya başladım. Altıncı sınıfta *Bilim ve Teknik* dergisiyle tanıştım. İçeriği biraz daha derin ve yoğundu. Bir süre okudum. Bir dönem ara verdim ve eksikliğini hissettim. Yedinci sınıfta tekrar *Bilim Çocuk* aldım. Sonra ise *Bilim ve Teknik* dergisini tekrar almaya başladım. Sekizinci sınıfta, sınav senesi olduğu için ara verdim. Ama şimdi yeniden başlıyorum ve yeniden büyük bir tutkuyla okumaya başlayacağım.

Tüm ekibinize bana bilime dair güzel şeyler kattığınız için sonsuz teşekkür ederim...

Zeynep Altun

“Bilgi hazinem”



Merhaba,

İlk olarak onuncu sınıfta okumaya başladığım *Bilim ve Teknik* dergisini şu an hâlâ merakla ve heyecanla alıp okuyorum. O zamanlar arkadaşlarım “Neden böyle şeylerle uğraşıp paranı harcıyorsun?” derlerdi. Ama bilimle ilgili konular açıldığında da “Sen bu kadar şeyi nerden biliyorsun?” demeden geçemezlerdi. Tabii ki benim bilgi hazinem her zaman *Bilim ve Teknik* dergisi olmuştur.

Her ay ülkemizde bilimi seven insanların sayısını artıran ve bilime daha çok merak duymamızı sağlayan böyle bir dergiye şükranlarımı sunuyorum. Ayrıca bu güzel çalışmaların emektarları olan *Bilim ve Teknik* dergisi çalışanlarına da çok teşekkür ediyorum, iyi ki varsınız.

Ömer Karagöz,

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, İslami İlimler Fakültesi,

3. Sınıf Öğrencisi

“Karanlığı bilimle aydınlatmaya devam edin!”



Merhaba *Bilim ve Teknik* Ailesi,

TÜBİTAK dergileriyle tanışmam ilkokul yıllarımda *Bilim Çocuk* dergisi ile oldu, lise ve üniversite dönemlerinde de *Bilim ve Teknik* okumaya başladım. Bu bilim serüveninin içinde olmamda büyük önem taşıyan siz TÜBİTAK ailesine en içten duygularıyla teşekkür ederim. Bilime olan ilgimi ve biyolojiye olan merakımı sürekli canlı tuttuğunuz için bugünkü meslek seçimimdeki etkiniz büyüktür.

Her ay bilim ve teknoloji dünyasında neler olduğunu derleyip okurlarına sunan *Bilim ve Teknik* ailesine teşekkürlerimi sunarım. Karanlığı bilimle aydınlatmaya devam edin!

Beyza Yıldırım,

İnönü Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü,
2. Sınıf Öğrencisi

“Bilgiye ve bilime dokunmak”



Merhaba,

Coğrafya öğretmeni olmam ve sosyal bilimlere merakum dergiyi sahiplenmemdeki en büyük etken. *Bilim ve Teknik* dergisi hem sosyal hem de sayısal alanlara hitap ediyor. Öğrencilere ve çevreme de bu güzel çalışmayı öneriyorum. Fiyatının uygun olması da çok güzel. Coğrafya alanında güncel bilgilerin olması, bilgi birikimimi arttırması benim için büyük bir zenginlik. Bu yıl senelik abone oldum genel ağ üzerinden. İyi ki de olmuşum, her ay keyifle okuyorum dergiyi. Temmuz ayındaki sayıda küresel ısınma hakkındaki geniş kapsamlı yazı muhteşemdi.

Dergi çalışanlarına, akademik yazılar yazan yazarlara emekleri için çok teşekkür ederim. Gelecek sayılarda da bu güzelliklerin aynı ivme ile ve aynı ka-

liteyle devam edeceğini umarak merak uyandırıcı yeni gelişmeleri sabırsızlıkla bekliyorum.

Süleyman Tombak,

Fethiye Final Okulları, Coğrafya Öğretmeni

“İnsan hayatı bilim üzerine oturur”



Değerli *Bilim ve Teknik* Ailesi,

İlkokul yıllarımdan beri TÜBİTAK'ın yayınlarıyla heyecanlı ve meraklı bir şekilde ilgileniyorum. *Bilim Çocuk* dergisi ile başlayan bu tutkulu serüvenim *Bilim ve Teknik* dergisi ile devam ediyor. Yaklaşık 3 senedir *Bilim ve Teknik* dergisini okuyorum, derginin hayatıma ve iç dünyama birçok keşifler sunduğunu söylemek istiyorum.

Düşünmek ve okumak en büyük zevklerim. *Bilim ve Teknik* dergisini okurken tamamen bu zevklerin esiriyim. Şunu belirtmek isterim ki, insan hayatı bilim üzerine oturur. Düşünmek ise oluş ve akışın yapı taşıdır. Bu sebeple yapmakta olduğunuz bu mükemmel iş için size müteşekkirim.

Özellikle gençlerin benliklerini ve düşüncelerini bilimle beslediğiniz için *Bilim ve Teknik* dergisinde emeği geçen herkese saygı ve sevgilerimi iletirim.

Nisa Nur Altınöz, Ankara



TÜBİTAK

Haberler

Evcil Hayvanlar COVID-19 Riski Altında mı?

Özlem Ak

SARS-CoV-2 ile enfekte olan evcil hayvanların sayısında artış var. Peki bu evcil hayvan sahiplerini endişelendirmeli mi? Diğer yandan evcil hayvanlardan insanlara virüsün bulaşması olası mı? Bilim insanları bu sorulara yanıt bulmaya çalışıyor.

SARS-CoV-2 ile enfekte olan ve bu durumu doğrulanan ilk evcil hayvan vakası şubat ayında Hong Kong'da sahibinden virüsün bulaştığı bildirilen Pomeranian cinsi bir köpekti. O zamandan beri, dünya çapında evcil kedi ve köpeklerde en az 26 doğrulanmış vaka oldu. Ancak Pennsylvania State Üniversitesinden Suresh Kuchipudi, hayvanlar üzerinde kapsamlı testler yapılmadığı için gerçekten kaç evcil hayvanın enfekte olduğunun bilinmediğini belirtiyor.



Huazhong Ziraat Üniversitesinden Qiang Zhang ve Çin Bilimler Akademisinden Huajun Zhang liderliğinde gerçekleştirilen küçük bir araştırmada, Çin'in Wuhan kentindeki hayvan barınaklarında ve evcil hayvan hastanelerinde test edilen 102 kediden 11'inde, SARS-CoV-2 ile enfekte olduklarına işaret eden antikorlar tespit edildi.

Bu arada, Texas A&M Üniversitesinden Sarah Hamer tarafından yürütülen ve hâlihazırda devam eden bir çalışma, COVID-19'a yakalanan 50 evcil hayvan sahibinin hayvanlarına test yapıldığında 3

kedinin ve 1 köpeğin SARS-CoV-2 ile enfekte olduklarını gösterdi. Hamer, COVID-19 pozitif kişilerle temas hâlinde olan bu hayvanların yüksek risk altında bulunmalarına rağmen haziran ayından bu yana yalnızca 4 evcil hayvanın enfekte olduğunu bulduklarını söylüyor. Bu nedenle Hamer'a göre evcil hayvanların hasta olmaları yaygın olarak görülen bir durum değil. Neyse ki, SARS-CoV-2 enfeksiyonları doğrulanmış çoğu evcil hayvan sadece hafif semptomlar gösterdi. Örneğin, Hamer'in ekibi tarafından tespit edilen enfekte olmuş dört evcil hayvandan ikisinde

saptanabilir semptom yoktu, biri hırpırdı ve diğeri normalden daha uykulu görünüyordu.

Kansas State Üniversitesinden Jürgen Richt'e göre, virüsün yaşlı evcil hayvanlarda veya diyabet gibi altta yatan sağlık sorunları olanlarda daha ciddi hastalığa yol açma ihtimaline rağmen elde edilen sonuçlar iyiye işaret. Hong Kong City Üniversitesinden Angel Almendros, COVID-19 geçiren evcil hayvan sahiplerine tedbir amaçlı olarak hayvanlarından uzak durmalarını ve mümkünse hayvanlarının bakımını bir başkasının yapmasına izin vermelerini öneriyor.

Kritik başka bir soru işareti ise SARS-CoV-2 ile enfekte olmuş evcil hayvanların virüsü başka kişilere bulaştırma riskinin olup olmadığı. Richt ve meslektaşları tarafından yapılan laboratuvar deneyleri, enfekte kedilerin virüsü diğer kedilere geçirebildiğini, bununla birlikte kedilerden insana bulaşma üzerinde çalışmanın daha zor olduğunu gösterdi. Ekip şu anda SARS-CoV-2 virüsünde, enfeksiyonun bir kediden gelip gelmediğini ortaya çıkarabilecek genetik imzalar arıyor. Kuchipudi, evcil hayvanlardan COVID-19 bulaşma riskinin muhtemelen çok düşük olduğuna inanıyor ancak daha fazla bilgi edininceye kadar fiziksel mesafe kurallarını hayvanlara da uygulamak gerektiğini düşünüyor. Yani kedileri içeride tutmak, başkalarının evcil hayvanlarını okşamamak ve yürüyüşe çıktığınızda kendinizi ve köpeğinizi diğer insanlardan ve onların köpeklerinden uzak tutmak gibi önlemleri almak hem kendinizi hem de evcil hayvanınızı korumak için büyük önem taşıyor. ■

Not Defterinizi Tablete Dönüştürmek İster misiniz?

Özlem Ak

Mühendisler, herhangi bir kâğıt veya karton ambalajı bir klavye, tuş takımı veya kullanımı kolay diğer bilgisayar ara yüzlerine dönüştürebilen basit bir baskı süreci geliştirdiler.

Purdue Üniversitesinden araştırmacılar, *Nano Energy* dergisinde yayımlanan çalışmalarında geliştirdikleri yeni teknolojiler sayesinde, kâğıt sayfalarının müzik çalar ara yüzüne dönüştürülebileceğini, gıda ambalaj paketlerinin de etkileşimli hâle geçebileceğini umuyor. Purdue Üniversitesinden Ramses Martinez kâğıdı yüksek oranda florlanmış moleküllerle

kaplayarak su, yağ ve toz tutmamasını sağladıklarını ve bu yolla ilk kez kendi kendine çalışan kâğıt tabanlı bir elektronik cihaz geliştirilmesini mümkün kıldıklarını belirtiyor. Bu omnifobik (yağ ve su tutmayan) kaplama, mürekkebin bir katmandan diğerine bulaşmadan çoklu elektronik devre katmanlarının kâğıda yazdırılmasına olanak tanıyor.

Büyük ölçekli baskı işlemleriyle uyumlu olan bu yeni teknoloji, geleneksel karton ambalajı veya kâğıdı akıllı ambalaja veya akıllı bir insan-makine ara yüzüne hızlı bir şekilde dönüştürmek için kolayca uygulanabiliyor.

Martinez bu teknolojiyi, gıda ambalajı ile kullanıcının etkileşimini kolaylaştırmak, gıdanın

tüketilmesinin güvenli olup olmadığını doğrulamak veya kullanıcıların kendilerini ürünün sahibi olarak doğru şekilde tanıtmak üzere parmaklarını kutunun üzerinde sürükleyerek eve gelen pakete kolayca “imza” atmalarını sağlamak için tasarladıklarını belirtiyor. Araştırma ekibi çalışma kapsamında, bir not defterinden alınan basit kâğıt sayfaların, kullanıcıların şarkı seçmesi, çalması ve ses seviyesini değiştirmesi için müzik çalar ara yüzlerine dönüştürülebileceğini de gösterdi. ■

İşitme Kaybı ve Demans Arasındaki Bağlantı

Özlem Ak

Bilim insanları, işitme kaybının nasıl bunamaya neden olabileceğine dair yeni bir kuram geliştirdi. Böylece bu duyusal bozukluğun erken aşamada çözülmesinin, demansın önlenmesine de yardımcı olabileceği umudu doğdu. İşitme kaybının epidemiyolojik çalışmalarda bunama ile bağlantılı olduğu ve dünya



Purdue Üniversitesinden mühendisler, herhangi bir kâğıt veya karton ambalajı bir klavye, tuş takımı veya diğer kullanımı kolay bilgisayar ara yüzlerine dönüştürebilen basit bir baskı işlemi geliştirdi.



çapında 47 milyon demans vakasının onda birinden sorumlu tutulabileceği gösterilmişti. Şimdi, İngiltere, Newcastle Üniversitesindeki bir ekip *Neuron* dergisinde yayınlanan ve bir kulak probleminin Alzheimer hastalığına nasıl yol açabileceğini açıklayan yeni kuramları ile üç temel noktayı değerlendirdi: işitme kaybı ve bunamanın altında yatan ortak bir neden, beyin küçülmesine yol açan işitme kaybı ve insanların işitme kaybını telafi etmek için daha fazla beyin kaynağı kullanmak zorunda kalmasıyla sonuçlanan bilişsel bozukluk.

Araştırma ekibi beynin temporal lobunun derinliklerindeki hafıza merkezlerine odaklanan yeni bir fikir sunuyor. Son çalışmaları, beynin alışılmış yerler ve olaylar için uzun süreli hafıza ile ilişkilendirilen

bu kısmının, işitsel bilginin kısa süreli depolanmasında ve işlenmesinde de rol oynadığını gösteriyor. Araştırmacılar işitme kaybına bağlı beyin aktivitesindeki değişikliklerin, Alzheimer hastalığına neden olan anormal proteinlerin varlığını destekleyebileceğini ve dolayısıyla hastalığı tetikleyebileceğini düşünüyorlar.

Newcastle Üniversitesi Tıp Bilimleri Fakültesinden Profesör Tim Griffiths'a göre, bu konudaki asıl zorluk, kulaktaki bir problemin beyinde dejeneratif bir soruna nasıl yol açabileceğini açıklamaktır. Newcastle Üniversitesi Tıp Bilimleri Fakültesinden Dr. Will Sedley ise işitme güçlüğü ile meşgul olan bu hafıza sisteminin, Alzheimer hastalığının başlangıcı için en yaygın bölge olduğunu düşünüyor. Yani bilim

insanları işitme kaybı ve Alzheimer hastalığı sürecinin neden olduğu bellek sistemindeki değişen aktivitenin birbirini tetiklediğini düşünüyorlar. Bu kuramın doğru olup olmadığını test etmek içinse bu mekanizmayı patolojik süreç modellerinde incelemeleri gerekiyor. ■

Gezegeneimizin Yarısını Koruma Altına Almak Türleri ve İklimi Kurtarabilir

İlay Çelik Sezer

Dünyamız birbiriyle ilintili iki büyük krizle karşı karşıya: biyoçeşitlilik kaybı ve iklim değişimi. Her iki kriz de insanların, normalde

türlerin yaşamasına imkân sağlayacak ve atmosferi ısıtan karbonun depolanmasını sağlayarak iklimi dengede tutacak doğal alanlara müdahale etmesi sonucunda şiddetleniyor. Yeni bir araştırmaya göre, ülkelerin dünya üzerinde görece gelişmemiş hâldeki arazilerinin yaklaşık %50'sini koruması, biyoçeşitlilik ve iklim krizlerini bertaraf etmeye yardımcı olabilir. *Science Advances*'te yayımlanan araştırmada, korunması öngörülen bu alanlar "Küresel Güvenlik Ağı" olarak adlandırılıyor. Araştırmada biyoçeşitliliği korumaya ve iklim değişimiyle mücadeleyle yönelik kritik hedeflere hizmet edebilecek nitelikteki bölgeler haritalanıyor.



ABD’de, Washington D.C. merkezli RESOLVE adlı kâr amacı gütmeyen kuruluşta koruma biyologu olarak görev yapan Eric Dinerstein ve ekibi tüm dünyada hâlihazırda korunmakta olan ve karasal yüzölçümün %15’ini kaplayan alanları haritalayarak işe başladı. Araştırmacılar daha sonra mevcut biyoçeşitlilik veri tabanlarını kullanarak farklı koruma hedeflerini karşılayacak arazi parçalarını sırayla bu korunan alanlar bütününe eklemeyi denedi.

Ekibin analizlerine göre, yok olma tehlikesi en büyük olan türleri korumak için fazladan %2,3’lük bir alanın koruma için ayrılması gerekiyor. Araştırmacılar ayrıca sıra dışı tür çeşitliliğine sahip sıcak

noktaların korunmasını sağlayacak yeni alanlar ile ren geyiği gibi geniş alanlarda yaşayan hayvanların korunmasını destekleyecek yabanıl arazi parçaları da belirledi. Biyoçeşitlilik açısından önemli olduğu belirlenen arazinin büyük bir bölümü aynı zamanda büyük miktarda karbonun depolanmasını sağlıyor. Bu da türlerin korunmasına ve iklim değişimiyle mücadeleye yönelik hedefler arasındaki bağlantıyı kuran nokta. Ancak araştırmacılar küresel ısınmaya neden olan karbonun atmosferden uzak tutulmasına yardımcı olması için fazladan %4,7’lik bir alanın daha gerekli olduğunu belirledi. Araştırmacılar belirlenen alanlarda hayata geçirilecek belirli düzeydeki koruma ya da sürdürülebilir yönetim etkinliklerinin çeşitli koruma ve iklim hedeflerine ulaşılmasını sağlayacağını düşünüyor. Bununla birlikte, Dinerstein ülkelerin doğal alanlarını korumaya yönelik bu tedbirleri hızlı bir şekilde hayata geçirmeleri gerektiğinin de altını çiziyor. ■



Nano Boyutlarda Sıcaklık Ölçümleri Artık Güvenilir Şekilde Yapılabilecek

Tuncay Baydemir

Son yıllarda nanoteknoloji ve nanobilimdeki sayısız gelişme nano ölçekteki sıcaklık ölçümlerinin de kusursuz bir şekilde yapılabilmesi ihtiyacını doğurdu. Bu nedenle çok küçük boyutlardaki bileşenlerin yüksek hassasiyete sahip nanotermometrelerle sıcaklık analizlerinin gerçekleştirilmesi kritik önem kazandı.

Elektronik bileşenlerin giderek daha küçük boyutlarda yapılması ve artan entegrasyon yoğunluğu aşırı ısınmaya neden olabilecek ısı akışlarına neden oluyor. Nanometre boyutlarındaki sistemlerde klasik kızılötesi termografi teknikleri sıcaklık analizlerini yapmakta yeterli değil.



Çalışmada kullanılan metal kompleks molekülün yapısı
([Fe(HB(1,2,4-triazol-1yl)3)2])

Ridier, K., ve ark., “Unprecedented switching endurance affords for high-resolution surface temperature mapping using a spin-crossover film”, Nature Communications, 11, 3611, 2020.

Bu nedenle CNRS Koordinasyon Kimyası ile Analiz ve Sistem Mimarisi Laboratuvarından araştırmacılar sorunun çözümü olarak spin-crossover (SCO) molekülleri olarak adlandırılan kimyasal bileşikler kullandılar. Bu moleküller metal kompleksleri olup sıcaklık, basınç ya da ışıktan gelen enerjiyi soğurduklarında ya da enerjilerini kaybettiklerinde farklı fiziksel özellikler gösteren iki farklı kararlı hâlde bulunabiliyorlar. Örneğin, bazı SCO moleküllerinde sıcaklığa bağlı olarak renk değişimi gözleniyor.

Nano boyutlarda bir elektronik bileşen üzerine film olarak kaplanan SCO moleküllerinin optik özellikleri sıcaklığa bağlı olarak değişiklik gösteriyor ve bu kimyasal termometre işlevi gören moleküller, nano boyuttaki yüzeyin termal bir haritasının dolaylı yoldan elde edilmesini sağlıyor. Çalışmada kullanılan SCO moleküllerinin en önemli avantajlarından biri, oda sıcaklığından 230°C gibi oldukça yüksek sıcaklıklara kadar geniş bir aralıkta 10 milyondan fazla termal döngüden sonra bile optik özelliklerini koruyor olmaları. Bununla birlikte geliştirilen yöntemle 1°C sıcaklık farkları bile güvenilir şekilde ölçülebiliyor.

Karl Ridier ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği ve *Nature Communications* dergisinde yayımladıkları araştırmanın sonuçlarına göre, nano boyutlardaki elektronik cihazların bölgesel termal

süreçlerini yakından izlemek ve cihaz tasarımlarını bu doğrultuda iyileştirmek mümkün olacak gibi görünüyor. ■

Metal Yüzeyler Artık Daha Steril Oluyor

Tuncay Baydemir

Bakteri, mantar ve parazitler gibi patojenik mikroplardan kaynaklanan bulaşıcı hastalıklar dünya genelinde pek çok kişinin hayatını kaybetmesine neden oluyor. Özellikle sağlık ve gıda alanlarında mikrobiyal yayılmanın önüne geçilmesi büyük önem arz ediyor. Pek çok araç, gereç ve insanın devamlı hareket hâlinde olduğu hastaneler ve ameliyathanelerin sürekli steril kalmasını sağlamak oldukça zordur.

Yüzeylerdeki kirlenmeyi önlemek için sık sık sterilizasyon yapılması gerekiyor. Temizlik prosedürlerine rağmen çok sayıda hastane kaynaklı enfeksiyon görülüyor ve bunların azımsanmayacak bir kısmı ölümlerle sonuçlanıyor.

Gıdalar için de benzer bir durum söz konusu. Çiğ sebze, süt ürünleri ve et gibi yiyecekler kesme tahtası, bıçak, dilimleyici ve taşıyıcı bantlarda ya da nakliye sırasında mikrop hâle gelebilirler. Bunun bir sonucu olarak son yıllarda gıda kaynaklı çeşitli patojen salgınları da görüldü.

Temizleme ve sterilizasyon işlemleri her zaman istenilen yeterlilikte olamayabiliyor. Genellikle antimikrobiyal malzemeler kullanılarak gerçekleştirilen bu işlemlerde sterilizasyon

temel olarak iki yolla sağlanıyor: Ya antimikrobiyal malzeme ile temizlenen yüzeyde mikrobiyal yapışmayı engelleyici bir kaplama oluşuyor ya da yüzeyle temas eden mikroorganizmalar yüzey etkin maddelerce yok ediliyor.

Kullanılan antimikrobiyal maddeler arasında metalik nanoparçacıklar, N-halaminler, bazı amonyum bileşikler, uçucu yağlar ve antimikrobiyal özellik taşıyan peptitler sayılabilir. Peptitler, birbirlerine peptit bağı ile eklenmiş aminoasitlerden oluşan zincirler. Pek çok farklı türü olan peptitler arasında antimikrobiyal peptitler doğal, geniş antimikrobiyal spektrumlu ve yüksek etki faktörlü olmaları nedeniyle dikkat çekiyor. Şimdiye kadar 3000'den



fazla antimikrobiyal peptit keşfedilmiş olsa da şimdilik bunlardan sadece bir tanesinin gıda koruyucu olarak kullanılmasına yasal izin verilmiş durumda.

Nisin olarak isimlendirilen bu peptit, Gram pozitif bakterilere karşı etkili olmasının yanında, bazı fiziksel ve kimyasal işlemlere tabi tutulduğunda Gram negatif bakterilere de karşı koyabiliyor. Yapısında 34 adet amino asit bulunan nisin, bakterilere karşı etkisini duyarlı hücrelerin membranlarını etkileyerek gösteriyor ve yüzeyler üzerinde depolandığı takdirde bu yüzeylere antimikrobiyal özellik kazandırıyor. Yüzeylere film ya da kaplama şeklinde uygulanan antimikrobiyal peptitin temas yüzeyinin maruz kalacağı koşullara dayanıklı olması, kararlı ve aktif yapısını uzun süreler koruyabilmesi gerekiyor. Şimdiye kadar konuyla ilgili polimerler ve bazı metaller üzerinde çeşitli çalışmalar gerçekleştirildi.

Purdue Üniversitesi Malzeme Mühendisliği Bölümünden Héctor M. Espejo ve David F.

Bahr geliştirdikleri yeni teknoloji sayesinde üstlerinde tutunmaya çalışan bakterileri öldüren sert metal yüzeyler ürettiler ve araştırma bulgularını *Surface & Coatings Technology* dergisinde yayımladılar. Metal yüzey üzerinde lazer ışınları uygulayarak oluşturdukları nanometre genişliğe ve mikrometre derinliğe sahip çatlaklara peptitlerin kolay bir şekilde yerleştirilebileceğini gösterdiler ve işlem sonunda renkli metal yüzeyler elde ettiler. Bu sayede yüzeyin antimikrobiyal özelliğini koruyup korumadığı renkteki değişimden veya renk bütünlüğünün bozulmasından da anlaşılabilecekti.

Paslanmaz çelik ve titanyum yüzeyler üzerinde yaptıkları çalışmalarla yüzeyde depolanan peptitlerin antimikrobiyal özellik sağladığını gösteren araştırmacılar, yöntemin sağlık ve gıda sektörü başta olmak üzere pek çok alanda kullanılan metal ve alaşımlar için de uygulanabilir olduğunu belirtiyorlar. ■



Tamamen Geri Dönüştürülebilir Plastik Keşfedildi

Özlem Ak

Kimyasal yapı taşlarına kolayca ayrıştırılabilen ve yüksek kaliteli ürünlere yeniden dönüştürülebilen yeni bir plastik türü keşfedildi. Bu keşifle plastik atık miktarının azaltılabileceğine dair umutlar da arttı. Her yıl dünyada 300 milyon tondan fazla plastik üretiliyor ve yalnızca küçük bir kısmı, örneğin ABD'de yaklaşık %10'u, geri dönüştürülüyor. Geri kalanı çöp alanlarında birikiyor, yakılıyor, su kaynaklarına ya da okyanuslara karışıyor ve çevreye önemli zararlar veriyor.

Plastiğin bu kadar düşük bir oranda geri dönüştürülmesinin bir nedeni, parçalanmasının zor olması ve eski plastiği yeniden kalıplamak için kullanılan tipik işlemlerin plastiğin kimyasal yapısını zayıflatması. Sonuç olarak, geri dönüştürülmüş plastik normalde yalnızca dış mekân bankları ve çöp kutuları gibi düşük değerli ürünler yapmak için kullanılıyor. Bu sorunu çözmek için Colorado State Üniversitesinden Eugene Chen ve meslektaşları, geri dönüştürüldüğünde orijinal özelliklerini koruyabilen bir plastik geliştirdi. *Science Advances* dergisinde yayımlanan çalışmada

PBTL adı verilen malzeme, bisiklik tiyolaktan adı verilen kimyasal yapı taşlarının bir araya getirilmesiyle elde edildi. Chen, PBTL'nin mükemmel bir güce, dayanıklılığa ve kararlılığa sahip olduğunu söylüyor; bu da potansiyel olarak plastik ambalaj, spor malzemeleri, araba parçaları, inşaat malzemeleri ve diğer ürünlerin yapımında kullanılabileceği anlamına geliyor.

Araştırmacılar, PBTL'nin kimyasal bir katalizör varlığında 24 saat boyunca 100°C'de ısıtılarak kolayca geri dönüştürülebileceğini keşfettiler. Bu işlem, plastiği zararsız bir şekilde orijinal yapı taşlarına bölüyor ve yüksek kaliteli PBTL'ye yeniden dönüştürülmesini mümkün kılıyor. Yeni plastik ile ilgili tek dezavantaj PBTL'nin yalnızca diğer plastiklerle karışmadığı durumlarda bu şekilde verimli parçalanıp yeniden şekillendirilebilmesi. Bunun için de geri dönüştürülmeden önce karışık plastik atıklardan ayrılması gerekiyor. ■



Nanoparçacıklar Yardımıyla Güneş Paneline Dönüştürülen Pencereleler

İlay Çelik Sezer

Güneş enerjisinden elektrik üreten sistemlerin günlük yaşam alanlarına olabildiğince entegre edilmesi ve bu elektriğin tüketileceği konumda üretilebilmesi, güneş enerjisinden taşıma ve depolama maliyeti gerektirmeksizin yararlanılabilmesi açısından büyük önem taşıyor. Yeni bir araştırmada bu amaca hizmet edebilecek bir cam sistemi geliştirildi. Araştırmada iki katmanı arasına bir nanoparçacık katmanı yerleştirilen sıradan cam panellerin güneş panelleri olarak işlev görebildiği gösterildi.

ABD'de bulunan bir malzeme üretim firması olan UbiQD'den Hunter McDaniel ve ekibinin geliştirdiği şeffaf güneş panelleri normal

camdan ayırt edilemiyor. ABD'de ve Hollanda'da sistemin deneme kurulumları yapıldı. Paneller %3,6'lık bir güç dönüştürme verimliliğine sahip. Opak güneş paneli sistemlerinde ise verimlilik %15-20 civarında oluyor.

Şeffaf güneş panelleri, birbirine kuantum noktacıklar olarak bilinen nanoparçacıklar içeren bir polimerle yapıştırılmış iki cam tabakadan oluşuyor. Bakır indiyum yapıtı bir çekirdek ve çinko sülfür yapıtı bir kabuktan oluşan bu kuantum noktacıklar, ışığı kullanabilen yarı iletkenler olarak işlev görüyor.

Parçacıklar UV ışığa maruz kalarak uyarıldıklarında şeffaf panelin içinden kenarına doğru ilerleyen fotonlar yayıyor. Panelin çerçevesi ise fotonları elektrik akımına dönüştüren güneş hücreleriyle donatılmış. Güneş hücreleri pencerenin çerçevesi içine oturtulmuş hâlde bulunuyor ve dışarıdan fark edilmiyor.

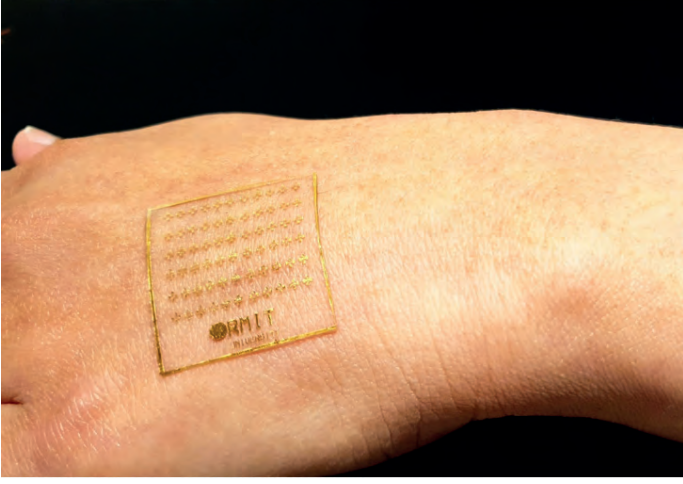
Bu yüzden normal pencereleri güneş panellerine dönüştürmek o kadar da karmaşık bir

işlem gerektirmiyor. İki cam tabaka arasındaki polimer kütleye sadece %1,7 oranında kuantum noktacık içeriyor. McDaniels'ın belirttiğine göre kuantum noktacıklar zehirsiz ve görece ucuza üretilebilen malzemeler. Sonuçta elde edilen paneller kahverengiye yakın bir renkte oluyor. Ancak araştırmacılar mavi bir boya karıştırarak gri ve grimsi mavi tonlarda paneller de üretti. Panellerin şeffaflığı da ayarlanıp daha koyu ve daha açık tonlarda üretilebiliyor. Renk tonu ne kadar koyu olursa, enerji çıktısı o kadar yüksek oluyor çünkü bu sayede daha fazla ışık soğurulabiliyor. ■

Acıya Tepki Verebilen Elektronik Deri

Özlem Ak

Deri, bir acı hissi olduğunda beyne birbiri ardına uyarı sinyalleri gönderme özelliğine sahip vücudun en büyük duyu organı. Pek çok şeyi deri yoluyla algılıyoruz. Fakat acı tepkisi çok sıcak ya da keskin bir şeye dokunulduğunda yani belirli bir noktada



<https://www.rmit.edu.au/news/all-news/2020/sep/electronic-skin>

devreye giriyor. Şu ana kadar hiçbir elektronik teknoloji insana ait bu acı hissini gerçekçi bir şekilde taklit edememişti. Ancak geçtiğimiz günlerde araştırmacılar, ağrıya tıpkı gerçek cilt gibi tepki verebilen elektronik yapay deri geliştirdi. Bu keşif daha iyi protezlere, daha akıllı robotlara ve deri naklinde cerrahi müdahale gerektirmeyecek diğer alternatiflere yeni kapılar açacak.

Avustralya'nın Melbourne kentindeki RMIT Üniversitesindeki bir ekip tarafından geliştirilen prototip cihaz, insan derisinin acıyı algılama şeklini ve vücudun neredeyse anlık geri bildirim yanıtını elektronik olarak taklit ediyor ve sinir

sinyalleriyle aynı hızda beyne ulaşarak hızla tepki verilebilmesini sağlıyor. RMIT, Fonksiyonel Malzemeler ve Mikrosistemler grubundan araştırmamanın lideri Prof. Dr Madhu Bhaskaran, ağrı algılayıcı prototipin yeni nesil biyomedikal teknolojilere ve akıllı robotiklere yönelik önemli bir ilerleme olduğunu söylüyor. Üretilen yapay deri basınç, sıcaklık ve soğuk nedeniyle oluşan acı hissine anında tepki veriyor. Bhaskaran'a göre, bu gelişme, gerçekten akıllı protezler ve akıllı robotikler geliştirirken ihtiyaç duyulan geri bildirim sistemleri için atılan büyük bir adım.

Araştırma ekibi, acı algılama prototipinin yanı sıra, sıcaklık ve basınçtaki değişiklikleri

de algılayabilen ve bunlara tepki verebilen esnek elektronikler kullanan cihazlar da geliştirdi. Bhaskaran, üç işlevi olan bu prototipin, derinin algılama kapasitesinin temel özelliklerini elektronik biçimde sunmak için tasarlandığını belirtiyor. Bilim insanları gelecekte yapılacak gelişmelerle esneyebilir yapay derinin, yeterince uygulanabilir olmayan ve cerrahi işlem gerektirmeyen geleneksel yöntemlere bir alternatif oluşturabileceği konusunda umutlular.

Bhaskaran bu teknolojiyi biyomedikal uygulamalarla birleştirmek için daha fazla geliştirmeleri gerektiğini düşünüyor. Ancak şu aşamada bile en temel gereklilikler olan biyouyumluluk ve cilt benzeri gerilebilirlik gibi özelliklere sahip olması bu prototip için önemli bir avantaj.

Advanced Intelligent Systems dergisinde de yayımlanan ve geçici patent olarak başvurusu yapılan bu yeni çalışma, ekip tarafından daha önce geliştirilen ve

patenti alınan üç teknolojiyi birleştiriyor. Bu teknolojilerden ilki çıkartma kadar ince, şeffaf, kırılmaz ve giyilebilir elektronikler yapmak için oksit malzemeleri biyoyumlu silikonla birleştiren esneyebilir elektronikler. İkincisi ise insan saçından 1000 kat daha ince olan ve ısıya tepki vererek değişim gösterebilen malzemeden elde edilen kaplamaya dayanıyor. Son teknoloji ise beyne taklit eden bellekten yararlanılmış. Yani beynin önceki bilgileri hatırlamak ve saklamak için uzun süreli belleği kullanma şeklini taklit eden elektronik bellek hücreleri kullanılmış. Doktora sonrası araştırmacı Ataur Rahman, her prototipteki bellek hücrelerinin basınç, ısı veya ağrı belirli bir eşiğe ulaştığında bir tepkiyi tetiklemekten sorumlu olduğunu söylüyor. Bazı mevcut teknolojiler, farklı ağrı düzeylerini taklit etmek için elektrik sinyalleri kullanırken bu yeni cihazlar gerçek mekanik basınca, sıcaklığa ve ağrıya tepki verebiliyor. ■

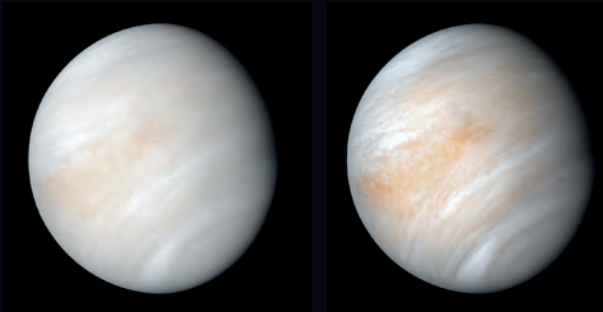
Venüs Atmosferinde Keşfedilen Fosfin, Yaşam Kanıtı mı?

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

Yakın komşumuz Venüs, kütle ve yarıçap olarak gezegenimize çok benzemesine rağmen, yaşam formlarının araştırılmasında öncelikli olarak görülmüyor. Çünkü Venüs'teki sülfirik asit yağmurları, boğucu karbondioksit yoğunluklu atmosfer, Dünya'dan 100 kat daha büyük yüzey atmosfer basıncı ve özellikle yaklaşık 450°C'lere ulaşan yüzey sıcaklığı en dayanıklı organizmaların bile canlı kalmasına engel olur diye düşünülüyor. Atmosferinin kükürtlü ve asidik yapısı da uzay araçlarının Venüs'ün yüzeyine inmesi için önemli bir engel oluşturuyor. Ancak Venüs'ün atmosfer katmanlarındaki farklı basınç ve sıcaklık değerleri ile bu katmanların kimyasal içerikleri (yüzeyinden 50-60 km yüksekliklerde basınç ve sıcaklık Dünya yüzeyine yakın) o bölgelerde mikrobiyal yaşam araştırmalarının yapılabileceğini ortaya koyuyor. Son yıllarda yaşam arayışı ve hatta ileride yeni bir yaşam alanı olup olamayacağı konusunda kırmızı kayalık komşumuz Mars üzerinde önemli araştırmalar yapılıyorken, yakın zamanda yapılan bir keşif nedeniyle gözler aniden Venüs'e çevrildi.

Nature Astronomy dergisinde 14 Eylül 2020 tarihinde yayınlanan bir araştırmada, Venüs'ün bulutlarında fosfin gazının bulunduğu rapor edildi. Dünya'da fosfin molekülü sadece endüstriyel olarak veya oksijensiz ortamda yaşayan mikroplar tarafından üretiliyor. Bu nedenle, Venüs'ün atmosferindeki fosfinin yaşam izi olabileceği veya bilinmeyen bir kimyasal süreçle üretilmiş olabileceği öne sürülüyor. Araştırma ekibinden Bethany Ehlmann: "Güneş Sistemi'ndeki yaşam arayışlarında ilk üç aday Mars, Enceladus ve Europa olarak sıralanıyordu. Şimdi bu listeye belki Venüs'ü de eklemek gerekir." diyor. Aynı ekipten Sara Seager ise, Venüs'te yaşam olduğunu iddia etmediklerini ancak Venüs'ün bulutlarında neden ve nasıl var olduğunu bilmedikleri fosfin gazını keşfetmelerinin son derece önemli olduğunu belirtiyor.

Fosfin (PH_3) saf hâliyle, bir fosfor ve üç hidrojen atomundan oluşan renksiz, kokusuz bir gazdır. Oda sıcaklığında yanıcıdır ve son derece zehirlidir. Bu nedenle, kimyasal silah olarak da kullanılır. 1990'lar da fosfin üzerine yapılan araştırmalar, bu molekülü üreten mikropların olduğunu da ortaya çıkarmıştı. Bu yüzden, son yıllarda ötegezegen keşiflerinin de artmasıyla beraber, fosfin kayaç gezegenlerde bir biyoimza veya yaşamın potansiyel göstergelerinden biri olarak araştırılmaya başlandı.

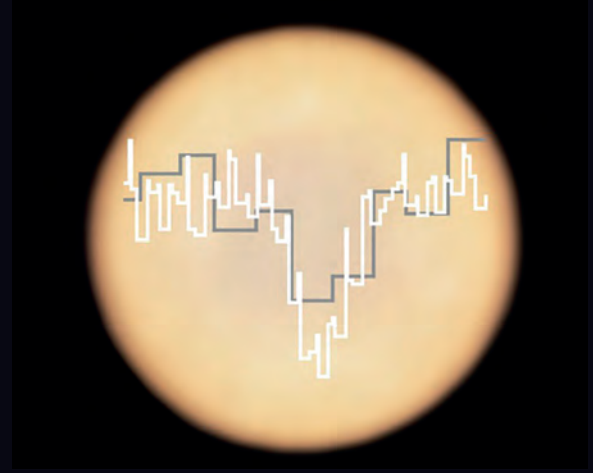




ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) Radyo Teleskop Dizisi / NASA

Venüs'ün bulutlarındaki fosfin, ilk olarak, Hawaii'deki James Clerk Maxwell Teleskobu (JCMT) ile Haziran 2017'de yapılan gözlemlerin analizleri sonucunda ortaya çıkarılmıştı. Venüs'ün tayfında fosfin görülmesi araştırmacıları şaşırtmıştı. Ancak Avrupa Güney Gözlemevi'nin de (ESO) ortağı olduğu Şili'deki ALMA'nın (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) 45 radyo teleskobu kullanılarak Mart 2019'da yapılan gözlemlerle de keşif doğrulandı. Her iki gözlem de elektromanyetik tayfın radyo bölgesine karşılık gelen yaklaşık 1 mm dalga boyu civarında yapıldı. Tayfın 1,12 mm dalga boyunda görülen akı düşmesinin (bu dalgaboyundaki ışığın Venüs atmosferinden geçerken fosfin molekülü tarafından soğurulması), bulutlardaki fosfinden kaynaklandığı ortaya çıkarıldı.

Tahminlere göre, keşfedilen fosfinin bolluğu milyarda yirmi molekül civarında. Araştırmacılar, bu fosfin miktarının sadece on binde birinin biyolojik olmayan süreçlerle (Güneş ışığı, minerallerin yüzeyden yükselmesi, volkanik etkiler vb.) üretilebileceğini öne sürüyorlar. Bu durumda, geriye kalan fosfine oksijen kullanmayan canlıların biyoimzası olarak bakma fikri öne çıkıyor. Buna karşın, Venüs'ün yüksek bulutlarında sıcaklık, Dünya yüzeyine benzer şekilde 30°C civarında olsa da Venüs'teki ortam yüksek derece asidiktir (%90 sülfirik asit) ve böyle bir ortamda herhangi bir organizmanın nasıl hayatta kalabileceği konusu belirsizdir.



Şili'deki ALMA radyo teleskop dizisinden (beyaz) ve Hawaii'deki James Clerk Maxwell Teleskobu'ndan (gri) alınan tayf verileri, ALMA tarafından çekilen Venüs'ün görüntüsünün üzerine yerleştirildi. Gökbilimciler, grafikte gösterilen sinyaldeki düşüşün Venüs'ün radyo dalgalarını emen bulutlarında bulunan fosfinden kaynaklandığını iddia ediyorlar.
ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), Greaves ve ark. & JCMT (Doğu Asya Gözlemevi)

Bilim insanları, bu önemli keşiften sonra, daha fazla gözlem yaparak, fosfin içeren bulutların özelliklerini daha detaylı incelemeyi ve yaşam için önemli diğer gazları da araştırmayı hedefliyor. Tabii ki daha duyarlı sonuçlar için Venüs'e yaklaşacak uzay görevlerine de ihtiyaç olacak. NASA'nın Venüs hedefli iki uzay görevi (VERITAS ve DAVINCI+) planından en az birinin önümüzdeki yıllarda başlatılabileceği düşünülüyor. Avrupa Uzay Ajansı (ESA) da Venüs'ün potansiyel volkanik gazlarını gözlemek ve jeolojik tarihini araştırmak için bir uzay görevi üzerinde çalışıyor. Venüs'ün atmosferindeki fosfin keşfi ile hem Venüs hem de yaşam olasılığı olan diğer gezegenler üzerindeki araştırmalar farklı bir ivme kazanabilir. ■

Kaynaklar

J.S. Greaves et al. Phosphine gas in the cloud decks of Venus. *Nature Astronomy*. Published online September 14, 2020. doi:10.1038/s41550-020-1174-4.

<https://phys.org/news/2020-09-hints-life-venus-scientists-phosphine.html>

<https://phys.org/news/2020-09-venus-harbour-life.html>

<https://www.sciencedaily.com/releases/2020/09/200914112219.htm>

TÜBİTAK
Yarışmalarıyla
Her Yıl
TEKNOFEST'te

Heyecan Doruklara Yükseliyor

Dr. Özlem Kılıç Ekici [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi







Gerçekleştirilmeye başlandı 2018'den beri ziyaretçi rekorları kıran ve dünyanın en büyük Havacılık, Uzay ve Teknoloji Festivali olan TEKNOFEST, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve Türkiye Teknoloji Takımı Vakfı'nın yürütücülüğünde, Türkiye'nin önde gelen teknoloji şirketleri, kamu, medya kuruluşları ve üniversitelerinin destekleriyle 24-27 Eylül tarihleri arasında Gaziantep'te düzenlendi. Yüz binlerce genç mucidi bir araya getiren TEKNOFEST'te, TÜBİTAK bu yıl da birbirinden heyecanlı yarışmalar ve etkinliklerle festivaldeki yerini aldı.

Teknoloji yarışmaları 1 Eylül itibarıyla Tuz Gölü'nde Roket Yarışması ve Körfez'de Efficiency Challenge Elektrikli Araç Yarışması ile başladı. Teknoloji yarışmaları kapsamında Robotaksi Binek Otonom Araç

Yarışması'ndan İnsanlık Yararına Teknoloji Yarışması'na, Çevre ve Enerji Teknolojileri Yarışması'ndan Uçan Araba Tasarım Yarışması'na kadar birbirinden farklı 21 kategoride yarışmalar düzenlendi. Dereceye girmeye hak kazanan takımlara 3 Milyon TL'nin üzerinde ödül verildi.

2018'den bugüne Türkiye'nin uluslararası arenada ses getiren Havacılık, Uzay ve Teknoloji Festivali TEKNOFEST ile bütünleştirilen TÜBİTAK yarışmaları ve etkinliklerinde ülkemizin son yıllarda "Milli Teknoloji Hamlesi" olarak adlandırılan teknoloji üretme hedeflerine ve bu hedefler için ihtiyaç duyulan nitelikli insan kaynaklarının gelişimi süreçlerine katkı sağlanması amaçlanıyor.

Efficiency Challenge (EC) Elektrikli Araç, Roket, Robotaksi, İnsan-

lık Yararına Teknolojiler ve Uluslararası İnsansız Hava Araçları (İHA) yarışmalarının yanı sıra bu sene TÜBİTAK tarafından TEKNOFEST'te bir ilke daha imza atıldı. İHA Yarışmaları, bu yıl ilk kez lise öğrencileri arasında da gerçekleştirildi. Ayrıca TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) tarafından bu yıl ilk kez "Biyoteknoloji İnovasyon Yarışması" düzenlendi.

Akıllı Şehirler ve Ulaşım, Bilgi ve İletişim Teknolojileri, Eğitim, Enerji ve Çevre, Gıda ve Tarım, Makine İmalatı ve Otomotiv, Sağlık, Savunma, Uzay ve Havacılık, Sosyal Yenilikçilik ve Girişimcilik olmak üzere dokuz ana alanda ve 30 tematik alanda düzenlenen Üniversite Öğrencileri Araştırma Proje Yarışmaları'nda finalist olmaya hak kazanan projeler yine TEKNOFEST çatısı altında sergilendi.

Efficiency Challenge (EC) Elektrikli Araç Yarışları

“Pistlerde hız değil, yerli ve milli olan mühendislik tasarımları ve teknoloji yarıştı!”

Üniversiteli gençlerin alternatif enerjili elektrikli araçlarını yarıştırdıkları (bu yıl on altıncısı düzenlenen) EC Elektrikli Araç Yarışları 1-6 Eylül 2020 tarihleri arasında Körfez Yarış Pisti’nde gerçekleştirildi. Önümüzdeki seneden itibaren ise yarışların İstanbul Park Formula 1 Pisti’nde gerçekleştirilmesi hedefleniyor.

Elektromobil ve Hidromobil kategorilerinde düzenlenen yarışlar ile elektrik ve hidrojen enerjisiyle çalış-

şan araçlarla ilgili yerli üretimin artırılması, katma değeri yüksek ürünlerin geliştirilmesi, katılımcıların araç teknolojileri konusunda bilgi birikimi ve deneyim kazanmasını sağlamakla beraber alternatif enerjilerle ilgili araştırma imkânı edinip dünyadaki gelişmeleri takip etmeleri ve deneyim kazanmaları amaçlanıyor. Ayrıca, alternatif ve temiz enerji kaynaklarının otomotiv sanayiinde kullanımını yaygınlaştırmak, alternatif enerjilerin araç teknolojilerinde kullanımı konusunda halkın ilgisini çekmek ve farkındalık oluşturmak gibi amaçlar da gözetiliyor.

Öğrenciler araçlarını, istenilen teknik kriterler doğrultusunda, bir yıl boyunca disiplinler arası bir takım çalışması neticesinde tasarlıyor. Araç için gerekli birçok parçayı kendileri üretiyor veya dışarıdan temin ediyorlar, sonrasında da aracın

montajını yaparak test sürüşlerini gerçekleştiriyorlar. Bu sene getirilen yeni bir kural çerçevesinde takımların araçlarında yerli bir parça kullanması zorunlu tutuldu.

Yarışa Türkiye’den 115, yurt dışından da 2 takım (K.K.T.C ve Hindistan) olmak üzere toplam 117 başvuru yapıldı. Başvuruların 103’ü elektromobil, 14’ü hidromobil kategorisindeydi. Elenenlerle pandemi ve farklı sebeplerden dolayı geri çekilen takımlar sonucunda, yarışa 38 farklı üniversiteden toplam 48 yurt içi takım (41 elektromobil ve 7 hidromobil) kayıt yaptırdı. 2019 yılında gerçekleştirilen yarışa ise 91’i yurt içinden, 3’ü de yurt dışından olmak üzere 94 takım başvurmuştu.

Bu yıl 16’sı elektromobil, 4’ü hidromobil olmak üzere 20 takım teknik kontrolleri başarıyla geçip final yarışlarına katılmaya hak kazandı. Yarışlara katılan takımlar arasında enerji verimliliği bakımından en iyi elektrikli araca sahip olanlar dereceye girerek ödül almaya hak kazandılar. Şampiyonlara ödülleri Gaziantep’teki ödül töreninde verildi.

Yarış kapsamında daha önce yarışa katılmış olan takımlara 10.000 TL, ilk kez yarışa başvuran takımlara ise 35.000 TL hazırlık teşvikleri veriliyor. Performans, yerli ürün teşvik, verimlilik rekoru, teknik tasarım, görsel tasarım, kurul özel, tanıtım ve yaygınlaştırma teşvik kategorilerinde de 3.000 ila 40.000 TL ödüller veriliyor.



Roket Yarışması

Öğrencilerin uzay teknolojileri alanına ilgilerini artırmayı ve kabiliyetlerini geliştirmeyi amaçlayan ve bu yıl üçüncüsü düzenlenen Roket Yarışması'na 516 takım başvurdu.

Alçak, Orta ve Yüksek İrtifa olmak üzere üç kategoride gerçekleştirilen yarışmada 82 takım finalist olmaya hak kazandı. Finale kalan takımlara 2 gün süreyle çevrim içi olarak model roketçilik eğitimi verildi. Bu yıl ilk kez düzenlenen Yüksek İrtifa kategorisinde takımlar 20.000 feet irtifaya atış yaptılar.

Nefeslerin tutularak izlendiği roket atışları, 1-13 Eylül tarihleri arasında Tuz Gölü Hisar Atış alanında gerçekleştirildi. Roket Yarışması'nın sponsorluğunu ise TÜBİTAK SAGE ve ROKETSAN yaptı.



Robotaksi Binek Otonom Araç Yarışması

Geleceğimizi değiştirecek otonom araçlar için Robotaksi Binek Otonom Araç Yarışması TÜBİTAK, BİLİŞİM VADİSİ ve HAVELSAN yürütücülüğünde 7-10 Eylül'de Kocaeli Bilişim Vadisi'nde gerçekleştirildi. Katılımcılarını otonom araç teknolojileri alanında özgün tasarım, algoritma ve raporlama hususlarında yetkinlik kazanmaya teşvik eden yarışma lise, ön lisans, lisans, lisansüstü öğrencileri ve mezunların katılımına açıktı. Yarışmada tek kişilik gerçek boyutlu bir aracın gerçek bir pist ortamında otonom olarak çeşitli görevleri yerine getirmesi istendi. Yurtdışından 5, yurtiçinden 127 olmak üzere toplamda 132 takımın başvurduğu yarışmada, finale kalan 17 takım arasından, teknik kontrolleri ve test aşamalarını başarı ile geçen 14 takım yarışmaya hak kazandı. Birincinin 75 Bin TL, ikincinin 50 Bin TL, üçüncünün ise 35 Bin TL ile ödüllendirildiği yarışmada, finalistlere toplamda 160 bin TL ödül verildi.





Uluslararası İHA Yarışması

İHA konusundaki farkındalığı artırmak, İHA kullanımını yaygınlaştırmak, bu alandaki teknolojik gelişmeleri izlemek ve bu gelişmelere katkı sağlamak, aynı zamanda katılımcılara teknik ve sosyal deneyim kazandırmak amacıyla 2016 yılından bu yana düzenlenen Uluslararası İHA Yarışması, 2018 yılından itibaren TEKNOFEST kapsamında yapılmaya başlandı.

Bu yıl yarışa 324'ü yurt içinden, 12'si yurt dışından olmak üzere toplam 336 başvuru geldi. Sabit ve

Döner Kanat kategorilerinde gerçekleştirilen Uluslararası ve Liseler Arası İHA Yarışması, 15-20 Eylül tarihleri arasında Gaziantep Alleben Göleti'nde gerçekleştirildi. Bu etkinlik kapsamında 8.000 TL İHA Geliştirme Desteği ve yarışmalara girme hakkı kazanan tüm takımlara 4.000 TL Katılım Desteği sağlandı. Yarışma sonunda kategorilerinde birinci olan takımlara 30.000 TL, ikinci olan takımlara 20.000 TL, üçüncü olan takımlara 15.000 TL verildi. Ayrıca her iki kategori için ikişer adet 7.500 TL Mansiyon Ödülü ve 15.000 TL Yerli Yazılım Ödülü verildi. Buna ek olarak her iki kategoride birinci olan takımlara TUSAŞ (Türk Havacılık ve Uzay Sanayii) tarafından 12.000 TL Özel Ödül ve takım üyelerine Staj Hakkı Ödülü verildi.





Liseler Arası İHA Yarışması

TÜBİTAK tarafından Döner Kanat ve Sabit Kanat kategorilerinde ilk kez düzenlenen Liseler Arası İHA Yarışması'na ülkemizin dört bir yanından lise öğrencileri yoğun ilgi gösterdi. Yarışmaya toplam 291 takımın başvurusu kabul edildi.

Yarışmada, her bir kategoride birincilere 20.000 TL, ikincilere 15.000 TL, üçüncülereyse 10.000 TL ödül verildi. Yine her iki kategoride 5.000 TL Mansiyon Ödülü ile 6.000 TL TUSAŞ Özel Ödülü de verildi.

Biyoteknoloji İnovasyon Yarışması

Biyoteknoloji İnovasyon Yarışması, inovasyon ve yüksek teknoloji alanlarındaki çalışmalarını özendirmek, biyoteknoloji ve biyomühendislik alanlarında farkındalık oluşturmak ve bu alanda gerçekleştirilecek yenilikçi fikirleri ödüllendirmek amacıyla TÜBİTAK MAM tarafından bu yıl ilk kez düzenlendi.

Proje kategorisi ve Fikir kategorisi olmak üzere iki ayrı kategorisi bulunan yarışma fizik, kimya ve matematik gibi temel bilimlerden mühendislik, sosyal bilimler ve uygulamalarına kadar geniş bir spektrumun ilgi alanına girmekle bera-

ber biyolojik sistemlerin teknolojik uygulamalarını kapsıyor.

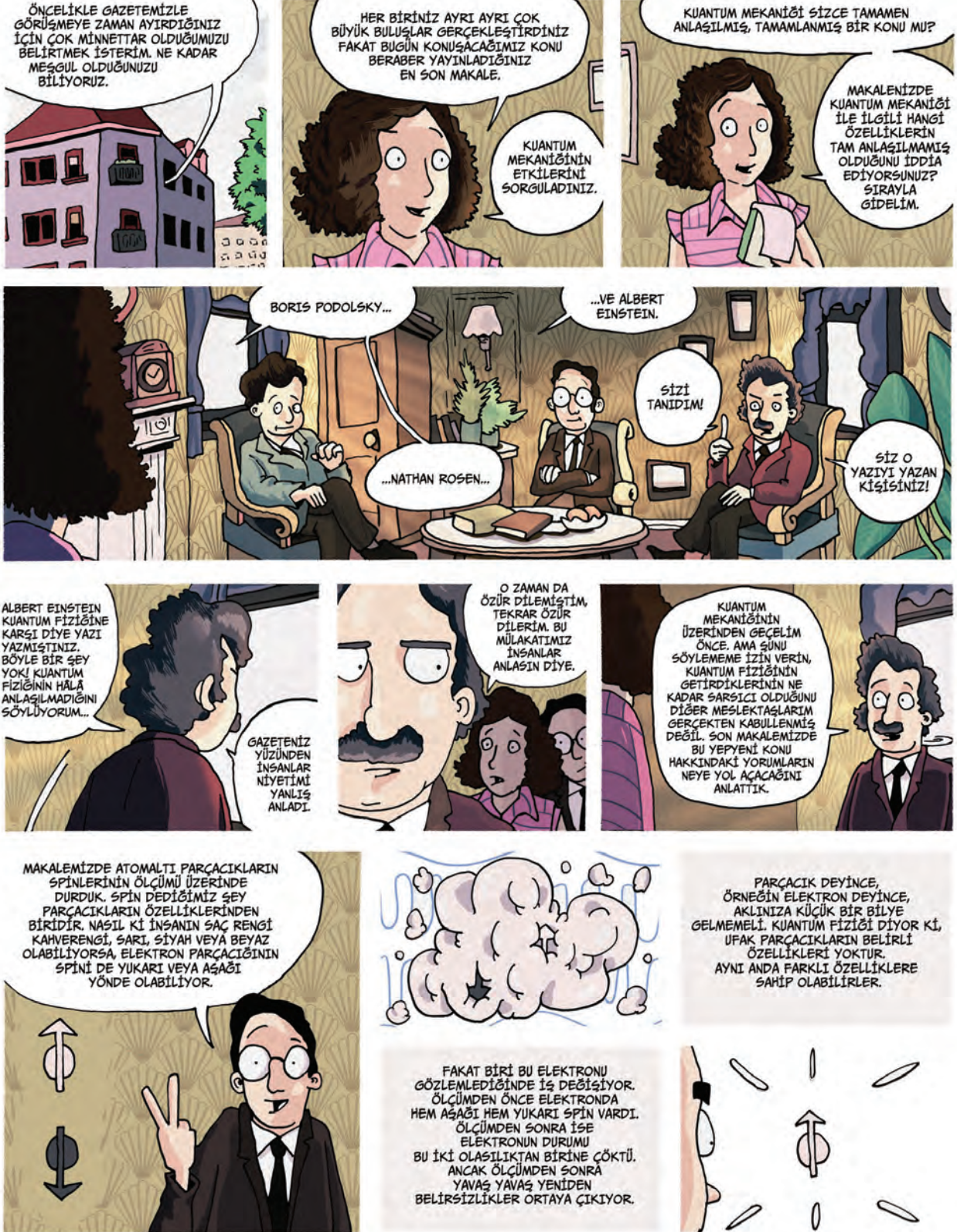
24-27 Eylül tarihlerinde Gaziantep'te düzenlenen yarışma, Türkiye ve yurt dışında öğrenim gören tüm lise, ön lisans, lisans, yüksek lisans ve doktora öğrencilerine açıktı. Fikir kategorisine yurt dışından 8, yurt içinden 230 olmak üzere 238; Proje kategorisine ise yurt dışından 6, yurt içinden 198 olmak üzere 204; toplamda ise 442 takımın başvurusu alındı. Proje kategorisinde birinciye





TEKNOFEST Havacılık, Uzay ve Teknoloji Festivali ile ülkemiz gençlerinin bilimsel farkındalığını artırmak ve geleceğin teknoloji üreten liderleri arasında yerlerini almalarını sağlamak hedefleniyor. “Türkiye Milli Teknoloji Hamlesi” hedefleri doğrultusunda gerçekleştirilen TEKNOFEST’e bu sene yaşanan pandemiden dolayı dışarıdan ziyaretçi kabul edilmedi. Bu yılki festival sadece yüzlerce genç mucide ev sahipliği yaptı. Teknoloji üreten olma yolunda çok önemli bir adım olan festival aynı zamanda bilim ve teknoloji alanlarında gerçekleştirilecek yeni oluşumların ve girişimlerin de habercisi oldu. ■





BELKİ İŞİĞİN HEM DALGA HEM PARÇACIK ÖZELLİĞİ GÖSTERDİĞİNİ DUYMUŞSUNUZDUR. KUANTUM FİZİĞİ DİYOR Kİ BÜTÜN PARÇACIKLAR ASLINDA BU ŞEKİLDE. ELEKTRON DA BİR DALGA ÖRNEĞİN. ÜZERİNDE ÖLÇÜM YAPILANA KADAR HİÇBİR PARÇACIĞIN BELİRLİ ÖZELLİKLERİ YOK.

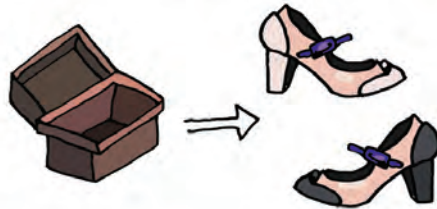
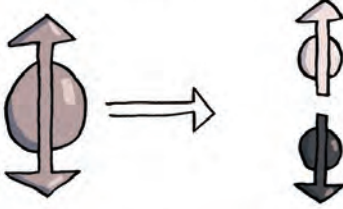
AYNI ANDA HEM SARIŞINIM HEM DE ESMERİM. FAKAT BİRİ BANA BAKTIĞI AN SARIŞIN OLUYORUM ÖRNEĞİN. DAHA SONRA KİMSE GÖRMEZKEN SAÇIMIN RENGİ YENİDEN BELİRSİZLEŞMEYE BAŞLIYOR. BİR DAHA BAKTIĞINDA BU SEFER ESMER OLUYORUM DİYORSUNUZ. BU NASİL OLUR?

İNSAN GİBİ BÜYÜK KÜTLELİ YAPILARDA BU ŞEKİLDE OLMUYOR TABİİ, KÜÇÜK ÖLÇEKTE GEÇERLİ BU DURUM. FAKAT BENZETME DOĞRU.

BUNUN NİYE OLDUĞUNU AÇIKLAMAK ELİMİZDE DEĞİL. EVREN BÖYLE İŞLİYOR. MAKALEMİZDE BU DURUMUN NEYE YOL AÇACAĞINA BAKTIK, ŞİMDİ İSTERSENİZ ONA DEĞİNELİM.

SPİNİ SIFIR OLAN BİR PARÇACIĞIN İKİ PARÇACIĞA BOZUNDUĞUNU DÜŞÜNELİM. PARÇACIKLARIN TOPLAM SPİNİNİN SIFIR OLMASI İÇİN BİRİNİN SPİNİ AŞAĞI, DİĞERİNİNKİ YUKARI YÖNLÜ OLMALIDIR.

BİR PARÇACIĞIN SPİNİNİN AŞAĞI OLDUĞUNU ÖLÇERSEK DİĞERİNİN SPİNİNİN YUKARI OLDUĞU ÇIKARIMINI YAPABİLİRİZ. BİR ÇİFT AYAKKABIDAN BİRİNİN SAĞ TEK OLDUĞUNU GÖRÜYORSANIZ DİĞERİNİN SOL TEK OLDUĞUNU BİLİRSİNİZ.



ŞİMDİ SİZİ EVRENİN BİR UCUNA, EINSTEIN HOCAYI DA DİĞER UCUNA YOLLAYALIM.



BAŞLANGIÇTAKİ PARÇACIĞIN SPİNİ SIFIR OLDUĞU İÇİN ORTAYA ÇIKAN PARÇACIKLARIN BİRİNİN SPİNİ YUKARIYSA DİĞERİNİNKİ AŞAĞI OLMALIDIR. DİYELİM Kİ EINSTEIN ÖLÇÜMÜ YAPTI VE PARÇACIĞIN SPİNİNİN YUKARI OLDUĞUNU BULDU. SİZ ÖLÇÜM YAPTIĞINIZDA SPİNİN AŞAĞI OLDUĞUNU BULACAĞINIZ KESİNDİR.

BENİ NİYE EVRENİN TA ÖBÜR UCUNA YOLLADINIZ ONU ANLAMADIM AMA ÖLÇÜMÜN MANTIĞINI ANLADIM. AMA BURADA HÂLÂ İLGİNÇ BİR ŞEY GÖREMIYORUM. O YUKARI SPİN ÖLÇÜĞÜNDE BENİMKİNİN AŞAĞI OLMASI GEREKIYOR ZATEN, BUNDA NE İLGİNÇ?

ÖLÇÜM YAPILANA KADAR SPİN ÖZELLİĞİNİN BELİRLİ OLMADIĞINI UNUTUYORSUNUZ.

EINSTEIN'IN PARÇACIĞI ÖLÇÜM YAPILDIĞI AN BELLİ BİR SPİN ÖZELLİĞİNE KAVUŞUYOR. ÖLÇÜM YAPILMADAN EINSTEIN'IN PARÇACIĞININ YUKARI SPİNLİ OLDUĞU BELLİ DEĞİLDİ.

EINSTEIN'IN PARÇACIĞININ SPİNİNİN HANGİ YÖNDE ÇIKTIĞINI SİZİN PARÇACIĞINIZ NEREDEN BİLİYOR?

İKİ PARÇACIKTAN BİRİ DEĞİŞTİĞİNDE, DİĞERİ EVRENİN DİĞER UCUNDA DA OLSA, ONA UYGUN BİÇİMDE DEĞİŞİYOR.

UZAK MESAFEDEN ÜRKÜTÜCÜ EYLEM.

DEVAM EDECEK...



**COVID-19'un
Başka Bir Sonucu:**

Plastik Salgını

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi]



Maskeler, eldivenler ve dezenfektan şişeleri gibi koronavirüs pandemisinde en çok aranan ürünlerin ortak bir yanı var: Plastikten yapılmış olmaları. Pek çok ülkede plastik çatal, bıçak, pipet, poşet ve tek kullanımlık diğer plastik malzemelerin kullanımına dair yasaklar COVID-19 pandemisiyle sekteye uğramış gibi gözüküyor. Kafeterya ve restoranlarda da plastik kullanımını azaltma çabaları şimdilik askıya alındı. Hijyen endişeleri ve maskelere olan talep, yoğun plastik tüketimine neden olurken, plastik endüstrisi de tek kullanımlık plastiğin pandemiye daha güvenli ve daha hijyenik olduğunu savunarak son yıllarda artan kısıtlamalara karşı hamle yapma fırsatını yakaladı. Aslına bakılırsa pandemi, plastiğe karşı sürdürülen savaşı tamamen kontrolden çıkarmış gibi görünüyor. Bu süreçte kullanılan plastik malzemeler de çoktan denizlere ulaştı. İlk günlerde, pandeminin çevresel etkisine dair gözlemler kirlilikten arınmış mavi gökyüzü, karbon emisyonlarındaki azalma ve doğanın iyileştirilmesi şeklindeydi. Ama gözden kaçan bir nokta vardı: Plastik salgını...





COVID-19'un Çevreye Dolaylı Etkileri

Plastiğin yeniden dirilişi, koronavirüsün bulaşmasına ilişkin endişelerle ateşlendi ancak bu korkuların sağlam bir temeli olduğu da yeterince açık değil. Birkaç araştırmaya göre, virüs aralarında cam ve kartonun da bulunduğu çeşitli malzemelere kıyasla plastik üzerinde daha uzun süre kalabiliyor. Çok sayıda akademisyen 22 Haziran'da yayımladıkları açık mektupta yeniden kullanılabilir ürünlerin temel hijyen kurallarına dikkat edildiği takdirde plastiğe göre daha güvenli olduğunu vurguladı.

Çoğu ülke virüsün yayılmasını önlemek için COVID-19 tarama testlerine ve alınması gereken tedbirlerle odaklanırken virüsün çevre üzerindeki dolaylı etkileri çok daha az analiz edildi. İlk çalışmalara göre, pandemi sürecinde alınan tedbirlerin çevre üzerinde olumlu dolaylı etkileri gözlemlendi. Hatta iklim uzmanları, sera gazı emisyonlarının II. Dünya Savaşı'ndan bu yana daha önce görülmemiş oranlara düşebileceğini öngördü.

Sosyal mesafe kurallarının uygulanmasıyla endüstriyel tesisler üretimlerini durdurdu, otomobil ve diğer araçların kullanımı, dolayısıyla da karbon salımı ve hava kirliliği önemli ölçüde azaldı. Dünyanın hemen hemen tüm büyük şehirle-

rindeki hava kirliliği, eve kapanılan mart ve nisan aylarında 2019 yılının aynı dönemine göre %60 oranında azaldı.

Dünya Sağlık Örgütüne (WHO) göre, dünya nüfusunun %91'i hava kirliliğinin izin verilen sınırları aştığı yerlerde yaşıyor. Hava kalitesindeki bozulmanın sonuçları, her yıl küresel ölümlerin önemli bir bölümünde kendini gösteriyor. WHO'nun 2016'da yayımladığı rapora göre, hava kirliliği dünyadaki toplam ölümlerin neredeyse %8'inde pay sahibi ve Afrika, Asya ve Avrupa'nın pek çok ülkesi bu durumdan etkileniyor.

Uzmanlar pandeminin etkisiyle sera gazı salımları azalmış olsa da bu azalmanın atmosferde on yıllardır biriken toplam sera gazı yoğunluğu üzerinde sadece küçük bir etkiye sahip olduğunu belirtiyor. Diğer yandan bazı ülkelerde hâlihazırda gözlemlenen sera gazı salımlarındaki azalmanın geçici

Olumlu Etkiler	Olumsuz Etkiler
Hava kalitesinde artış	İç mekân hava kalitesinde düşüş
Gürültü kirliliğinde azalma	Tıbbi atık miktarında artış
Ev tipi gıda atığı miktarında azalma	Yakma ve depolama oranlarının artmasıyla atık geri dönüşümünde azalma
Enerji tüketimi ve sera gazı salımlarında azalma	Ev ve dış ortamlarda tehlikeli kimyasal maddelerle yapılan dezenfeksiyon rutinlerinde artış
Yaban hayvanların ticaretinde küresel azalma	Dezenfektan kullanımı nedeniyle doğal ekosistemler için ekolojik riskin artması
Orman tahribatında azalma	
Yüzey suyu kalitesinde artış	

Tablo 1: COVID-19 pandemisinin ve çevre üzerindeki olumlu ve olumsuz sonuçları

olduğunu, pandemi sona erdiğinde salımların tekrar yüksek değerlere ulaşacağını düşünenler de yok değil.

Özel vasıtaların ve toplu taşıma araçlarının kullanımı ile ticari faaliyetlerin azalması, dünyadaki çoğu şehirde gürültü seviyesinin önemli ölçüde düşmesine yani gürültü kirliliğinin azalmasına neden oldu. Sağlık sorunlarına neden olan, ekosistemlerin doğal koşullarını değiştiren, toplum ve çevre için başlıca rahatsızlık kaynaklarından biri olan çevresel gürültü insan kökenli faaliyetlerin (örneğin, endüstriyel veya ticari faaliyetler), motorlu araçların ve yüksek ses seviyesindeki melodilerin neden olduğu istenmeyen ses olarak tanımlanıyor.

COVID-19'un çevre üzerinde hem olumlu hem de olumsuz dolaylı etkiler yarattığı açık. Ancak hemfikir olunan nokta olumsuz etkilerinin daha büyük olacağı yönünde. Çünkü kısa bir süre içinde sera gazı yoğunlukla-

rını azaltmak, çevreyi temizlemenin sürdürülebilir bir yolu değil. Hatta salgının çevre üzerindeki etkisi ihmal edilirse virüs krizinin daha uzun sürecek ve yönetilmesi daha zor olabilecek başka çevresel sorunları da beraberinde getirmesi muhtemel. Örneğin, virüsün geri dönüşüm merkezlerinde yayılma riski endişesiyle, bazı ülkelerde geri dönüşüm programları askıya alındı, sürdürülebilir atık yönetimine kısıtlamalar getirildi; diğer yandan pek çok ülkede tek kullanımlık plastik torba yasakları kalktı, maske ve eldiven gibi tıbbi atıkların miktarında önemli artış oldu.

“COVID-19 Atığı”

Tek kullanımlık plastik ürünler çevre için en büyük tehditlerden biri. Hong Kong merkezli sivil toplum kuruluşu OceansAsia'ya göre, dünya çapında her yıl yaklaşık 300 milyon ton plastik üretiliyor ve bunun 8 milyon tondan fazlası de-

nizlere ulaşıyor. Bu da nihayetinde deniz ekosistemlerini tehdit ediyor. COVID-19 salgını da plastik kirliliğini daha da şiddetlendirecek gibi görünüyor. Çünkü OceansAsia, Hong Kong'da ocak ayından bu yana denizlerde çöp ve mikroplastik birikiminde büyük bir artış olduğunu bildirdi. Sahillere ve kırsal bölgelere çok sayıda maskenin atıldığını tespit etti.

Fransa'daki Opération Mer Propre çevre örgütünün üyesi Joffrey Peltier, Akdeniz'de çok sayıda eldiven, maske ve el dezenfektanı şişelerine rastladıklarını, bunun da hâlihazırda var olan plastik sorununu daha da büyüten ve çevreyi daha da tehdit eden yeni bir tür kirliliğe işaret ettiğini vurguladı. Örgüt, Fransız halkına yeniden kullanılabilir maskeleri tercih etmeleri ve eldiven kullanmak yerine daha sık el yıkamaları hususunda çağrı da bulundu.

Bir başka yerel çevre örgütü olan The Conservancy Association Hong Kong (CAHK), maskelerin kullanıldıktan sonra doğru şekilde toplanmamasının neden olduğu bu yeni kirlilik türü hakkında benzer tedirginliği dile getirdi. CAHK, maskelerinin nasıl doğru şekilde toplanacağı konusunda halkı bilinçlendirmenin ve eğitmenin yanı sıra bunu yanlış yaptıkları takdirde karşılaşacakları sağlık riskleri hakkında bilgilendirmenin de önemini vurguluyor.



Endişe Verici Rakamlar...

Wuhan'daki hastaneler, salgın sırasında günde ortalama 240 ton tıbbi atık üretti, salgın öncesi ortalama atık miktarı ise 50 tonun altındaydı.

University College London'dan bir araştırma ekibi tarafından yapılan tahmine göre, İngiltere'de bir yıl boyunca günde bir tane tek kullanımlık maske kullanan her bir birey 66.000 ton plastik atık üretecek.

Environmental Science and Technology dergisinde yayımlanan bir araştırmaya göre, koronavirüs pandemisinin bir sonucu olarak dünya çapında her ay tahminen 194 milyar tek kullanımlık maske ve eldiven kullanılıyor.

COVID-19 salgınının başlamasından haziran ayının sonlarına kadar, İngiltere'deki sağlık personeline iki milyar adet kişisel koruma malzemesi teslim edildi ve toplamda yaklaşık 28 milyar adet ürün sipariş edildi.

Bir İngiliz firması akrilik levha üretimini şubat ayından mart ayına kadar yüzde 300 artırdı. ABD'de ise pleksişglas üreticileri satışlarda 30 kat artış bildirdi. Bunlar tek kullanımlık ürünler olmasa da artık ihtiyaç kalmadığında bu tür levhalara ne olacağı belirsiz.

En son kapsamlı küresel veri setinin derlendiği 2015 yılında, 381 milyon ton plastik üretilirken, plastik atıkların yüzde 55'i çöpe atıldı, yüzde 25'i yakıldı (karbon emisyonlarına neden oldu) ve yalnızca yüzde 20'si geri dönüştürüldü.

Bu konuda herhangi bir önlem alınmazsa Birleşmiş Milletler Çevre Ajansı (UNEP) Başkanı Inger Andersen'in atılan plastik miktarına dair tahminine göre, 2040 yılında denizlerde yıllık biriken plastik miktarı (şimdiki miktar olan) 11 milyon tondan 29 milyon tona çıkacak, yani neredeyse üçe katlanacak.

COVID-19 hastalığı dünya çapında yayılmaya devam ederken, tıbbi ve plastik atıkların milyarlarca kişi tarafından ayırım gözetmeksizin yanlış bertaraf edilmesi hızla küresel bir sorun hâline geliyor. Yüksek COVID-19 oranlarıyla karşı karşıya kalan şehirler, sağlık tesislerindeki tıbbi

atık üretiminin büyük çaplı artışını yönetmek için mücadele ediyor.

Tıbbi atık miktarındaki çarpıcı artış yüzünden atıkların yönetilmesi ve işlenmesi başa çıkılabilecek boyutlarda değil. SARS-CoV-2 virüsünün kalıcılığı ve yüksek bulaşıcılığı

nedeniyle, birçok ülke tüm hastane atıklarını bulaştırıcı olarak sınıflandırıyor. Dolayısıyla bu atıkların yüksek sıcaklıklarda yakılması, sterilize edilmesi ve ardından kalan külün depolanması gerekiyor. Çoğunlukla plastikten yapılan tıbbi atıkların kontrolsüz yakılması, sera gazı salınmasına; ayrıca ağır metaller, dioksinler, poliklorlu bifeniller ve furanlar gibi potansiyel olarak tehlikeli diğer bileşiklerin açığa çıkmasına neden olacağından tavsiye edilmiyor.

COVID-19'un geri dönüşüm merkezlerinde yayılma riskinden endişe duydukları için bazı ülkeler geri dönüşüm programlarını durdurdu ve tıbbi atık olarak sınıflandırılan bu atıkları hem yakmaya hem de çöp olarak depolamaya öncelik verdi. Diğer bir deyişle, bu atıkların yolculuğu yakılarak zehirli dumanların ortaya çıkmasına yol açtıktan sonra yeniden doğaya zarar verecek şekilde depolanmasıyla son buluyor. Atıkların yakılması ile ortaya çıkan gazlar hava kirliliğine yol açıyor. Hava kirliliği, halk sağlığına yönelik en büyük çevresel tehditlerden biri ve dünya çapında 6 milyondan fazla ölümden sorumlu.



Plastik Güvenli mi?

Yeniden kullanılabilir ürünlerden tek kullanımlık ürünlere geçişi haklı göstermek için sunulan ana argüman hijyen, yani plastik ambalajın içindekileri güvenli ve kapalı tutarak halk sağlığını koruduğuna dair inanç. Ancak COVID-19 kapsamında yapılan araştırmalar, bu ürünlerin yeniden kullanılabilir alternatiflerden daha güvenli olmadığını gösteriyor. Virüs, plastik üzerinde, paslanmaz çelik gibi diğer yüzeylerde olduğu kadar uzun süre kalabiliyor. Aslında plastik ürünler, özellikle uzun vadede düşünüldüğünde hijyenik ve halk sağlığına faydalı değil.

Yeni Mikroplastik Kaynağı: Tek Kullanımlık Maskeler

Sosyal mesafe, seyahat kısıtlaması, izolasyon ve el hijyeninin yanı sıra tek kullanımlık maskeler de enfeksiyon riskini en aza indirmek için alınan en önemli tedbirler.

WHO'nun tahminlerine göre, her ay yaklaşık 89 milyon tıbbi maskeye ihtiyaç var.

Üç katmandan oluşan tek kullanımlık maskeler polipropilen, poliüretan, poliakrilonitril, polistiren, polikarbonat, polietilen veya polyester gibi polimerlerden üretiliyor: yumuşak liflerden oluşan iç katman, filtreleme özelliği olan ve üretildiği yöntem nedeniyle "meltbrown" denilen orta katman ve suya dayanıklı, genellikle renkli, dokuma olmayan liflerden oluşan en dış katman.

Balıkçılar ve işletmelerle iş birliği yaparak denizlerdeki çöpleri toplayan ve geri dönüştüren Waste Free Oceans isimli organizasyona göre, yolculuğu denizde son bulan tek kullanımlık plastik maskelerin deniz ekosisteminde parçalanması 450 yıl kadar sürebilir. Organizasyon maskelerin hiçbir zaman tam olarak bozulmayacağını ve mikroplastik denilen daha küçük plastik parçalara dönüşeceğini söylüyor. Örneğin, plastik ambalaj malzemeleri, içecek şişeleri ve fast-food kapları küresel olarak mikroplastik kirliliğinin önde gelen kaynaklarıdır. Benzer şekilde, çevreye ulaşan tek kullanımlık maskelerin de parçalanarak yeni mikroplastik kaynakları olacağı düşünülüyor. Yani maske üretiminin ve kullanımının dünya çapında artması, plastik ve mikroplastik problemine yeni bir boyut getirdi. Maskelerin hem kara hem de denizlere çevresel çöp olarak atılması, küresel pandeminin plastik kirliliği sorununu hiçbir şekilde azaltmadığının bir kanıtı olarak değerlendiriliyor.

SORUN



Tıbbi atıkların çevresel açıdan sağlıklı yönetimi birçok ülkede normal zamanlarda karşılaşılan en önemli zorluklardan biridir. COVID-19 salgını gibi beklenmedik durumlarda ise bu zorluklar büyür.



Veri eksikliği:

Üretilmesi muhtemel tıbbi atık miktarları ve ulusal düzeyde arıtma altyapısı hakkında yeterli veri bulunmuyor ve bu nedenle yetkililerin her ikisi için de stratejiler geliştirmesi gerekiyor. Ayrıca teknolojiye erişimin desteklenmesi ve gelecekte çevreye duyarlı atık yönetimi için bugünden etkili adımların atılması önem taşıyor.

Coğrafi tanımlama eksikliği:



Tıbbi atık üretimi ve ayrıştırma noktaları için alanların belirlenmesi ile transfer, depolama, arıtma ve son bertaraf için rotaların çizilmesi önemli.

Bilgi veya kapasite eksikliği:



COVID-19 üretilen tıbbi atık miktarında hızlı bir artışa neden oldu. Üretilmesi muhtemel tıbbi atık miktarlarının doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi için genellikle bilgi veya kapasite eksikliği olduğu düşünülüyor.

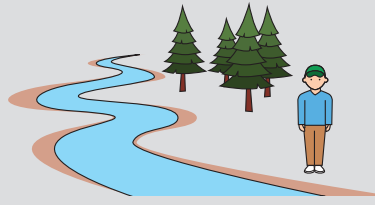
Olağan dışı tıbbi atıkları kontrol etmeye yönelik önlemleri etkileyen zorluklar

Bazı kimselerin pandemiye rağmen plastik kullanmayı reddetmesi ve engellemeye çalışması çevrecileri umutlandırıyor. İngiltere’de nüfusun %74’ü plastik kullanmamaya devam ettiğini belirtiyor. Benzer şekilde, UNEP’in Endonezya, Malezya, Filipinler, Tayland ve Vietnam’daki halk anketleri, plastik kirliliğiyle ilgili endişelerin hâlâ yüksek olduğunu gösteriyor.

SORUN

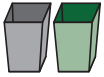


COVID-19, ev temizliği ve kişisel hijyen ile ilgili ürünlerin daha fazla üretim ve tüketimine yol açtı. Örneğin, kişisel koruma malzemeleri (eldivenler, maskeler), elektronik ekipman (termometreler) ve temizlik ürünleri (temizlik giysileri ve mendilleri, deterjanlar, dezenfektanlar). Eldiven, maske, ıslak mendil gibi tek kullanımlık ürünlerin tüketimi, hijyen ve kullanım kolaylığı dikkate alınarak yoğunlaştı. Aynı şekilde tek kullanımlık alışveriş poşetlerinin kullanımı, gıda ve ev eşyalarının internetten siparişi de yeni bir yaşam şekli ortaya çıkardı.



Evde kalma zorunluluğu kişileri depolama yapmaya ve ihtiyaçlarından daha fazla ürün satın almaya teşvik etti. Bu uzun ömürlü ürünlerin çoğu plastik ambalajlarda paketleniyor. Bu paketler uygun olmayan şekilde bertaraf edilirse, plastik atık miktarını artıracak ve potansiyel olarak toprak ve deniz kirliliği oluşturacaktır. COVID-19 atıkları uygun şekilde toplanmalı ve insan sağlığını, ekosistem kalitesini, biyolojik çeşitliliği, toprağı, nehirleri, kıyı şeritlerini ve denizleri olumsuz etkileyebilecek kontrolsüz yakmadan uzak durularak uygun şekilde işlenmelidir.

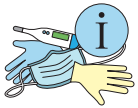
ÇÖZÜM



Evsel atıkların tıbbi ürünlerle veya potansiyel enfekte atıklarla karıştırılmaması gerekiyor. Ayrıca geri dönüşüm verimliliğini artırmak için ayırma, ayrı depolama, geri dönüştürme ve uygun imha sistemlerinin uygulanması da şart.



Önlemler ile yerel ve küresel tedarik zincirlerinin sürdürülebilirliğini ve dayanıklılığını artırmak hedeflenmeli ve çalışanların çalışma koşullarını iyileştirmek için elverişli koşullar yaratılmalı.



Evde kullanılan ürünlerin kullanım ömürlerinin uzatılması ve bertaraf edilmesi konusunda bilgi sahibi olunmalı. Yeniden kullanılabilir eldiven gibi ürünlerin uygun hijyen önlemleriyle kullanıldığından emin olunmalı.

Evsel atıkların yönetimi

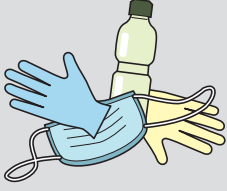
Atıklar Nasıl Yönetilmeli?

Bu tür bir salgında, enfekte maskeler, eldivenler ve diğer koruyucu ekipmanlar dâhil olmak üzere çeşitli tıbbi ve tehlikeli atıklar üretilir. Bu atıkların sağlıksız yönetimi, insan sağlığı ve çevre üzerinde öngörüle-meyen “zincirleme” etkilere yol açabilir. Bu nedenle, atıkların güvenli bir şekilde taşınması ve nihai olarak bertaraf edilmesi son derece önemli. Biyomedikal ve tıbbi atıkların etkin yönetimi uygun tanımlama, toplama, ayırma, depolama, taşıma, işleme ve bertaraf etmenin yanı sıra dezenfeksiyon, personelin korunması ve eğitim gibi önemli noktaları da içeriyor.

Diğer taraftan, evde kalma ve zorunlu olmadıkça dışarı çıkmama gibi COVID-19’un yayılmasını önleyen diğer tedbirler temizlik ürünleri, tuvalet kağıtları ve gıda maddeleri gibi tıbbi olmayan ve evle ilgili ürünlerin üretiminde ve tüketiminde büyük bir artışa neden oldu. Bu nedenle evsel atıkların güvenli yönetimi de COVID-19 pandemisinde kritik öneme sahip. Kontamine maskeler, eldivenler, kul-

Çin’de günlük atık miktarındaki önemli artış (yani 240 tonun üzerinde) ve hastane tıbbi atık düzeylerinin 6 kat artması, atık fabrikalarının inşasına ve 46 mobil atık arıtma tesisinin kurulmasına yol açtı.

SORUN



COVID-19 pandemisinde, hastaneler, sağlık tesisleri ve haneler virüsle enfekte olabilecek maskeler, eldivenler, önlükler ve diğer koruyucu ekipmanlar dâhil olmak üzere normalden daha fazla atık üretiyor. Talebi karşılamak için üretilen tek kullanımlık plastik miktarda da büyük bir artış var.



Sağlıklı bir şekilde yönetilmediğinde, enfekte olmuş tıbbi atıklar halk sağlığını riske atabilir; atıkların açık veya kontrolsüz yakılması çevreye toksik maddelerin salınmasına ve hastalıkların insanlara dolaylı yoldan bulaşmasına neden olabilir.

ÇÖZÜM

Ülkeler mevcut atık yönetimi çözümlerinin kapasitesini en üst düzeye çıkararak COVID-19 kaynaklı atıkları mümkün olduğunca kontrol etmeli ve çevre üzerindeki olası uzun vadeli etkileri asgari düzeyde tutmaya çalışmalıdır.



Mevcut tesislerin kapasitesini en üst düzeye çıkartarak artan atık üretimi yönetilmelidir.



Bu süreçte tesislerin emisyon şartlarına uyması sağlanarak dolaylı sağlık etkilerinden kaçınılması hedeflenmelidir.

COVID-19 nedeniyle sürdürülebilir atık yönetiminin zorluğu

lanılmış veya son kullanma tarihi geçmiş ilaçlar ve diğer tıbbi atıklar, evsel atıklarla kolayca karışabilir; bu nedenle tıbbi atıkların evsel atıklardan ayrı olarak depolanması ve uzman kişiler tarafından toplanması öneriliyor.

Otellerin, restoranların ve yiyeceklerle ilgili hizmet sunan diğer işletmelerin sosyal mesafe önlemleri kapsamında kapatılması ve sokaklarda daha az çöp olması nedeniyle, Kanada'daki kentsel alanlarda farelerin iç mekânları istila etmesinde %50 artış olduğuna dair raporlar var. Farelerin *Escherichia coli* ve *salmonella* gibi hastalığa neden olan patojenleri taşıma ve insanlara bulaştırma özelliği var.

Bu nedenle, fareleri binalardan ve evlerden uzak tutmak için evsel atıkların uygun bir biçimde yönetilmesi gerekiyor.

Tıbbi atıkların sürdürülebilir yönetimi, özellikle COVID-19 pandemisi gibi beklenmedik durumlarda büyük bir sorun. Küresel pandeminin bir anda ortaya çıkması, olağan dışı tıbbi atıkları ortaya çıkardı. Tıbbi atıkların büyüyen hacmine uyum sağlamak amacıyla mevcut altyapıların kapasitesini en üst düzeye çıkarmak gerekti. Tıbbi atıkların yanlış yönetimi, hastaları, sağlık çalışanlarını ve atık yöneticilerini yaralanmalara, enfeksiyonlara ve hava kirliliğine maruz bırakabilir.

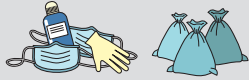
Geçim kaynakları atık toplamaya bağlı olan, yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir katı atıkların toplanmasına yardımcı olan atık toplayıcılar, alınan sıkı tedbirler nedeniyle artık eskisi gibi iş yapamıyor. Türkiye'de, COVID-19'u sınırlama önlemleri kapsamında 8000'den fazla atık toplayıcıya yasak getirildi; böylece ikincil bulaşmaya maruz kalmaları önlendi. Ayrıca eskisi gibi çalışmadıkları için gıda yardımı ve belediye barınakları sağlandı.

SORUN

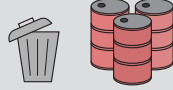
Tıbbi desteğe sınırlı erişimi olanların ve evde tedavi görmek zorunda kalan kişilerin ev tipi tıbbi atıklarının uygun şekilde yönetilmesi virüsün daha fazla yayılmasını durdurmak ve atık toplayanlar da dâhil olmak üzere başkalarını riske atmanın önüne geçmek için önemli bir adım olacak.



Ev düzeyinde tıbbi atıklar, kontamine ve kontamine olmayan kişisel koruyucu ekipmanlar, süresi dolmuş veya atılmış ilaçlar, enjeksiyon iğneleri ve sağlıkla ilgili diğer atıklardır.

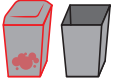


Tıbbi ve diğer tehlikeli atıklar ayrıştırılmazsa evsel atıklar kontamine olur. Bu atıkların ayrıştırılmaması özel toplama, depolama ve işleme süreçleri gerektiren tehlikeli atık hacmini artıracaktır. Bu atıklar, uygun olmayan bir şekilde işlenirse insan sağlığı ve çevre için önemli riskler oluşturabilir. Ayrıca, bu durum tehlikeli olmayan atıkların evlerden geri kazanılması ve geri dönüştürülmesi imkânını da azaltır.



COVID-19 kontaminasyonunu önlemek için evlerde kimyasallar kullanılabilir. Ancak fazla miktarda kullanıldıklarında risk oluşturabilirler. Bu nedenle kimyasalların evde kullanımı uygun bir şekilde yönetilmelidir.

COVID-19 salgını sırasında, evlerde ortaya çıkan ek atıkların, ulusal ve yerel atık yönetimine uygun olarak özel tıbbi atık kutularında ayrıştırılması gerekir.



Bir evde şüpheli veya doğrulanmış bir COVID-19 vakası varsa veya insanlar karantina altındaysa, atıklar potansiyel olarak kontamine olarak değerlendirilmeli ve dikkatli olunmalıdır. Atık kutusu, hastalığın yayılma riskini önlemek için ilk fırsatta kapatılmalı ve geçici olarak depolanmalıdır.



Tıbbi atıklarla doğrudan teması azaltmak için, torbanın %70'i dolduğunda ağzı kapatılmalı, atıklarla ilgilenen kişi elini iyice yıkamalı ve daha fazla güvenlik için torba fark edilebilir bir renkteki başka bir torbaya daha konulmalı.



Depolanan atıklara daha sonra dokunulmamalı ve atıklar karıştırılmamalı. Evde geçici depolama, tıbbi ve düzenli atık yönetimi sistemlerinin daha fazla aşırı yüklenmesini önler.

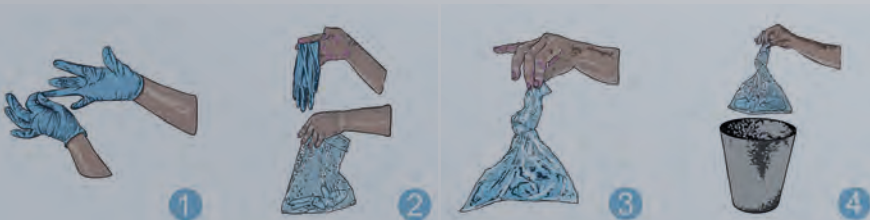


Hizmet sağlayıcılar, kişisel koruyucu ekipmanlı, eğitilmiş işçilerden oluşan özel ekipler olmalı. Bu iş için ev tipi tıbbi atıkları işlemek üzere belirlenmiş özel araçlar kullanılmalı.



Tıbbi evsel atıkların açık bir şekilde yakılması, insan sağlığına ve çevreye tehdit oluşturur. Atık yönetimi, salgın sırasında olası dolaylı etkileri en aza indirmek için acil ve gerekli bir kamu hizmetidir.

Ev tipi atıkların yönetimi



Türkiye’de Durum

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 7 Nisan 2020 tarihinde 84334 sayılı bir genelgede (<http://cygm.csb.gov.tr/genelgeler-i-442>) pandemi sürecinde tek kullanımlık maske, eldiven gibi kişisel hijyen malzeme atıklarının yönetimine ilişkin alınması gereken tedbirleri yayımladı.

Genelgeye göre, bu atıklar diğer atıklardan ayrı biriktirilmeli üstelik biriktirme ekipmanları da dış müdahalelerden etkilenmeyecek özellikle yapılmış olmalı ve ağzı kapalı tutulmalı. Yine genelgeye göre atıklar çift kat poşetlenerek ağzı kapalı şekilde 72 saat bekletildikten sonra evsel atıklarla birlikte düzenli depolama tesislerine gönderilmeli. Ülkemizde T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü tarafından özellikle evsel atıkların toplanması esnasında yeni tip koronavirüsle etkin mücadele etmek maksadıyla dikkat edilecek hususlara ilişkin “Atık Toplama İşinde Faaliyet Gösteren İşyerlerinde Yeni Tip Koronavirüs Salgınından Korunmaya Yönelik Kontrol Listesi” ve “Belediye Atık Toplama İşinde Faaliyet Gösteren İşyerlerinde Yeni Tip Koronavirüs ile Mücadelede Dikkat Edilecek Hususlar” başlıklı dokümanlar da hazırlandı.



COVID-19 salgını sırasında karşılaşılan sorunlar

Plastiklerin otomotiv, havacılık, elektronik ve sağlık hizmetleri gibi çok çeşitli endüstriyel uygulamalar için kilit bir malzeme olduğunu biliyoruz. Bununla birlikte, plastik ürünlerin çoğu fosil yakıt hammaddelerinden üretiliyor ve küresel plastik atık sorununa yol açıyor. COVID-19 salgını sırasında artan plastik ürünlerin karşısına düşük hacimde üretilebilen ve çevreye daha az zararlı olan biyoplastikleri çıkarmak mümkün değil.

Küresel biyoplastik üretimi şu anda yıllık 359 milyon tonun üzerinde üretilen plastiğin yalnızca küçük bir bölümünü oluşturuyor. 2019'da küresel biyoplastik üretimi 2,11 milyon tondur ve bu da yıllık plastik üretiminin %1'inden bile daha az. Nispeten küçük ve gelişmekte olan bir pazar olmasına rağmen, son zamanlarda bu alanda bazı heyecan verici yenilikler de olmuyor değil. İşte birkaç örnek: Pirinç nişastasından yapılmış, yük-

sek derecede ısıl direnç ve mekanik dayanıma sahip biyoplastik kaplar; mısırın ve kabuklu deniz ürünlerinin yan ürünlerinden yapılan yenilebilir biyoplastik gıda ambalajları; şeker kamışı türevi biyoplastikler içeren bazı Lego kitleri vb. Bu yenilikler, yakın gelecekte fosil yakıt kaynaklı plastiklere olan bağımlılığı azaltabilir, karbon ayak izimizi iyileştirebilir, daha temiz ve sağlıklı bir çevre sağlayabilir.

Ancak bugünkü gerçeklerle yüzleşip yakın gelecek için konuşmak gerekirse COVID-19 pandemisini atlattığımızda, pandemiyle daha da büyüyen ve daha uzun yıllar devam edecek bir sorunumuz var aslında: Plastik kirliliği. Geri kazanım için daha verimli bir plastik atık yönetim sistemi uygulayarak; plastik ürünlerin üretimi, kullanımı ve tüketimine ilişkin yasalar ve düzenlemeler getirerek; kullanımını en aza indirsek bile hayatımızdan çıkarmayacağımız plastik için sürdürülebilir seçenekler bularak; yüksek miktarda biyoplastik üretebilecek teknolojiler geliştirerek dünyanın bir plastik gezegeni hâline gelmesinin önüne geçilmesi için çok çalışmamız gerek! ■

“Sağlıklı günler...”

Kaynaklar

<https://www.newscientist.com/article/2251045-how-covid-19-spawned-a-plastic-pandemic-and-what-we-can-do-about-it/#ixzz6Wfe4Zxyz>

<https://www.discovery.com/nature/how-covid-19-revived-the-world-s-addiction-to-plastic>

<https://www.wired.co.uk/article/coronavirus-plastic-pollution-environment>

<https://www.wired.com/story/coronavirus-pandemic-recycling-crisis/>

<https://www.smithsonianmag.com/science-nature/single-use-plastic-covid-180975312/>

Oluniyi O. ve ark., “Covid-19 face masks: A potential source of microplastic fibers in the environment”, *Science of the Total Environment*, Cilt 737, 2020.

Manuel, A.Z.M ve ark., “Indirect effects of COVID-19 on the environment” *Science of the Total Environment*, Cilt 728, 2020.

Tadele, A.A., “Surgical face masks as a potential source for microplastic pollution in the COVID-19 scenario”, *Marine Pollution Bulletin*, Cilt 159, 2020.

Samuel, A.S., Phebe, A.O., “Impact of COVID 19 pandemic on waste management” *Environment, Development and Sustainability*, 2020.

Kablosuz Elektrik Ağı

20. yüzyılın başlarında Nikola Tesla “Dünya Kablosuz Sistemi” adını verdiği kablosuz elektrik ağı projesini tanıtmıştı. Tesla, kablosuz elektrik iletiminin geniş ölçekte mümkün olduğunu düşünüyordu. Projesi ilgi çekse de yeterli destek göremeyince rafa kaldırıldı. Bugün kablosuz şarj cihazları hayatımızın bir parçası olsa da hâlâ Tesla’nın hedeflediği ölçekte kablosuz elektrik şebekeleri kurulamadı.

Yeni Zelandalı Emrod firması uzun mesafede kablosuz elektrik transferini mümkün kılan bir sistem geliştirdi. Yeni Zelanda’nın büyük enerji şirketlerinden Powerco’nun desteklediği proje önümüzdeki aylarda saha testlerine başlayacak. Tasarlanan sistemde, enerji kaynağından çıkan elektrik, mikrodalga enerjisine dönüştürülerek koni şeklinde bir anten aracılığıyla belirli bir hedefe doğru gönderiliyor. Aradaki aktarıcı istasyonların da yardımıyla alıcıya kadar ulaşan mikrodalga yayını tekrardan elektriğe dönüştürülüyor. Sistemin tehlike oluşturmaması adına m² başına 1kW yoğunlukta aktarım yapılması hedefleniyor. Bununla birlikte, aktarım sırasında lazer ışınlarıyla nesne tanımlama da yapılması planlanıyor. Böylece aktarım hattında kuş gibi canlı ve/veya hareketli bir engel tespit edildiği anda aktarım durdurulup engel ortadan kalkınca yeniden başlıyor.



Nikola Tesla’nın inşa ettirdiği ama tamamlanamayan kablosuz elektrik iletim kulesi

Mikrodalgayla enerji aktarımı uzun yıllardır bilinen bir yöntem olsa da kayıp kaçak oranı yüksek olduğu için tercih edilmiyordu. Ancak Emrod yeni geliştirdiği materyallerle çok daha verimli bir sistem kurabilmiş. Şu an için verimlilik oranının %70 civarında olduğu belirtiliyor. Kablolı iletme göre %70 düşük bir oran olsa da felaket durumlarında veya kablo hattı çekmenin zor olduğu bazı alanlarda kullanmak için kabul edilebilir bir değer. Zaten firma da bu tür kullanım alanlarını hedefliyor.

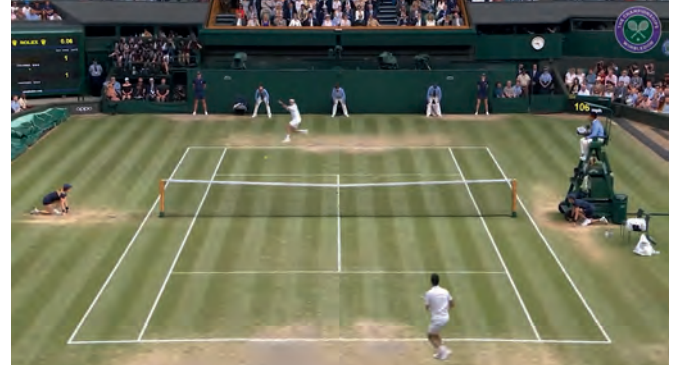
Öte yandan projeye şüpheyle yaklaşanlar da var. Gerçek hayatta projenin çok daha verimsiz olacağı ve bu yoğunluktaki bir enerji aktarımının sağlığa zararlı olabileceği endişesi dile getiriliyor. Deneme sürecinin sonunda bu soruların cevaplanması bekleniyor. Projenin kısa zamanda kablolu elektrik hatlarının yerini alması gerçekçi görünmese de heyecan verici olduğunu söyleyebiliriz.

<http://bit.ly/kablosuz-elektrik>

Dijital Kart Koleksiyonu

Ülkemizde pek yaygın olmasa da kart koleksiyonculuğu dünyada hayli popüler. Genellikle bilinen bir figür ya da kişinin resminin olduğu ve kısa bir açıklamanın yer aldığı kartlar zamanla çok değerli hâle gelebiliyor. Dolayısıyla az bulunan değerli kartların sahteleri de üretiliyor. Bu gibi sorunları aşmak için blok-zincir teknolojisi kullanılarak, kopyalanamaz ve orijinallığı doğrulanabilir dijital kart koleksiyonu hazırlandı. Blok-zincir konusunda uzman bir teknoloji firması ile NBA iş birliğinde geliştirilen dijital koleksiyon kartları sayesinde NBA'deki efsanevi anlar artık tek bir kişiye dijital kart olarak satılabilir. Böylece 20 yıl önce şampiyonluk kazandıran bir atış için bir dijital kart oluşturulup bu atışın videosunun tek bir kişiye özel olarak satılması mümkün. <https://www.nbatopshot.com/> adresinden bu tür kartlar alınıp satılabilecek.

Dijital kart koleksiyonculuğu blok-zincirin gerçekten işe yarayabileceği alanlardan biri gibi görünüyor. Blok-zincirin dağıtık ve değiştirilemez yapısı sayesinde kartların sahtesinin yapılması imkânsız. İlerleyen zamanlarda farklı spor ve müzik grupları için de dijital koleksiyon kartları geliştirilmesi hedefleniyor.



Bu Maçın Galibini Siz Belirleyin

Stanford Üniversitesinden bir grup bilim insanı profesyonel tenisçilerin görüntülerinin kontrol edilebildiği bir video yayın sistemi geliştirdi. Bu sayede istediğiniz oyuncuların görüntülerinden oluşan bir tenis maçı organize edebilir, maç videosunu anlık olarak kontrol edebilir, oyuncuların topu istediğiniz yere atmasını sağlayabilirsiniz. Örneğin Nadal ve Djokovic arasında daha önce hiç oynanmamış bir tenis maçı görüntüsü oluşturabilir veya gerçek bir maçın kırılma anlarını değiştirerek farklı şekilde sonuçlanmasını sağlayabilirsiniz. Tüm bu müdahaleler esnasında video yayınındaki tenisçiler çok gerçekçi hareket edebiliyor. Ekran başındaki izleyicilerin bu görüntülerin gerçek bir maça ait olmadığını anlaması zor. Sistem daha önce yapılmış maçların yayınlarını analiz ederek oyuncuların hareket modellemesini çıkarıyor. Sonrasında top nereye giderse gitsin dilediğiniz oyuncunun dilediğiniz şekilde hareket ederek yönlendirilmesini ve dilediğiniz noktadan topa vurmasını mümkün kılıyor. Pratik olarak nerede nasıl uygulanır bilinmez ama teknolojik olarak oldukça etkileyici olan bu projenin videosunu izlemek için <https://youtu.be/GnZUIuOzgQc> adresini ziyaret edebilir ya da aşağıdaki kare kodu akıllı cihazınızdaki barkod okuyucuya okutabilirsiniz.

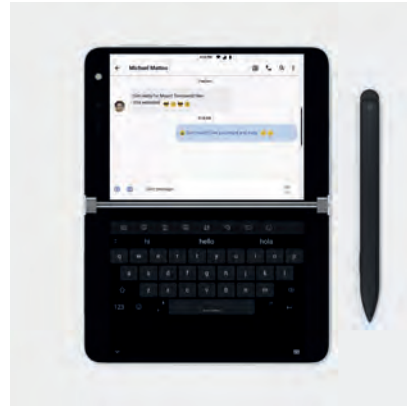


<https://stanford.io/2ReQYjA>

Microsoft Duo

Apple'ın iPhone ile akıllı telefonları hayatımıza sokmasından sonra teknoloji firmaları bir sonraki sıra dışı cihazı geliştirme yarışındalar. Tabletler büyük bir beklentiyle satışa sunulsa da tam olarak istenileni veremedi. Son yıllarda Galaxy Fold gibi katlanır telefonlar veya bükülebilir ekrana sahip telefonlar tanıtılmaya başlandı. Akıllı telefon dünyasında gidişat daha fazla ekran alanı sağlamaya yönelik. Bu çerçevede Microsoft ilginç sayılabilecek bir cihaz tanıttı. Duo adındaki telefon, telefondan daha çok elektronik not defterine benziyor. Android işletim sistemine sahip Duo, farklı menü mekanizması ve şık görünümüyle dikkat çekiyor. 1400 dolar fiyatla satışa sunulan cihaz, NFC, 5G, Wi-Fi 6 ve yüz okuma gibi teknolojileri desteklemiyor; üstelik yalnızca tek bir kamerası var. Fiyat ve sunduğu teknoloji açısından hayal kırıklığı yaşatsa da Duo'nun hedef kitlesi daha çok iş insanları olduğu için bu eksikler göz ardı edilebilir. Duo'nun sunduğu çift ekran, bu donanımı destekleyen uygulamalarla verimli çalışmayı sağlıyor. Ayrıca farklı klavye kullanımı ve elektronik kalem desteği de Duo'yu profesyonel kullanım için iyi bir seçenek hâline getiriyor. Duo ve benzeri cihazlar birkaç nesil sonra hem daha ucuzlayacak hem de daha geniş kullanım alanı sunacak diye düşünüyoruz. Özellikle pan-

deminin de etkisiyle uzaktan çalışma kültürü hızla yaygınlaşmaya başladı. Yakın gelecekte taşınabilir iş cihazlarının daha da öne çıkacağı ve cep telefonlarının eğlence ve iletişim cihazı olmakla kalmayıp çoğumuz için bir iş istasyonuna dönüşeceğini söyleyebiliriz. Duo'yu tanıtan bir videoyu izlemek için <https://youtu.be/qeEfHuBUdb8> adresini ziyaret edebilir ya da aşağıdaki kare kodu akıllı cihazınızdaki barkod okuyucuya okutabilirsiniz.



<http://bit.ly/m-duo>





Boeing'in geliştirdiği
insansız savaş jeti prototipi

Yapay Zekâ Pilotlara Karşı

Savaş uğaklarının hava muharebesinde pilotların becerisi son derece önemli. Özellikle ölkemizde yetişen pilotların üstün yetenekleri bizler için her zaman övünę kaynağı olmuştur. Ancak son zamanlarda işler değişmeye başladı. Günümüzde jetleri uğurmak için pilot gerekli olsa da bir süre sonra yapay zekânın uğurduğu savaş uğaklarını göre-biliriz. Bunun için dünya genelinde çeşitli ęalıřmalar yürütölüyor. Amerikan İleri Düzey Savunma Araştırmaları Projeleri Ajansı (DARPA) simölator üzerinde hava muharebe yarışmaları düzenliyor. "AlphaDogFights" adı verilen yarışmalarda amaç hava muharebesinde en başarılı olacak algoritmaları keşfetmek.

İnsansız jetlerin geliştirilmesine paralel olarak bu jetleri uğurabilecek yapay zekâ yazılımlarının da geliştirilmesi gerekiyor. Mevcut yazılımların hava muharebesinde pilotlarla mücadele etmesi bugün için mümkün değilse de 10-15 yıl içerisinde durum tersine dönebilir. Bu alan-



Valkyrie adındaki bir başka savaş jeti prototipi

da uzmanlaşmış bir yapay zekâ yazılımı yüksek manevra kabiliyetine sahip insansız jetlere ęok önemli bir üstünlük sağlayacaktır. Yapay zekâ uygulamalarının önümüzdeki yıllarda askeri havacılık sektöründe 50 milyar doların üzerinde bir değer üreteceği tahmin ediliyor.

<http://bit.ly/pilot-ai>

Türkiye'nin Enerji Kaynağı Arayışındaki

En Büyük Keşfi

Dr. Özlem Kılıç Ekici [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Ülkemizde ve dünyada enerjiye talep giderek artıyor. Bu yüzden enerji güvenliğini sağlamak, kendi enerji kaynaklarımızı kullanarak üretim yapmak ve dünya enerji sektöründe söz sahibi olmak ülkemiz için öncelikli hedeflerin başında geliyor.

Türkiye, toplam enerji tüketiminin yaklaşık dörtte birini kendi enerji kaynaklarından kalan kısmını ise ithalat yoluyla karşılıyor. Çok çeşitli enerji kaynakları (taşkömürü, linyit, ham petrol, doğal gaz, uranyum, toryum, bor, akarsu, jeotermal su, rüzgâr, güneş, dalga ve biyokütle) potansiyeline sahip ülkemizde enerjide dışa bağımlılığı azaltmak için özellikle son yıllarda çok önemli adımlar atılmaya başlandı.

Türkiye'nin petrol ve doğal gaz kaynaklarını ülke ekonomisine kazandırmak amacıyla, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı bünyesindeki Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO), deniz ve kara alanlarındaki hid-

rokarbon arama ve üretim faaliyetlerine hız kesmeden devam ediyor. 1954 yılında kurulan Türkiye'nin milli petrol şirketi TPAO, günlük toplam 150 bin varil petrol eşdeğeri üretim yapıyor. Ayrıca Azerbaycan, Irak, Rusya ve Afganistan'da da yurt dışı faaliyetlerini gerçekleştiriyor.

Türkiye'nin ilk milli sondaj gemisi Fatih, Karadeniz'de 320 milyar m³lük bir doğal gaz kaynağı tespit ederek büyük bir başarıya imza attı.

Türkiye'nin ilk milli derin sondaj gemisi olan Fatih, Sakarya Gaz Sahası'ndaki Tuna-1 kuyusu sondajına 20 Temmuz 2020'de başladı. Yaklaşık 1 ay sonra da 320 milyar metre küplük doğal gaz rezervi keşfedildi. Gemi hâlâ aynı bölgede sondaj çalışmalarına devam ediyor.

Batı Karadeniz'deki Sakarya sahasında açılan Tuna-1 kuyusu Ereğli'nin 175 km kuzeyinde yer alıyor. Kuyunun bulunduğu bölgedeki su derinliği ise 2117 metre. Kuyuda şu anda 3520 metre derinlikte sondaj ve test çalışmaları devam ederken ilerleyen süreçte 4525 metre derinliğe kadar sondaj yapılacağı belirtiliyor.

Türkiye'nin yıllık doğalgaz tüketimi yaklaşık 46,6 milyar m³. Geçmişten günümüze Türkiye'de üretilen toplam doğal gaz miktarı ise 16,8 milyar m³. Tuna-1 kuyusunda keşfedilen 320 milyar m³lük doğal gaz rezervi bugüne kadar Türkiye'de üretilen toplam doğal gaz miktarının yaklaşık 19 katı, dolayısıyla bu kaynak Türkiye tarihinde gerçekleştirilmiş en büyük keşif olarak nitelendiriliyor.

Bununla birlikte, ülkemiz 3 sondaj gemisi ve 2 sismik araştırma gemisiyle Akdeniz ve Karadeniz'de sismik veri toplama ve derin deniz fosil yakıt arama faaliyetlerini aralıksız sürdürüyor.

Barbaros Hayreddin Paşa Sismik Araştırma Gemisi

31 Aralık 2012'de 130 milyon dolara satın alınan ve hem iki hem de üç boyutlu sismik araştırma yapabilmeye özelliğine sahip Barbaros Hayreddin Paşa gemisi denizin 8 kilometre altındaki jeolojik yapıları

inceleyebiliyor. Brüt 4 bin 711 ton ağırlığındaki gemi, yön ve pozisyon tayinini uydu haberleşmesiyle otomatik olarak yapıyor. Uzunluğu 84, genişliği 21,6 metre olan gemide bir helikopter pisti de bulunuyor.

Buzullarda çalışma özelliğine de sahip gemi, dizel itici gücüyle çalışıyor. Bu gemimiz, sismik ses kaynağı, yüksek özellikli katalitik çeviricileri, çift gövdesi ve su temizleme sistemleriyle en çevreci gemilerden biri olarak nitelendiriliyor.



Oruç Reis Sismik Araştırma Gemisi

MTA bünyesindeki Oruç Reis'in inşasına 2012'de başlandı. 23 Haziran 2017'de geçici kabulü yapılan gemi, 2017 yılı Ağustos ayı içinde operasyon test, eğitim ve tecrübe faaliyetlerine başladı.

Açık denizlerde iki ve üç boyutlu derin sismik araştırmalar yapabilecek kapasitede modern sevk ve

manevra sistemleriyle donatılan Oruç Reis gemisi ile petrol ve doğal gaz araştırmalarının yanı sıra kara alanlarının deniz altındaki devamlılıklarının izlenmesi bağlamında kıta sahanlığı gibi stratejik öneme sahip bilimsel araştırmalar da yapılıyor.

Oruç Reis ile deniz tabanından itibaren 15 kilometre derinlikteki jeolojik yapılar görüntülenebiliyor. Modern uzaktan kumandalı su altı

aracı (ROV) ile 1500 metre derinlikteki deniz tabanı ayrıntılı olarak izlenebiliyor, deniz suyundan ve tabanından numune alınarak ölçüm ve analizler anında yapılabilir.

Boyu 86, genişliği 22 metre olan gemi, yakıt ve su depolarıyla erzak depoları tam dolu şekilde göreve çıktığında 35 gün boyunca denizde kalabiliyor. Gemide farklı açılarda aktif 35 kamera bulunuyor.



Fatih Sondaj Gemisi

Türkiye'nin ilk milli sondaj gemisi olan Fatih, 2017'de TPAO envanterine katıldı. Çeşitli bakım çalışmalarının ardından Basınç Kontrollü Sondaj (Managed Pressure Drilling, MPD) sistemi denilen en son teknoloji ile donatılan Fatih, 29 Ekim 2018'de Alanya-1 derin deniz kuyusu sondajına başladı. İkinci sondaj aramasını ise Doğu Akdeniz'de yer alan Finike-1 alanında gerçekleştiren Fatih, İstanbul'un fethinin 567. yıl dönümü olan 29 Mayıs 2020'de Karadeniz'deki ilk milli sondajını gerçekleştirmek üzere Haydarpaşa Limanı'ndan uğurlandı.

Fatih, 20 Temmuz'da Zonguldak açıklarında Tuna-1 olarak isimlendirilen bölgede 3500 - 4000 metre derinlik hedefiyle Karadeniz'deki derin deniz sondajına başladı. 21 Ağustos 2020 tarihinde de 320 milyar m³'lük bir doğal gaz kaynağı tespit ederek büyük bir başarıya imza attı.

Fatih, 229 m uzunluğunda, 36 m genişliğinde ve 51 bin 283 groston ağırlığında. Kulelerinin toplam uzunluğu ise 104 metre. Güney Kore'de 2011'de inşa edilerek denize indirilen Fatih, 6. nesil denilen üst düzey bir teknolojiye sahip. Ultra derin deniz sondaj gemisi sınıfındaki Fatih, 3000 m derinlikteki sularda yaklaşık 12.000 m derinliğe kadar sondaj yapıyor.

Sondaj ekipmanları, kuyu kontrol sistemleri, dinamik pozisyonlama sistemleri, gemi iticileri ve gemi jeneratörlerine varuncaya kadar gerekli tüm teknik aksamı yerli imkânlarla yenilenen Fatih, kendi sınıfındaki 16 gemi arasından sıyrılarak böylesine yüksek teknolojiye sahip dünyanın en iyi 5 gemisi arasında yer alıyor. Aktif konumlandırma sistemi sayesinde 6 metre yükseklikteki dalga boyunda bile sabit kalarak en zor operasyon koşullarında bile faaliyet gösterebiliyor.



Türkiye'nin denizlerdeki enerji filosu

SONDAJ GEMİLERİ



FATİH

- 2017'de TPAO envanterine katıldı
- 29 Ekim 2018'de Alanya-1 derin deniz kuyusu sondajına başladı
- Uzunluğu **229 metre**
- Genişliği **36 metre**
- **51 bin 283 groston** ağırlığında
- **12 bin 200 metre derinlikte** dahi sondaj yapabilme kabiliyetine sahip
- Sondaj kulesinin uzunluğu **64 metre**
- İki kulesi, toplam **1750 ton** yük kaldırma kapasitesine sahip
- **6 metre yükseklikteki dalga boyunda** bile sabit kalarak operasyonlarını sürdürebilme özelliğine sahip

Yavuz Sondaj Gemisi

Yavuz sondaj gemisi 2018'de envantere katıldı. Fatih gibi 6. nesil ultra derin deniz sondaj gemisi olan Yavuz'un uzunluğu 230, genişliği ise 36 metre. Söz konusu gemi, çift kuleli tasarımla hem asıl hem

yardımcı işlerin yapılabilirdiği eş zamanlı operasyonlara imkân tanıyor. Yapımı 2011'de tamamlanan ve sahip olduğu teknoloji ile dünyadaki 16 gemiden biri olan Yavuz, daha önce Tanzanya, Kenya, Malezya ve Filipinler başta olmak üzere farklı ülkelerde görev aldı.



Türkiye, enerji piyasasındaki gücünü artırmak ve enerji bağımsızlığı yolunda emin adımlar atmak için 3 sondaj gemisi ve 2 sismik araştırma gemisiyle Doğu Akdeniz başta olmak üzere tüm uluslararası sularda Türk bayrağını dalgalandırmaya devam ediyor



YAVUZ

- 2018'de envantere katıldı
- Fatih gibi 6. nesil ultra derin deniz sondaj gemisi
- Uzunluğu 230 metre
- Genişliği 36 metre
- Çift kuleli tasarımıyla hem asıl hem yardımcı işlerin yapılabildiği eş zamanlı operasyona imkan sağlıyor



KANUNİ

- 2020 başında filoya katıldı
- Uzunluğu 227 metre
- Genişliği 42 metre
- Geminin geliştirme çalışmaları devam ediyor

SİSMİK ARAŞTIRMA GEMİLERİ



BARBAROS HAYREDDİN PAŞA

- 2012'nin sonunda TPAO envanterine katıldı
- 2 ve 3 boyutlu sismik arama yapabilmek için özelliğine sahip
- Brüt 4 bin 711 ton ağırlığında
- Uzunluğu 84 metre
- Genişliği 21,6 metre
- Gemide bir helikopter pisti bulunuyor



MTA ORUÇ REİS

- 2017'de faaliyetlerine başladı
- 2 ve 3 boyutlu derin sismik araştırmalar yapabilecek kapasitede
- Deniz tabanından itibaren 15 bin metre derinlikteki jeolojik yapılar görüntüleniyor
- Uzunluğu 86 metre
- Genişliği 22 metre
- 35 gün boyunca denizde kalabiliyor

YÜZER LNG DEPOLAMA VE YENİDEN GAZLAŞTIRMA TERMİNALİ (FSRU)



İZMİR ALIAGA'DA BULUNAN FSRU

Doğal gaz sistemine günlük 28 milyon metreküp gaz sağlayabiliyor



BOTAŞ-DÖRTYOL FSRU

Gaz formundaki 167 milyon metreküplük LNG miktarıyla dünya-daki standartların üstünde yer alıyor



Saros

Körfezi'nde açılması planlanan üçüncü FSRU için de çalışmalar devam ediyor

22.06.2020



Kanuni Sondaj Gemisi

Ülkemizin üçüncü sondaj gemisi olan Kanuni, 2020 başında filoya katıldı. 2012'de inşa edilen gemi 227 metre uzunluğa ve 42 metre genişliğe sahip. Kanuni'nin Mersin Tazucu Limanı'nda geliştirme ve yenilenme çalışmaları devam ediyor. ■

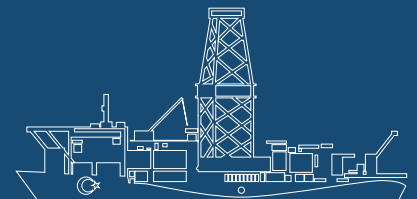


Kaynaklar

<http://www.tp.gov.tr>

<https://enerji.gov.tr/haberler>

<https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/turkiyenin-denizlerdeki-enerji-filosu/1949802>



**DERİN DENİZLERDE
FOSİL YAKIT ARAMA:**

YER ALTINI SARSMAK

Prof. Dr. Derman Dondurur

[Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Anabilim Dalı



Derin denizlerde petrol veya doğal gaz arama süreci, doğanın bizler için üretilip sakladıklarını ortaya çıkarmak için doğaya karşı yapılan bir meydan okumadır aslında. Yerin altındakileri ararken teknolojinin sınırlarını zorlamaktır. İşin kötüsü, çoğu kez de sonu hüsrarla biten zorlu bir süreçtir.

Peki, yüzlerce metre derinlikteki denizlerde, deniz tabanının binlerce metre altındaki hidrokarbon birikimleri nasıl bulunur, nasıl çıkarılır? Yerin içine inen bir asansörle gidip o derinlikleri göremeyeceğimiz açık. Gelin, yerin derinliklerinde gizli bu değerli bileşiğin nasıl oluştuğuna, arandığına ve üretildiğine hep birlikte göz atalım.



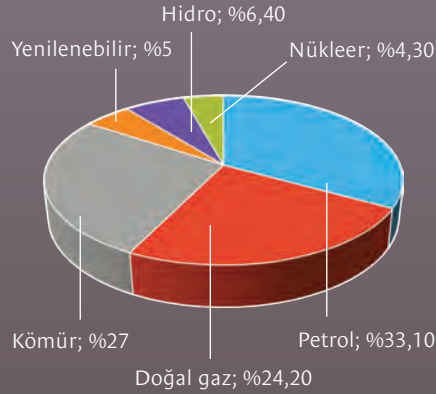
Petrol, Doğal Gaz ve Enerji

Enerji, ülkelerin sürdürülebilir ekonomik, sosyal ve toplumsal gelişimlerini belirleyen en önemli parametrelerden biri. Sürdürülebilir bir gelişme ve büyüme politikası benimseyen ülkemiz için enerji, aynı zamanda önemli stratejik bir konu. Petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil kaynaklar, bugün dünyada tüketilen enerji kaynakları arasında %84'lük bir oranla en başta geliyor (Şekil 1). Özellikle petrol, dünya birincil enerji tüketimi içinde en büyük paya sahip olan kaynak durumunda.

Gerek dünyada gerekse ülkemizde, enerjiye olan talebimiz azalmadığı gibi yıllara göre de sürekli artış gösteriyor. Talepteki artışın en önemli nedeni gelişmekte olan ülkelerin özellikle sanayi sektöründeki artan gereksinimleri. Bu anlamda, talep artışının büyük kısmının, Çin ve Hindistan gibi ülkelerin gelişen sanayileri için ihtiyaç duydukları enerji nedeniyle, Asya Pasifik bölgesinden gelmesi bizi şaşırtmıyor. Elektrik üretiminde en fazla kömür kullanılırken, petrol taşıma sektöründe, doğal gaz ise ısınma alanında talep görüyor.

Son yıllarda, rüzgâr ve güneş enerjisi gibi yeni ve yenilenebilir kaynaklara yatırım ciddi şekilde

artsa da bugün bu kaynakların toplam enerji sektöründeki oranı hâlâ oldukça düşük düzeylerde. 2017 yılı itibarıyla, tüm dünya olarak enerji gereksinimimizin neredeyse yarısını petrol ve doğal gazdan karşılıyoruz. Dünya petrol üretiminin neredeyse yarısını Ortadoğu ülkeleri karşılıyor ve tüm dünyada her gün yaklaşık 500.000 akaryakıt tankeri dolusu petrol tüketiliyor.



Şekil 1. 2019 yılı küresel birincil enerji kaynakları tüketim oranları (BP, 2020)

2017 yılı itibarıyla dünyamızın 50,2 yıllık petrol rezervi kalmış durumda. Peki, bu endişelenecek bir durum mu?

Şimdilik hayır. Bundan kabaca 10 yıl önce de dünyanın ortalama 50 yıllık petrol rezervi vardı, bugün de öyle. Neyse ki gelişen teknoloji ile birlikte, dünya ispatlanmış petrol rezervleri sürekli yükseldiğinden, yeni keşfedilen rezervler hâlâ artan talebi karşılayabilir durumda.

Küresel doğal gaz sektörü için de durum aslında oldukça benzer. Gezegenimizin bize sunduğu şu anki toplam doğal gaz rezervi-





mizin her yıl %7'sini tüketiyoruz. En büyük rezervler tahmin edilebileceği gibi Rusya ve İran'da ve her iki ülkenin toplam doğal gaz rezervi, dünyanın geri kalan ülkelerindeki rezervden daha fazla. Bu üretim ve tüketim oranlarıyla, dünyanın kendisine 52,6 yıl yetecek doğal gazı var.

Dünyadaki genel durum böyleyken, ülkemiz de gelişen ekonomisi ile dünyadaki önemli enerji tüketicileri arasında yer alıyor. Enerji tüketimimizde, her biri ortalama %30 paya sahip olan petrol, doğal gaz ve kömür, yani fosil yakıtlar en önemli enerji kaynakları olarak yer alıyor. Ülke olarak maalesef yerli üretim yoluyla enerji tüketimimizi karşılamaktan çok uzağız ve bugün kullandığımız enerjinin %75'ini ithal ediyoruz. Yeni keşifler yapılmadığı takdirde, ülkemizin mevcut üretim miktarı göz önünde bulundurularak, kalan üretilebilir ham petrol

rezervimizin 18, doğal gaz rezervimizin ise 9 yıllık ömrü var. Neyse ki, TPAO tarafından geçtiğimiz günlerde Batı Karadeniz Tuna-1 kuyusunda gerçekleştirilen doğal gaz keşfi, bu miktarları önemli oranda değiştirecek gibi duruyor.

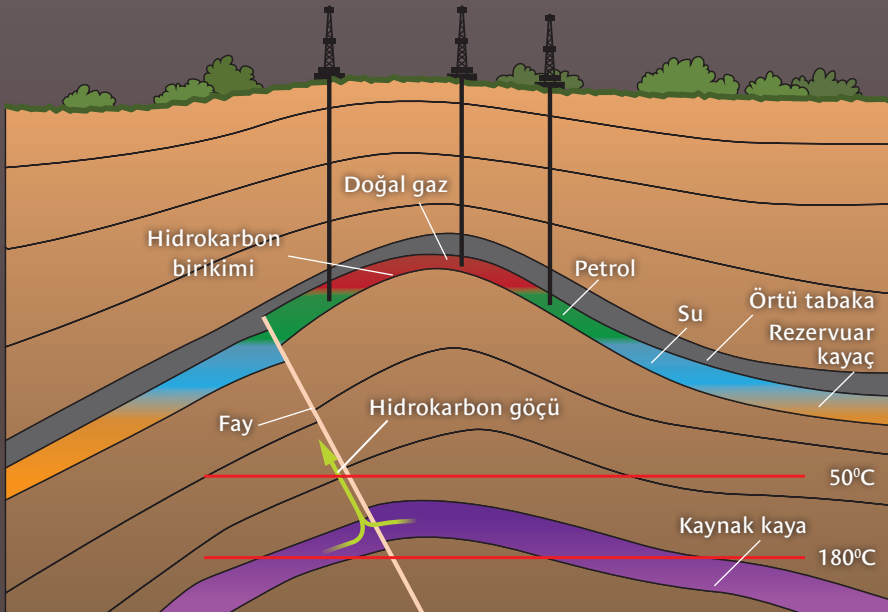
Petrol Nasıl Oluşur?

Hidrokarbonlar en basit organik bileşiklerdir, sadece karbon ve hidrojen atomlarından oluşurlar. Sıvı formdaki hidrokarbonlar “petrol”, gaz formundakiler ise “doğal gaz” olarak biliniyor. Ham petrol, içeriğine ve yoğunluğuna bağlı olarak su kadar akışkan olabildiği gibi, bal kadar viskoz da olabilir.

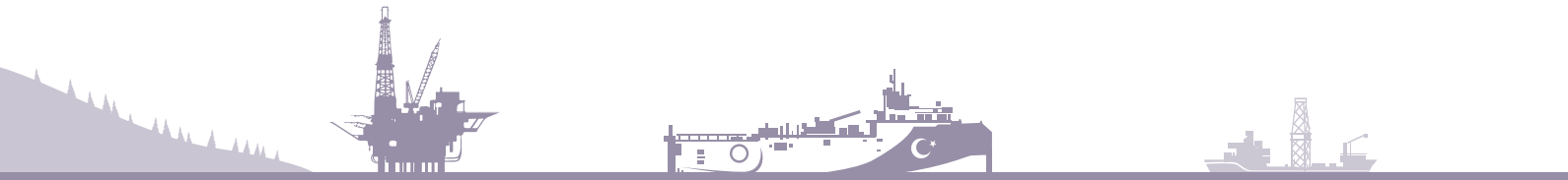
Petrol, toplu iğne başı büyüklüğündeki organizmaların ölerек durgun deniz ve göl gibi ortamların tabanında birikmesiyle meydana gelir.

Bu tek hücreli canlılar bitki değildir, ancak bitkiler gibi güneş ışığını enerjiye çevirirler. Bu ölü organizmalar, akarsuların taşıdığı kum, kil ve mineral tanecikleri ile birlikte, milyonlarca yıl boyunca dibe çökerek yığılırlar. Bu işlem, yığılan malzeme ile basıncın ve sıcaklığın artmasına, en sonunda da gömülen organik malzemenin kimyasal bozunma ve moleküler değişime uğramasına neden olur. Katakenez adı verilen bu süreçte organik kökenli sıvılar ve gazlar, yani ham petrol ve doğal gaz oluşur. Yani, ölü dinazorların petrole dönüşmesi bir masaldan ibaret!

Oluşmasının ardından petrol ve doğal gaz, yer içinde yatay ve düşey yönde bazen kilometrelerce yer değiştirerek kendisine içinde birikebileceği bir ortam aramaya başlar. Bu ortam, rezervuar olarak bilinen, kumtaşı gibi daha gözenekli kayalardır. Eğer hidrokarbonlar, bu gözenekli ortamı terk edemeyerek sıkıştırlarsa “kapanlanmış” olurlar ve bu rezervuar içerisinde en üstte doğal gaz, onun altında petrol ve en altta da su olmak üzere, kayaç gözenekleri içinde sıralanırlar. Bu kapanların üzeri, içerisinde bulunan hidrokarbonların kaçmasını engelleyen geçirimsiz bir örtü tabakası ile kaplıdır (Şekil 2). Kapan için kullanılan en yaygın örnek, jeolojik olarak “antiklinal” adı verilen kubbe biçimli yer altı yapılarıdır.



Şekil 2. Petrol ve doğal gaz derinlerdeki organik maddece zengin kaynak kayada oluştuktan sonra yeryüzüne doğru hareket eder ve kapan adı verilen jeolojik yapıların içerisine hapsolür.



Petrol, yer içindeki kayaçların mikroskobik gözeneklerinde bulunur. Petrolün yer altında uzanan büyük boşluklar içerisinde bir göl gibi durduğu veya yer altında nehirler şeklinde akarak hareket ettiği düşüncesi yanlıştır. Petrolün gözenekli kayaçların içine girmesi, tıpkı köşesinden çaya temas ettirdiğiniz küp şekerin içerisine çayın girmesi gibidir.

Yerin Altını Sarsmak: Sismik Çalışmalar

Petrol ve doğal gazın aranması, jeoloji, jeofizik, petrol mühendisliği gibi farklı bilim dallarının ortak çalışmasını gerektiren karmaşık bir iştir. Karada en azından yüzeydeki jeolojiyi görebiliyorken, denizlerde su kolonunun varlığı nedeniyle maalesef o bile mümkün değil. Bu nedenle, yer altının görüntülenmesi için çok özel yöntemler geliştirildi. Jeolojik olarak hidrokarbon içermesi olası bir alanda arama yapmak üzere karar verilmesinin ardından yerin iç yapısının anlaşılabilmesi için hem karada hem de denizde sismik çalışmalar yürütülür. Jeofiziğin özel bir dalı olan sismik çalışmalar, sondaj öncesi petrol ve doğal gazın aranmasında tüm dünyada kullanılan en etkili yöntemdir. Doktora gittiniz ve

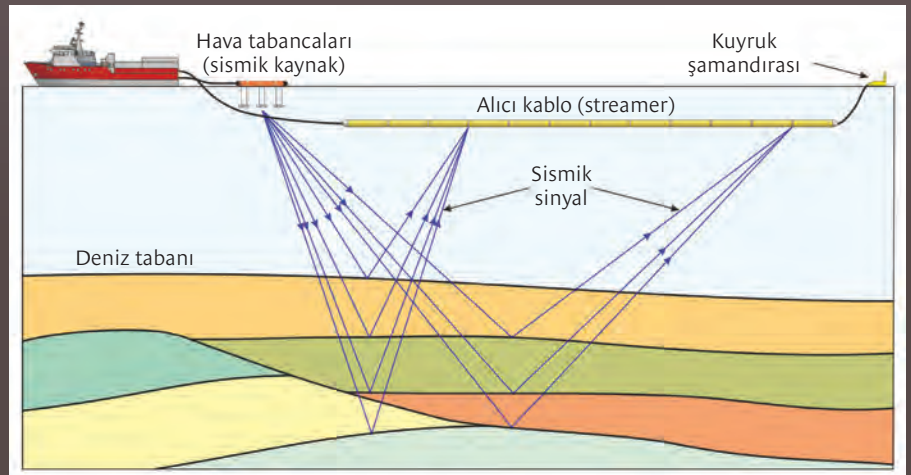
akciğer filmi çektirdiniz diyelim. Elinizdeki röntgen, jeofizikçilerin bize sunduğu sismik kesit gibidir. Doktor filmde ilginç bir kitle gördü ve biyopsi istedi diyelim. İşte bu biyopsi de sondaja karşılık gelir. Kara ve deniz sismiğinde temel mantık benzer olsa da bu yazıda özel olarak denizlerdeki sismik çalışmalardan bahsedeceğiz.

Peki, Nedir Bu Sismik Yöntemin Temeli ve Bize Sundukları?

Aslında fiziksel temeli oldukça basit: Yeryüzünde farklı yöntemlerle güçlü ses dalgaları (sismik sinyal) oluşturuluyor. Sismik sinyaller, yer altındaki kayaçların içerisinde, deniz suyu gibi sıvılarda ve havada farklı hızlarda yayılabiliyor. Bazı bilim insanları bu işlemi yapay dep-

rem üretmek şeklinde de tanımlıyorlar. Aslında üretilen sismik sinyal deprem dalgaları ile aynı olsa da bu ses dalgalarının büyüklüğü daha az ve depremlerden farklı olarak dalgaların üretileceği zaman tam olarak bilim insanları tarafından belirleniyor. Ancak yine de jeofizikçilerin yer içini ürettikleri ses dalgaları ile sarstığı bir gerçektir.

Sismik sinyal denizlerde hava tabancası adı verilen cihazlardan su içerisine çok yüksek basınçlı havanın ani olarak salınmasıyla üretiliyor. Salınan havanın basıncı öyle yüksek ki deniz seviyesindeki hava basıncının yaklaşık 150 katı. Sinyal, önce suyu sonra da yer içerisindeki tabakaları geçerek derinlere iniyor. Bu yolculuğu sırasında, ses dalgasının bir kısmı tabakaları ayıran sınırlardan (ara yüzeyler) yansıyarak yeryüzüne geri dönüyor. Su yüzeyinde konumlandırılmış özel alıcı sensörlerle (bunlara hidrofon deniyor), ara yüzeylerden yansıyan bu ses dalgaları algılanarak özel bilgisayarlarda kaydediliyor (Şekil 3).



Şekil 3. Denizlerde sismik veri toplama işlemi: Hava tabancaları ile su içerisinde üretilen ses sinyali, derinlerdeki ara tabakaların yüzeylerinden yansır ve alıcı kablodaki sensörlerle algılanarak kaydedilir.



Şekil 4. Sismik sinyaller üretmek için, çok sayıda hava tabancası belirli bir düzen içerisinde birlikte kullanılır.

Basit bir mantıkla, üretilen ses ne kadar güçlü olursa sismik sinyalin o kadar derine ineceği ve daha derinlerdeki yapılardan sinyal alınabileceği düşünülebilir. Sonuçta oluşan sismik sinyalin büyüklüğü, sismik sinyalin hedef derinliğe inebileceği kadar büyük olmalıdır. Bunu sağlamak için, pratikte tek bir hava tabancası kullanmak yerine, birden çok hava tabancasından aynı anda ses dalgası oluşturulur (Şekil 4). Hava tabancalarından oluşan bu düzenek, sismik veri toplama sırasında geminin birkaç yüz metre gerisinden ve su yüzeyinin genellikle 6 m altından çekilir. Günümüzde Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı'na (TPAO) ait Barbaros Hayreddin Paşa ve Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'ne (MTA) ait Oruç Reis gibi modern sismik arama gemileri, 18 ila 48 tane hava tabancasını aynı anda kullanırlar. Oluşan sinyalin genliği o kadar büyüktür ki deniz tabanından 10 km derinliğe kadar inebilir.

Yine pratikte, yansıyan sinyalleri algılamak için su yüzeyinde tek bir sensör kullanmak yerine, bir alıcı kablo (streamer) içerisine



Şekil 5. Sismik gemilerde kullanılan alıcı kablolar.

yerleştirilmiş birçok alıcı sensör aynı anda kullanılır (Şekil 5). Bir alıcı kablo içerisine belirli aralıklarla yerleştirilmiş birden çok sensörün kullanıldığı bu düzenek, sismik veri toplamada bazı önemli avantajlar sağlar. Örneğin yansıyan sinyaller daha güçlü kaydedilebilir, gürültü adı verilen istenmeyen sinyaller bastırılabilir ve gönderilen sinyalin yer içerisinde hangi hızda yayıldığı belirlenebilir. Modern sismik gemilerde, yüzlerce sensör içeren bu alıcı kabloların boyu 10 km'ye ulaşabilir. Alıcı kablo düzeni de tıpkı hava tabancasında olduğu gibi, sismik geminin arkasından genellikle su yüzeyinin 8 m altından çekilir.

Bu sistemin çalışma mantığı ise şu şekildedir: Sismik gemi ortalama 4,5 deniz mili (knot), yani hafif tempolu koşu hızına yakın bir hızda, sabit bir hat üzerinde seyrederek. Gemi, önceden belirlenen bir atış noktasına ulaştığında hava tabancaları patlatılır ve su içerisinde sismik sinyal oluşturulur. Aynı anda, alıcı kablo içerisindeki sensörlere gelen sinyaller de algılanarak kaydedilmeye başlanır. Yapılan patlatmayı takiben, ortalama 10-12 saniye boyunca (buna kayıt süresi deniyor) yerin içi dinlenilir ve alıcılara gelen tüm sinyaller algılanarak, gemilerin kontrol odalarındaki özel kayıt sistemlerinde kaydedilir (Şekil 6). Kontrol odaları, çok sayıda özel bilgisayar ve yazılımın kullanıldığı özel bölümlerdir. Bu sistemlerin bazıları sismik veriyi kontrol eder ve kayıt altına alır; bazıları hava tabancalarını, bazıları ise navigasyon sistemini denetler. Bu odalarda ayrıca veri depolama, işleme ve kalite kontrol sistemlerini içeren güçlü bilgisayar sistemleri de bulunur.



Şekil 6. CGG Alize sismik arama gemisinin kayıt ve veri kontrol odası.



Temel mantık, daha sığ tabakalardan yansıyan sinyallerin (daha az yol katettiği için) daha erken, daha derinlerden yansıyanların ise daha geç geleceğidir. Dinleme süresinin sonunda kayıt durdurulur. Bu işlemler sırasında sismik gemi sürekli hareket hâlinde, birkaç saniye sonra seyir hattı üzerindeki bir sonraki atış noktasına ulaşır ve tüm işlemler yinelenir. Gemi bu şekilde bir hat boyunca sürekli seyrederken, belirli aralıklarla (örneğin her 25 veya 50 metrede bir) patlatma yapılarak bir sismik sinyal üretilir; yansımaları belirli bir zaman boyunca kaydedilir ve hat boyunca işlem bazen günler, bazen de haftalar boyunca bu şekilde devam eder.

Bir Sismik Sistemdeki Tüm İşlemler Milisaniye Hassasiyetinde Yapılır...

Şu ana kadar tanımladığımız sismik sistemin bileşenleri oldukça basit görünüyor: Birçok hava tabancasından oluşan bir ses kaynağı düzeni ve yansıyan sinyali algılayan sensörleri içeren bir alıcı kablo. Ancak bu sadece buz dağının görünen yüzü ve durum gerçekte bu kadar basit değil. Çünkü zaten fark ettiğiniz üzere, bu sistemler çok hassas

zamanlamalarla çalışır. Örneğin patlatma yapıldığı anda sensörlerden gelen veri kaydedilmeye başlanır, algılanan sinyal zamana bağlı olarak kaydedilir vs. Bir sismik sistemdeki tüm işlemler milisaniye hassasiyetinde yapılır.

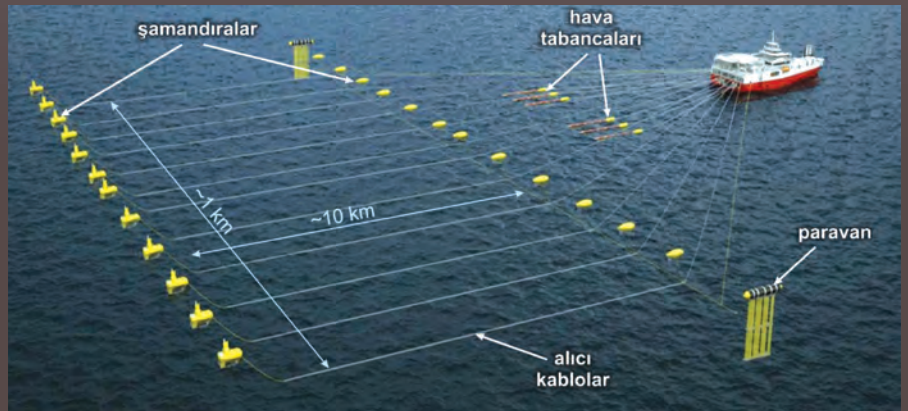
Yani 1 saniyenin binde biri!

Dahası, hassasiyet gösterilmesi gereken tek konu zamanlama da değildir. Geminin arkasından çekilen hava tabancası ve alıcı kablo gibi cihazların konumlarının da son derece hassas olarak bilinmesi, gerektiğinde bunlara müdahale edilmesi gerekir. Bu da bizi, hassas navigasyon sistemlerine götürür: Bir sismik gemide, sismik bileşenleri yönetmekte kullanılan onlarca farklı navigasyon cihazı bulunur. Bunların birçoğu, her bir atış noktasında alıcı kablo içerisindeki sensörlerden her birinin gerçek konumunun hesaplanmasında kullanılır. Bu amaçla alıcı kablonun üzerine ve her iki ucuna, hava tabancası sistemlerinin üzerine, kısacası gemiden uzakta bulunan tüm cihazların üzerine hassas ve özel cihazlar yerleştirile-

rek bunların konumu santimetre hassasiyetiyle sürekli olarak izlenir ve kaydedilir.

Sismik çalışmalarla yer altı iki veya üç boyutlu olarak görüntülenebilir. Buraya kadar anlattığımız sistemler, denizlerde tek bir alıcı kablo ve bir hava tabancası grubu ile yapılan iki boyutlu çalışmaları kapsıyordu. Aynı sismik gemi, birbirine paralel (aralarında ortalama 100 m mesafe olacak şekilde) birden fazla (en çok 24 tane) alıcı kablo ve iki eşdeğer hava tabancası grubu kullanarak, yerin içinin üç boyutlu görüntüsünü de elde edebilir (Şekil 7).

İki ve üç boyutlu görüntülemenin temel farkı ise şöyle: Elimizde ince kek ve krema katmanlarından oluşturulmuş büyük bir yaş pasta olduğunu düşünelim. Büyük bir bıçak ile bu pastayı düşey şekilde ikiye bölerek bu kek ve krema katmanlarına baktığımızı varsayalım. İki boyutlu sismik veri, bize yer altına bu şekilde bakma olanağı sunar. Eğer elimizde kilometrelerce



Şekil 7. Birbirine paralel uzanan çok sayıda alıcı kablo ve iki ayrı hava tabancası düzeni kullanılarak denizlerde üç boyutlu sismik veri toplanması.



Şekil 9. MTA Oruç Reis sismik arama gemisi üç boyutlu sismik veri topluyor.

uzunlukta bir bıçak olsaydı ve dünyayı düz bir hat boyunca bu bıçakla kesip tabakalara bakabilseydik iki boyutlu bir sismik kesiti görmüş olurduk. Üç boyutlu sismik veri ise bize yer altı ile ilgili farklı bakış açıları sunar. Örneğin, pastayı tek bir doğrultu boyunca değil de istediğimiz herhangi bir doğrultuda kesme özgürlüğümüz olsaydı, hatta pastayı yatay yönde bile istediğimiz katman boyunca kesebilseydik, bu bize pastayı üç boyutlu olarak tanımlama olanağı sunardı. İşte üç boyutlu sismiğin yer altını tanımlamakta bize sunduğu avantaj da tam olarak budur (Şekil 8).

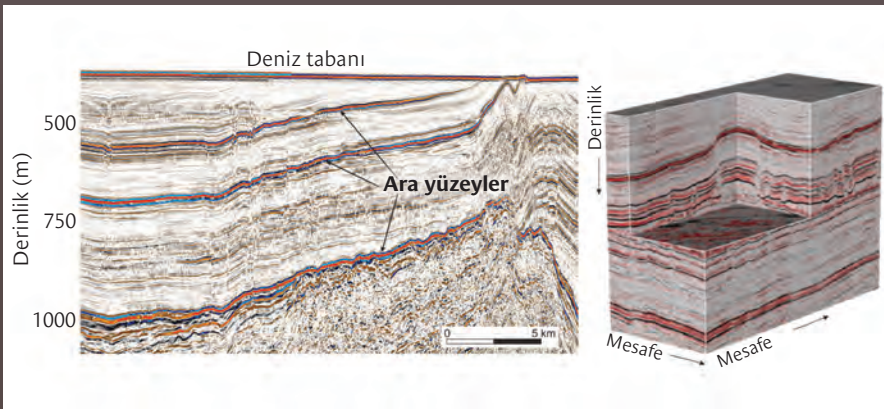
Gerçekte denizlerde sismik veri toplama, içerisinde teknik (yazılım, donanım, veri yönetimi, mekanik bileşenler, yüksek basınç sistemleri, hidrolik sistemler, navigasyon gibi) ve aynı zamanda idari (gemi yönetimi, geminin sevk ve idaresi, iş güvenliği gibi) birçok farklı disiplini barındıran oldukça karmaşık bir işlemdir. Bu nedenle, burada bahsettiğimiz her bir teknik konuda uzman kişiler, veri toplama sırasında gemide vardiyalı şekilde 24 saat

çalışırlar. Üç boyutlu çalışma yapabilen sismik gemilerde mekanik sorumluları, veri toplama sorumluları, navigasyon, veri işlem ve kalite kontrol uzmanlarının yanı sıra proje sorumlusu, sorumlu jeofizikçi, sağlık/güvenlik sorumlusu gibi idari personel de görev yapar. Gemi personeli ile birlikte, bu tür gemilerdeki toplam personel sayısı genellikle 50 kişiden fazladır.

Özellikle üç boyutlu çalışma yapabilen sismik gemilerde, teknik anlamda bireysel çalışan ancak birbirleri ile sürekli iletişim içerisinde olan bu kadar farklı cihaz ve sistemin birlikte sorunsuz çalışması neredeyse kusursuz bir işbirliğinin sonucudur. Gerçekten de bu tür çalışmalar bazen son derece karmaşık olabilen mekanik, yazılım, donanım, jeoloji, jeofizik gibi farklı mühendisliklerin bir arada çalışmasını gerektirir. Her biri 10 km uzunluğunda, birbirine paralel uzanan 10 adet alıcı kablo ile üç boyutlu sismik çalışma yapan bir sismik gemi, yeryüzünde hareket eden en büyük nesnedir de aynı zamanda (Şekil 9). Günümüzde bu denli karmaşık çalışmaları yapabi-

len özel sismik arama firmalarının sayısı bir elin parmaklarını geçmez. Bu firmalar, her biri yaklaşık bir futbol sahası uzunluğundaki özel gemileriyle, petrol şirketleri için tüm dünya denizlerinde sismik çalışmalar yapar, veri toplar ve petrol ararlar. Bu gemiler sosyal anlamda da çalışanlara pek çok imkân sunar; gemilerde oyun ve spor salonları, sauna, yüzme havuzu ve hatta bazılarında futbol/basketbol alanı bile mevcuttur.

İster iki, ister üç boyutlu olsun; tüm sismik arama çalışmaları üç temel aşamadan oluşur. Bunlar sismik veri toplama, veri işleme ve sismik yorumlamadır. Toplanan sismik veri bilgisayar disklerinde çok ciddi hacimde yer kaplar. Bu kadar büyük miktardaki verinin işlenmesi de hayli zahmetli ve zaman alan bir işlemdir. Ana sorun, veriyi toplarken sadece tabaka ara yüzeylerinden yansıyan sinyallerin değil, aynı zamanda gürültü diye tabir edilen istenmeyen tüm diğer sinyallerin de kaydedilmesidir. Bunların arasında, sismik geminin kendi pervanesinin ya da civardaki diğer gemilerin gürültüleri, deniz yüzeyindeki dalga-



Şekil 8. İki boyutlu (solda) ve üç boyutlu (sağda) sismik veri (Dondurur, 2020)

lanmaların oluşturduğu gürültüler ve hatta su kolonundaki canlıların oluşturduğu gürültüler bile vardır. Her bir gürültünün özelliği farklı olduğundan, bunları veriden sürebilmek için uygulanan matematiksel işlemler de farklı olur. Sismik verinin işlenmesi gerçekten de güçlü bilgisayarlar, uzmanlık, tecrübe ve sabır gerektiren bir iştir.

İşlenen sismik veri, artık yorumlamaya hazır hâle gelmiştir. Bu aşama, sismik veriden jeolojik bilgilerin elde edildiği en önemli kısımdır. Genellikle jeoloji ve jeofizik uzmanlarından oluşan bir ekip bir araya gelerek sismik veriyi yorumlar. Doğru toplanmış ve işlenmiş bir sismik kesit, bize yer altının düşey bir kesitini verir. Böyle bir kesite bakarak, yerin binlerce metre altındaki tabakaların sınırlarını, derinliklerini, iki veya üç boyutta nasıl değişim gösterdiklerini ve elbette ki fayları oldukça detaylı bir şekilde ortaya koyabiliriz (Şekil 10). Birbirine paralel uzanan sismik hatlar üzerinde aynı fayları

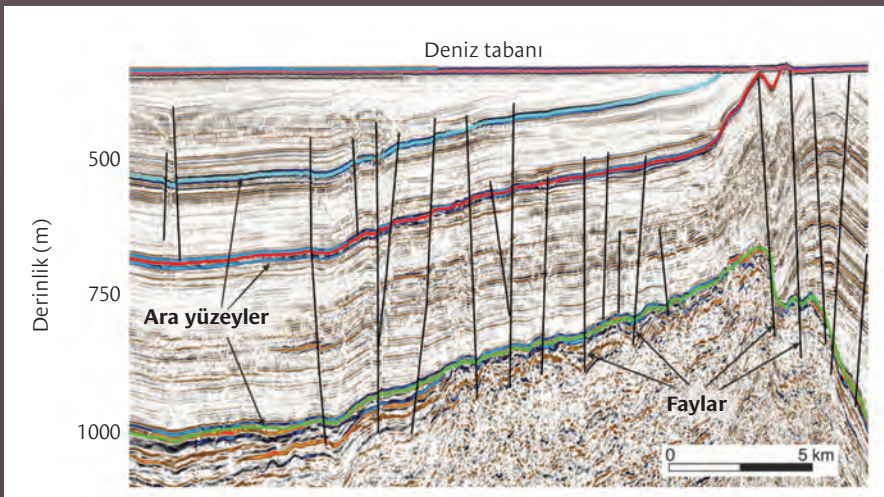
birbirleriyle ilişkilendirerek, uzanumlarını ve aktiflik derecelerini belirleyebiliriz. Tüm bunları bir araya getirerek, ilgili bölgenin geçmişten günümüze değişen jeolojik yapısını açıklayabiliriz.

Hidrokarbon endüstrisi için ise temel amaç aslında basittir: Sismik kesitlerden yer altında petrol ve doğal gaz içermesi olası jeolojik oluşumları belirlemek. Ancak temel sorun büyüktür: Yerin derinliklerindeki jeolojik yapıları bu denli detaylı şekilde ortaya koyabilen sismik veri, yer altında petrol veya doğal gaz oluşumuna dair doğrudan kanıtları bize nadiren sunar. Eğer çok şanslıysak sismik kesitlerde hidrokarbon varlığına dair belirgin kanıtları görebiliriz. Bu kanıtlar çoğu kez, hidrokarbon içeren jeolojik yapıdan yansıyarak bize gelen sismik sinyalin büyüklüğünde (genlik) olan değişimlerdir. Eğer jeolojik yapı hidrokarbon içeriyorsa buradan alınan sinyallerin genliğinde bazen anormal değişimler gözlenir. Genlik çok

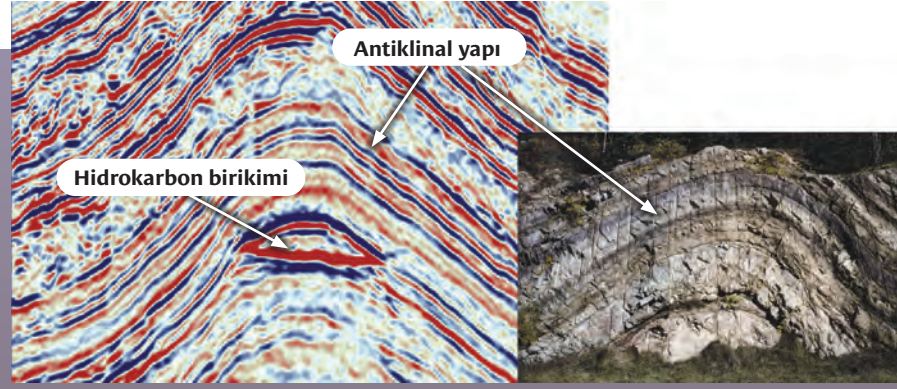
fazla yükselebilir veya düşebilir hatta bazen sismik kesitlerde çok belirgin oluşumlar ortaya çıkabilir (Şekil 11). Jeofizikçiler bu tür değişimleri dikkatle inceleyerek bir sismik kesitten olası hidrokarbon birikimleri hakkında en fazla bilgiyi elde etmeye ve en doğru sondaj konumunu belirlemeye çalışırlar. Ancak, gelişen teknoloji ve analiz yöntemlerine rağmen, bunu yapmanın kolay olmadığını da belirtmek gerek.

Sismik veriden yola çıkarak, bugünkü tecrübelerimizle, hidrokarbon içermesi olası bulunan jeolojik yapıları tanımlayabilir, derinlik ve üç boyuttaki uzanumlarını belirleyebiliriz. Ancak bu yapıların içerisinde petrol veya doğal gaz olup olmadığı genellikle sismik veri ile anlaşılmaz. Bu nedenle, sismik veri kullanılarak kapan yapısının belirlenmesinin ardından, yapının petrol ve/veya doğal gaz içerip içermediği kesin olarak yalnızca sondaj ile belirlenebilir. Bu durum, sismik yöntemle hidrokarbon arama sürecindeki en büyük belirsizliktir ve bazen gerçekten önemli bir risk oluşturur. Çünkü karada yapılacak bir sondajın maliyeti ortalama 5 milyon dolar civarında iken, bir derin deniz sondajı 200 milyon dolara mal olabilir.

Büyük alanları daha hızlı tarayarak yer altı hakkında detaylı bilgi elde edebildiğimiz sismik çalışmaların maliyeti, derin denizlerdeki sondaj maliyetine oranla oldukça



Şekil 10. Yorumlanmış bir sismik kesitte yer altındaki farklı tabakaları ayıran ara yüzeyler ve faylar detaylı şekilde görülebilir (Dondurur, 2020).



Şekil 11. Bir antiklinal yapının altında kapanlanmış hidrokarbon birikimi (solda), yeryüzünde gözlenen bir antiklinal yapı (sağda)

düşük kalıyor. Bu nedenle, günümüzde önce iki, ardından da üç boyutlu sismik çalışmalar yapılarak hidrokarbon içerme olasılığı bulunan jeolojik yapılar haritalanmadan ve sınırları, büyüklüğü ve derinliği gibi parametreler belirlenmeden petrol şirketleri sondaj kararı vermezler. Bu anlamda en gelişmiş teknolojileri kullanan sismik yöntem, günümüz teknolojisiyle yerin altını bu kadar detaylı şekilde, binlerce metre derinliklere kadar iki ve üç boyutta incelememizi sağlayan tek yöntemdir.

Petrolü Bulduk, Peki Ya Sonra?

2013 yılına kadar, ülkemizde sismik çalışmalar yapma yeteneği ve altyapısı bulunan tek gemi Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsüne ait K. Piri Reis araştırma gemisiydi. K. Piri Reis gemisinin, 2011 yılında Doğu Akdeniz’de yaşanan politik krizin ardından bölgeye sismik veri toplamak için gönderilmesiyle, ülkemizin daha derinleri araştırabilen ve üç boyutlu arama yapabilen bir sismik gemiye gereksinimi olduğu anlaşıldı. 2013 yılında Barbaros Hayreddin Paşa, 2015 yılında da Oruç Reis üç boyutlu sismik arama gemilerinin ülkemize kazandırılmasıyla, Türkiye, son 10 yılda TPAO aracılığıyla denizlerimizde sismik arama faaliyetlerine hız verdi. Bu kapsamda, sadece 2018 yılında, çevre denizlerimizde İstanbul’un iki katı büyüklüğünde bir alan üç boyutlu sismik çalışmalarla tarandı.

Bu yoğun sismik çalışmaların ardından, Fatih ve Yavuz derin deniz sondaj gemileri, petrol veya doğal gaz içerebilecek kapan yapılarına sondajlar yapmaya başladı. Yapılan çalışmalar ilk meyvesini Batı Karadeniz Tuna-1 kuyusunda vermiş bulunuyor.

Petrol veya doğal gaz amaçlı delinen kuyuların pek çoğu, daha önce açıkladığımız risk faktörü nedeniyle petrollü veya gazlı çıkmaz. Bu tür kuyular “kuru kuyu” olarak ifade edilir ve terk edilirler. Bir kuyudan üretim yapılması, tamamen ekonomik hesaplamalar sonucu belirlenir. Kuyunun üretime geçilmesi için, o kuyudan elde edilecek petrol veya doğal gazın toplam değerinin, kuyuya üretim için yapılacak yatırımdan daha fazla olması gerekir. Eğer durum böyle ise, petrol veya doğal gazın üretimi için sahanın geliştirilmesi aşamasına geçilir. Tam tersi durumdaysa, yani mevcut petrol veya doğal gaz rezervi, yapılması öngörülen yatırımı karşılayamayacak kadar küçükse, petrol veya gaz içerse dahi kuyu terk edilir. Ülkemizde bu tür kuyular özellikle Güneydoğu Anadolu bölgemizde mevcuttur ve halk arasında, bulunan petrolün çıkarılmayarak kuyuların kapatıldığı spekülasyonlarına sıkça neden olmuştur. Ancak durum tamamen mühendislik ekonomisi ile ilgilidir.





Bulunan Petrol veya Doğal Gazın Kullanıma Sunulması İçin İzlenen Süreçler

Bir sahada, petrol veya doğal gazın keşfi amacıyla açılan ilk sondaj, arama kuyusu olarak bilinir. Arama kuyusu bir petrol veya doğal gaz keşfi ile sonuçlanırsa belirlenen süre boyunca kuyuda akış testleri yapılarak rezervuardaki basınç değişimleri belirlenir. Mevcut rezervi tam olarak belirlemek amacıyla bölgede ek tespit kuyuları kazılır. Bu ek kuyular kullanılarak doğru rezerv (petrol için milyon varil, doğal gaz için ise milyar metreküp cinsinden) hesaplanır ve üretim için kazılacak kuyulara karar verilir.

Karada petrol çıkarılmasında at başı denilen mekanik sistem, denizlerde ise üretim platformları kullanılır. Bunlar, su derinliği öncelikli olmak üzere, bölgenin iklim koşulları da dikkate alınarak tasarlanan oldukça özel yapılar. Sığ derinlikler için platformlar deniz tabanına sabitlenirken, kıydan uzak derin sulardaki noktalardan üretim yapmak için yüzer üretim platformları kurulur. Platformlar hem petrolün çıkartılmasında, hem kuyunun açılmasında hem de çıkarılan petrolün belirli bir düzeye kadar işlenmesinde kullanılan çok işlevli karmaşık yapılardır.

Derin denizlerde bulunan petrol veya doğal gaz rezervinin karaya taşınmasında da farklı yöntemler kullanılır. Doğal gazı karaya en güvenli, verimli ve ekonomik taşıma yöntemi, deniz tabanına döşenecek boru hatlarıdır. Ancak özellikle derin denizler için boru hatlarının döşenmesi, ciddi yatırımlar ve uzun süreçler

gerektiren zahmetli bir süreçtir. Alternatif olarak, derin denizlerde üretilen petrol, içerisindeki yabancı maddeler ayrıldıktan sonra, doğal gaz ise basınçlı tanklarda sıvılaştırılmış (LNG) olarak, platforma yansan ham petrol tankerlerine aktararak da rafinerilere ulaştırılabilir.

Rafineriler, farklı petrol türevlerinin üretildiği karmaşık üretim tesisleridir. Rafineriye ulaşan ham petrol tuzdan arındırıldıktan sonra bir buhar kazanına gönderilir ve burada yüksek sıcaklıklara ısıtılarak damıtılır. Damıtma sırasında petrol farklı türevlere ayrılır: sıvılaştırılmış petrol gazı (LNG), benzin, plastik yapımında kullanılan nafta, uçaklarda jet yakıtı olarak kullanılan kerosen, dizel, yağlayıcı sıvılar, fuel-oil ve asfalt.

Sonuç Olarak...

Petrol ve doğal gaz, günlük hayatımızda kullandığımız en önemli enerji kaynakları ve evlerimizin ısıtılmasından ulaşıma, sanayiden ticarete, hayatımızın her safhasında gereksinim duyduğumuz en önemli ihtiyaçlarımız arasında. Ancak, her yenilenemeyen enerji kaynağı gibi, gezegenimizin bize sunduğu petrol ve doğal gaz kaynakları da sınırlı. Bu durumda yeni rezervler bulunamazsa, bugün itibarıyla yaklaşık 50 yıl yetecek petrol ve doğal gazımız var.





Jeofizikçiler olarak yeni sahaların keşfi için sürekli çalışıyoruz. Ancak, yeni rezervlerin keşfi kadar, enerjinin verimli kullanılması, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının ülke kullanımına sunulması da önem arz ediyor. Umudumuz, yeni arama ve sondaj gemilerimizle, ülkemizin enerji açısından dışa bağımlılığını azaltacak umut vadeden yeni keşiflerin yapılması. Unutmayalım ki enerji olmadan gelecek de olmaz! ■



Anahtar Kavramlar

Ham petrol: Yerküre içerisinde organik materyalin başkalaşımı ile oluşmuş ve gözenekli kayalar içerisinde depolanmış sıvı hâldeki hidrokarbonlar.

Hidrofon: Denizlerde yapılan sismik çalışmalarda, sismik sinyalin algılanmasında kullanılan sensör.

Sismik yöntem: Yapay olarak oluşturulan sismik (ses) dalgaları ile yeraltı yapısının araştırılmasında kullanılan, petrol ve doğal gaz aramalarının temel jeofizik yöntemidir.

Hava tabancası: Denizlerde sismik sinyal üretmek için, su içerisine çok yüksek basınçlı hava göndermekte kullanılan cihaz. Sismik kaynak olarak da bilinir.

Antiklinal: Tabakaların yukarı doğru kıvrılmasıyla oluşan kubbe şekilli yapı. En çok karşılaşılan hidrokarbon rezervuar türüdür.

Kapan: İçerisinde petrol veya doğal gazın birikmesine izin veren gözenekli kayalar içeren, üzeri geçirimsiz bir örtü tabakası ile kaplanmış, hidrokarbon içeren jeolojik yapı.

Rezervuar: Yer içerisinde petrol veya doğal gaz içeren gözenekli kayaç.

Navigasyon: Seyir veya seyrüsefer anlamına gelen navigasyon, deniz araştırmalarında konum belirleme anlamında kullanılır. Açık denizlerde gerek sismik geminin gerekse geminin kullandığı tüm cihaz ve ekipmanın konumunun anlık olarak saptanması işlemidir.

Jeofizik: Yer kürenin ve gezegenlerin fiziksel yapısını inceleyen bilim dalıdır. Maden, petrol, yeraltı suyu ve jeotermal sular gibi yeraltı kaynaklarını, arkeolojik kalıntıları araştıran, mühendislik ve zemin çalışmaları gerçekleştiren, depremleri inceleyen, fizik yasaları uyarınca matematiği ve jeolojiyi kullanarak yeraltının anlaşılmasını sağlayan mühendislik dalıdır.

Kaynaklar

TPAO, “2018 Yılı Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu”, 2018.

Dondurur, D., “Acquisition and Processing of Marine Seismic Data”, Elsevier Science Publishing Co., 2018.

Dondurur, D., “Deniz Sismiğinde Veri İşlem”, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, 2009.

Dondurur, D., “Attributes in Marine Seismics”, Doktora Ders Notları, 2020.

Yılmaz, Ö., “Seismic Data Analysis: Processing, Inversion, and Interpretation of Seismic Data”, SEG Publications, 2001.

Sadeghi, K., “An Overview of Design, Analysis, Construction and Installation of Offshore Petroleum Platforms Suitable for Cyprus Oil/Gas Fields”, GAU J. Soc. & Appl. Sci., Cilt 2, s. 1-16, 2007.

Beşergil, B., “Ham Petrolde Petrokimyasallara, El Kitabı”, Gazi Kitabevi, 2007.

BP, “Statistical Review of World Energy 2020”, 2020.

Merak Ettikleriniz

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

Acı veya Baharatlı Yiyecekler Neden Burnumuzu Akıtır?

Patlıcangiller familyasından Capsicum cinsi bitkilerin meyvelerinde, yani çoğunlukla acı biberlerde bulunan “kapsaisin” ile hardal, wasabi ve bazı turp türlerinde bulunan “allil izotiyosiyanat” maddelerini yediğimizde yüz kızarması, göz yaşarması ve burun akıntısı yaşarız. Bu bitkilerin tohumlarında ve meyvelerinde bulunan bu kimyasallar insanlarda mukozayı etkileyerek mukus üretimini tetikler.

Acı biber yediğimizde kapsaisin molekülü öncelikle TRPV1 adlı sıcaklık algılayıcı proteinleri etkileyerek beyne acı yerine sıcak bir besin tüketildiğine dair sinyaller gönderir. Karşılığında beyin bu sıcaklık etkisinden kurtulması için vücudu harekete geçirir ve terleme başlar. Sonrasında, ağızımızda, burnumuzda ve boğazımızda bulunan ve görevi nefes aldığımızda havadaki partiküller ile hastalık etkeni olabilecek mikroorganizmaların solunum sistemimize ulaşmasını engellemek olan mukoza zarı kapsaisin ve/veya izotiyosiyanat maddelerinin etkisiyle uyarılır ve savunma amacıyla daha fazla mukus üretilerek kimyasallar hapsedilir. Fazladan üretilen mukus burun akıntısına neden olur. Gözümüzdeki zarın da kap-

saisinden etkilenip daha fazla gözyaşı üreterek bu kimyasaldan kurtulmaya çalışmasıyla burun akıntısı artar.

Kapsaisin ve izotiyosiyanat molekülleri suda çözünmez. Bu yüzden acı besinler tüketildikten sonra içilen su mukozadan kapsaisin ve izotiyosiyanatın uzaklaştırılmasına yardımcı olmaz. Sütte bulunan kazein proteini ise bu kimyasalları mukozadan ayırarak rahatlama sağlayabilir, dolayısıyla süt ya da ayran içmek acıdan sonra iyi gelebilir. Araştırmacılar ikinci bir seçenek olarak da %10'u şeker olan şekerli su karışımı içmenin acının etkilerini azaltmada işe yaradığını söylüyor.

Diğer taraftan, acı biberde bulunan kimyasaldan türetilen Capsicum annum maddesi içeren burun spreyleri ile bazı sinüs inflamasyonları temizlenebiliyor.

Kaynaklar

livescience.com/32752-why-does-your-nose-run-when-you-eat-spicy-food.html
sciencedaily.com/releases/2011/08/110825164933.htm

Sıcak Su ile Soğuk Suyun Sesi Neden Farklıdır?

Türdeş bardaklara farklı sıcaklıklarda suları doldururken ya da banyoda duşa girmeye hazırlanırken akan suyun ısındıkça sesinin değiştiğini algılayabiliriz. Belki birçoğumuz farkında dahi olmadığı bu durum, su molekülleri arasındaki etkileşimlerin sıcaklık değişimi sonucu farklılaşmasıyla açıklanabilir.

Bir su molekülüne yakından bakıldığında kolları arasında yaklaşık 105 derecelik açıya sahip V harfine benzer bir şekle sahip olduğu görülür. Kolların ucunda hidrojen atomları, harfin keskin bölümünde ise oksijen atomu yer alır. Oksijenin bağ yapmamış elektronları bulunur ve elektronlara sahip olma isteği yüksek karakterde bir element olduğu için oksijen hidrojenle bağ yapılan kısımlardaki elektronları da kendine doğru çeker. Bunun sonucunda, etrafında daha fazla sayıda negatif yüklü parçacık bulunduran oksijen kısmı negatif yüklü iken hidrojenlerin bulunduğu bölümler ise kısmi pozitif yüklü olur. Su molekülleri yan yana geldiğinde elektrostatik anlamda yakınlaşıp negatif ve pozitif bölümler birbirini çeker, hidrojen bağı adı verilen görece kuvvetli bu etkileşim ile birbirlerine tutunmaya çalışırlar.

Su ısıtıldığında taneciklerinin kinetik enerjisi arttığından molekülleri bir arada tutan hidrojen bağının oluşum oranı azalır. Bu yüzden sıcak su, tanecikleri daha bağımsız hareket edebilen, akışkan (viskozitesi azalmış) bir sıvıya dönüşür. Sıcaklıkla birlikte akışkanlıkta meydana gelen değişim, buzdolabından çıkarılan balın bir süre sonra daha kolay akmasına benzetilebilir. Ancak sudaki akışkanlığın değişimi gözle ayırt edilebilecek ölçüde değildir. Sıcak su kütlesi akarken, soğuk suya kıyasla, daha küçük kümeler hâlinde yüzeye çarptığı için çıkan sesler arasındaki farkı algılayabiliriz.

Öte yandan, konuya daha farklı bir bakış açısı ile yaklaşan ses mühendisi araştırmacıların 2018 yılında sundukları bir çalışmaya göre, ses farklılığını açıklarken üç değişkene ayrı ayrı odaklanılması gerekiyor. Bu değişkenler kaptaki hava sütunu rezonansı, kabın suyla birlikte oluşturduğu titre-

şimler ve su sesleri. Araştırmacılar soğuk su dökülürken baskın olan değişkenin kabın suyla birlikte ortaya çıkardığı titreşimler olduğunu, sıcak su dökülürken ise kaptaki hava sütunu rezonansındaki değişimin öne çıktığını vurguluyor. Dolayısıyla, sıcaklık farkı ile öne çıkan değişkenin farklılaşmasının sesleri ayırt edebilmemize olanak sağlayan faktörlerden biri olduğu düşünülüyor.

Kaynaklar

Peng, H., & Reiss, J. D. (2018) Why Can You Hear a Difference between Pouring Hot and Cold Water? An Investigation of Temperature Dependence in Psychoacoustics. *Engineering Brief* 473

sciencealert.com/your-ears-can-actually-tell-the-difference-between-hot-and-cold-running-water

thenakedscientists.com/articles/questions/why-does-hot-water-sound-different-cold-water-when-poured



Sıvı Karışımları Buharlaşırken Yüzeylerde Farklı Birikim Desenleri Oluşturuyor

Dr. Tuncay Baydemir [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Şimdiye kadar saf ve uçucu sıvıların ısıtılabilir bir zeminde gösterdikleri yayılma dinamikleri üzerine oldukça kapsamlı çalışmalar yapıldı. Emory Üniversitesinden Asher P. Mouat ve arkadaşları *Physical Review Letters* dergisinde yayımladıkları çalışmayla çözücüye karışabilen ve uçucu olmayan başka bir sıvının ilave edilmesi ile birlikte temas hattı dinamiklerinin ve sıvı birikim deseninin oldukça önemli bir şekilde değiştiğini gösterdiler.

Küçük parçacıklar içeren sıvılar buharlaştığı zaman arkalarında halkalar ya da ağlar şeklinde karakteristik izler bırakıyorlar. Yapılan çalışmada ise sıvıların içerisinde o sıvıyla karışabilen başka bir sıvı eklendiğinde, bu sıvıların

türüne göre birbirinden tamamen farklı kalıntı desenleri oluştuğu gözlemlendi. İki sıvı içeren bir damlacık buharlaşmaya başladığında karışımı oluşturan sıvılara bağlı olarak, damlanın dış yüzeyinde parmak benzeri çıkıntılar veya daha küçük damlacıklardan oluşan bir zincir meydana geliyor.

Araştırmacılar bu olayları incelerken izopropanol damlacıklarına etilen glikol ve dodekan sıvılarını ekleyerek buharlaşma esnasındaki değişimleri filme aldılar. Katı yüzeyde oluşan birikim desenlerini inceleyen araştırmacılar diğer sıvı karışımlarında da benzer oluşumları gözlemledi.

Çalışmada pürüzsüz bir yüzey üzerinde 1 mikrolitre (litrenin milyonda biri hacminde) sıvı ka-

rışımı damlası bırakıldı ve damla yüzey üzerinde yayıldıkça izopropanol en ince kenardan hızla buharlaştı. Böylece damlacığın çevresinde daha yüksek bir etilen glikol veya dodekan derişimi oluştu. Neticede birikinti çevresinde daha küçük damlacıkların oluşturduğu bölgeler elde edildi. Etilen glikol içeren sıvılarda dışarıya doğru uzanan parmak benzeri çıkıntılar gözlenirken, dodekan içerenlerde birikinti etrafında boncuklu bir kolyeyi andıran bir görüntü oluştu.

Birikinti kenarında oluşan desenler karışımı oluşturan sıvıların yüzey gerilimlerinin (bir sıvının yüzeyindeki moleküllerin birbirine ne kadar sıkı tutunduğunun ölçüsü) farklılıklarından kaynaklanıyor. Sıvı, moleküllerin



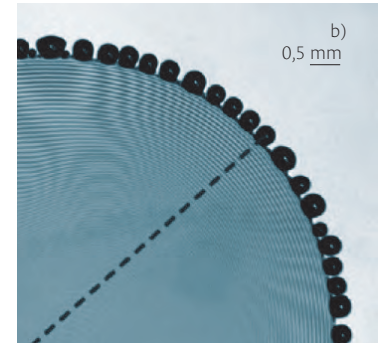
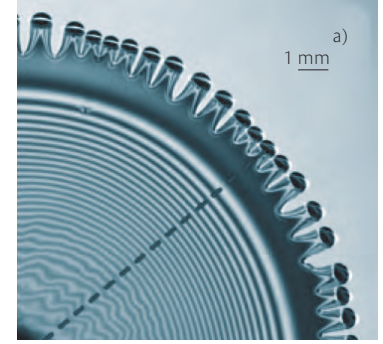
birbirini daha güçlü bir şekilde çektiği yani daha yüksek yüzey gerilimine sahip bölgelere akma eğilimi gösteriyor. Etilen glikolün yüzey gerilimi izopropanolünkinin yaklaşık 2,2 katı kadar. Dolayısıyla sıvı yüzeyindeki etilen glikol bakımından zengin damlacıklar sıvıyı dışarı doğru çekerek parmağa benzeyen çıkıntılar oluşturuyor. Diğer yandan dodekanın yüzey gerilimi izopropanole yakın olduğundan dodekan içeren damlacıklar oluştukları yerde kolyeye benzer bir şekilde kalıyorlar.

Birikintinin kenarında oluşan parmağa benzer çıkıntılar büyük Marangoni kuvvetleri (yüzey gerilimi farkına bağlı olarak iki sıvı arasındaki ara yüz boyunca gerçekleşen kütle aktarımı) ve düşük temas açıları sonucunda ince bir film oluş-

masıyla birlikte gerçekleşiyor. İzole inci şeklindeki oluşumlar ise küçük Marangoni etkisi ve daha büyük temas açısı durumunda gözleniyor. Bu farklı davranış türleri, katı madde üzerindeki temas açısının değiştirilmesiyle ayarlanabiliyor.

Çözünmüş madde derişimine, yüzey gerilimi farklılıklarına ve zemindeki katı yüzeyin ıslanma özelliklerine bağlı olarak katı yüzey üzerindeki biriktirme desenleri farklı olabiliyor.

Sonuç olarak, ikili sıvı karışımlarının temas hattı dinamiklerini ortaya koyan ve birikim desenlerinin çeşitliliklerini gösteren bu çalışmanın buharlaşma destekli yüzey biriktirme ve kaplama teknolojilerine önemli katkılar sağlaması bekleniyor. ■



Silikon zemin üzerindeki karışımların görüntüleri

- a) İzopropanol / etilen glikol
b) İzopropanol / dodekan

Kaynaklar

Asher p. Muat ve ark., "Tuning Contact Line Dynamics and Deposition Patterns in Volatile Liquid Mixtures", *Physical Review Letters*, 124, 064502, 2020.

<https://www.sciencenews.org/article/evaporating-mixtures-two-liquids-create-hypnotic-designs>

Dünyayı Uzayın Soğuğuyla Serinletmek

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

Bir süredir araştırmacılar çevresinden aldığı ısıyı uzaya gönderen boyalar, plastikler ve hatta ahşap malzemeler üretiyorlar. Enerji tüketmeden sıcağlığını düşük tutmayı başaran bu malzemelerin yakın gelecekte elektrikli soğutma sistemlerinin yerini alacağı tahmin ediliyor.

Pasif Işınımsal Soğuma

Çevremizdeki tüm nesneler ısı (kızılötesi ışık) yayar. Bir nesneden yayılan ısı çevredeki diğer nesneler tarafından soğurulduğu için birbirine yakın konumlanmış maddeler zamanla ısı alışverişi yaparak aynı sıcaklığa gelme eğilimindedirler. Bugün belirli bir ortamı ısıtmak ya da soğutmak (ortam sıcaklığını çevre sıcaklığından farklı hâle getirmek) için kullandığımız sobalar, soğutucular, klimalar ve benzer cihazlar bir sıcaklık farkı oluşturmayı enerji tüketerek başarır. Ancak hiç enerji

tüketmeden de bir malzemenin sıcaklığını ortam sıcaklığının altına düşürmesi mümkündür. Nasıl mı? Atmosfer tarafından soğurulmayan tayf bölgesinde ışıma yaparak.

Atmosferdeki gazlar çevremizdeki nesneler tarafından yayılan ısımanın büyük bir kısmını soğurur ve tekrar yayar. Böylece Dünya'nın sahip olduğu ısı enerjisinin hızla boş uzaya yayılmasını engelleyen bir kalkan görevi görürler. Ancak atmosferdeki gazların hiçbirisi dalga boyu 8 ila 13 mikrometre arasında olan ışık ışınlarını soğurmaz. Bu dalga boylarına sahip ışık ışınları rahatlıkla atmosferin içinden geçer. Dolayısıyla, bir cismin ışık tayfının bu bölgesinde ışıma yaparak sahip olduğu enerjinin bir kısmını doğru-

dan uzaya göndermesi ve böylece sıcaklığını ortam sıcaklığının altına düşürmesi mümkündür. Pasif ışıınımsal soğuma olarak adlandırılan bu olgu esasen 1960'lardan beri biliniyordu. Ancak söz konusu olan sıradan malzemeler olduğunda pasif ışıınımsal soğuma sadece gece vakitlerinde gözlemlenebilir. Gündüz vakitlerindeyse Güneş'ten gelen yüksek enerji, atmosfer tarafından soğurulmayan tayf bölgesinde ışıma yapıyor olsa bile, açık havadaki bir cismin sıcaklığının ortam sıcaklığının altına düşmesine izin vermez. Ancak araştırmacılar son on yıl içinde güneş ışığı altındayken bile sıcaklığını ortam sıcaklığının altında tutmayı başarabilen metamalzemeler (doğada örneği olmayan malzemeler) üretmeyi başardı.



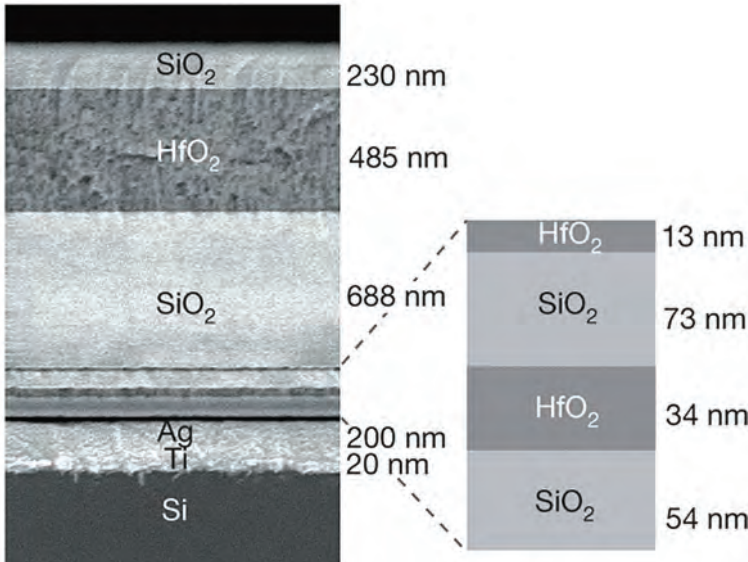
Süper-serin Malzemeler

Gündüz vakti pasif ışımsal soğuma üzerine çalışmalar yapmaya başlayan ilk araştırma grubu Stanford Üniversitesinden oldu. 2012 yılında, o sıralar Prof. Dr. Shanhui Fan'ın danışmanlığında doktora çalışmalarına devam eden Aaswath Raman, güneş ışığı altındayken bile sıcaklığını ortam sıcaklığının altında tutmayı başarabilen malzemeler üretmenin mümkün olup olmadığı üzerine kafa yormaya başladı. Raman, ilk olarak böyle bir malzemenin sahip olması gereken özellikler üzerine kuramsal tahminler yaptı.

Sonuçlar, gündüz vakti pasif ışımsal soğumayı gerçeğe dönüştürebilecek bir malzemenin sahip olması gereken iki temel özelliğin şunlar olduğunu gösteriyordu: Birincisi, malzemenin güneşten gelen ve dalga boyu 200 ila 2500 nanometre olan ışığın %94'ünden fazlasını yansıtması gerekiyordu ki bu malzemenin yansıtıcılığının beyaz boyalarınkinden bile daha yüksek olması gerektiği anlamına geliyordu. İkincisi, malzemenin dalgaboyu 8 ila 13 mikrometre olan ışık ışınlarını yüksek oranda soğurabilmesi ve yayabilmesi gerekiyordu. Sıradan hiçbir malzeme bu özelliklere sahip değildir. Ancak araştırmacılar nanometre ölçeğinde mühendislik yaparak bu özelliklere sahip malzemeleri üretilabileceğini düşündüler.

Raman ve Fan'ın 2013 yılında yayımladıkları ilk makalelerinde kuramsal hesapların yanı sıra soğutma gücü 100 W/m^2 olacağını tahmin ettikleri bir tasarım örneği de vardı. Ancak araştırmacılar bu tasarımı gerçeğe dönüştürmediler ve yine kendi tasarladıkları üretilmesi çok daha kolay başka bir malzeme üzerine çalışmaya başladılar. Bir yıl sonra yayımladıkları ikinci makalelerinde gündüz vakti pasif ışımsal soğumayı gerçeğe dönüştürdüklerini açıkladılar.

Kırılma indisi yüksek ve düşük malzemeleri art arda sıralayarak bir malzemenin optik özelliklerinin ayarlanabileceği bilinir. Araştırmacıların ürettikleri malzeme de art arda sıralanmış, HfO_2 ve SiO_2 katmanlarından oluşuyordu. Toplamda yedi adet olan katmanların alttaki dört tanesi daha ince üstteki üç tanesi ise daha kalın olarak tasarlanmıştı. Altındaki ince katmanlar Güneş'ten gelen ışınları azami derecede geri yansıtıyor, üstteki daha kalın katmanlarsa atmosfer içinden geçebilen dalga boylarındaki kızılötesi ısıma miktarını artırıyor. Araştırmacılar, geliştirdikleri malzemeyi açık havada, metrekaresine 850 W güneş ışığı düşen bir zamanda (güneşli bir günde, deniz seviyesinde metrekaresine ortalama 1000 W güneş ışığı düşer) test ettiklerinde malzemenin sıcaklığının ortam sıcaklığının yaklaşık 5°C altına düştüğünü tespit ettiler. Malzeme üzerine düşen Güneş ışığının %97'sini yansıtmayı başarıyordu ve soğutma gücü yaklaşık 40 W/m^2 idi.



Raman ve Fan tarafından geliştirilen süper-serin malzemenin yapısı. Malzeme art arda sıralanmış yedi adet HfO_2 ve SiO_2 katmanından oluşuyor. Altta 200 nanometre kalınlığında Ag ve 20 nanometre kalınlığında Ti katmanları var. Tüm yapı bir silisyum plakanın üzerinde duruyor. Görsel: Raman ve Fan, *Nature*

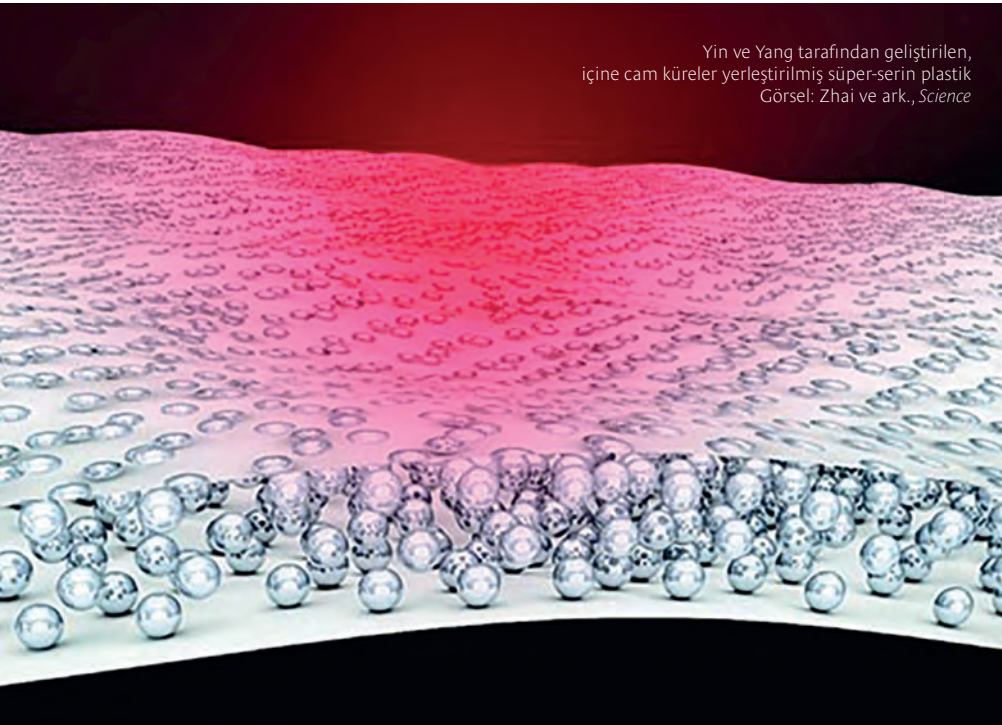
2017 yılında Colorado Üniversitesinden Xiaobo Yin ve Ronggui Yang, ucuz plastik ve cam malzemeler kullanarak sıcaklığını ortam sıcaklığının altında tutmayı başara-bilen başka bir malzeme üretti. Çapı birkaç mikrometre olan cam küreler, atmosfer tarafından soğurulmayan tayf bölgesinde yüksek miktarda ısıma yapar. Araştırmacılar, SiO_2 'den üretilmiş, doğru büyüklükteki cam küreleri laboratuvar ve mutfak aletlerinin de üretiminde kullanılan bir tür plastiğin içine katmış, malzemenin altına da ışığı çok yüksek oranda geri yansıtan bir gümüş ayna koymuşlardı. Üretimde kullanılan plastiğin ışık geçirgenliğinin yüksek olması, malzemenin üzerine düşen güneş ışığının kolaylıkla malzemenin içinden geçip aynadan geri yansımısını sağlıyordu.

Araştırmacılar içine %6 oranında cam küreler katılmış plastikler üretip, geliştirdikleri sistemi test ettiklerinde metamalzemenin Güneş ışığının %96'sından fazlasını yansıttığını gözlemlədiler. Malzemenin soğutma gücü, öğle vakti yüksek miktarda güneş ışığına maruz kaldığı sırada 93 W/m^2 olarak ölçüldü. Kesintisiz üç gün süren bir test sırasındaki ortalama soğutma gücünün ise 110 W/m^2 olduğu görüldü.

Yin ve Yang tarafından geliştirilen metamalzemenin en önemli özelliği endüstriyel ölçekte üretime uygun olması. Öyle ki, araştırmacılar yaptıkları çalışmalar sırasında laboratuvar ortamında her dakika 50 mikrometre kalınlığında, 30 santimetre eninde ve 5 metre uzunluğunda metamalzeme üretebiliyorlardı.

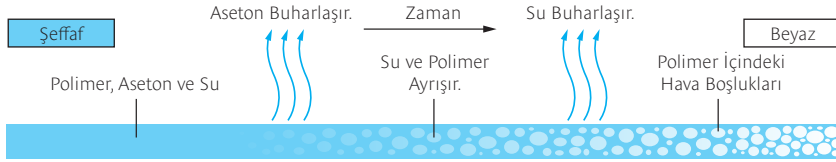
Pasif ışımsal soğuma ile sıcaklığını ortam sıcaklığının altında tutabilen metamalzemelerle ilgili başka bir önemli gelişme 2018 yılında yaşandı. O sıralar Columbia Üniversitesinde Prof. Dr. Yuan Yang'ın danışmanlığında doktora çalışmalarına devam eden Jyotirmoy Mandal polimer bazlı bir süper-serin boya geliştirdi. Pek çok polimer zaten yüksek oranda 8-13 mikrometre dalga boylu ışık yayar. Dolayısıyla polimer bazlı bir süper-serin boya geliştirmek için araştırmacıların aşması gereken temel zorluk, boyanın güneş ışığını çok yüksek oranda yansıtmasının nasıl sağlanacağıydı. Araştırmacıların bulduğu çözüm boyanın içinde baloncuklar oluşturmak oldu. Geliştirilen süper-serin boyanın üretim ve uygulanma süreci özetle şu şekilde ilerliyor: Polimer bazlı boya aseton ve az miktarda su ile karıştırılıyor ve elde edilen karışım püskürtülerek boyanacak yüzeye uygulanıyor. Bir süre sonra uçucu aseton buharlaşarak ortamdaki uzaklaşıyor ve su ile polimer birbirinden ayrılmaya başlıyor. Ortaya çıkan su damlacıkları da bir süre sonra artlarında boş baloncuklar bırakarak buharlaşıyor. Süreç tamamlandığında başlangıçtaki renksiz karışımdan geriye içi baloncuklarla dolu beyaz renkli bir boya kalıyor. Ortaya çıkan baloncuklar, metamalzemenin güneş ışığını sıradan beyaz boyalardan daha etkin bir biçimde yansıtmasını sağlıyor. Böylece kendi sıcaklığını ortam sıcaklığının altında tutmayı başarabilen bir boyalı yüzey ortaya çıkıyor. Araştırmacılar geliştirdikleri boyayı güneşli bir günde açık havada test ettiklerinde boyanın sıcaklığının ortam sıcaklığının 6°C

Yin ve Yang tarafından geliştirilen, içine cam küreler yerleştirilmiş süper-serin plastik
Görsel: Zhai ve ark., *Science*

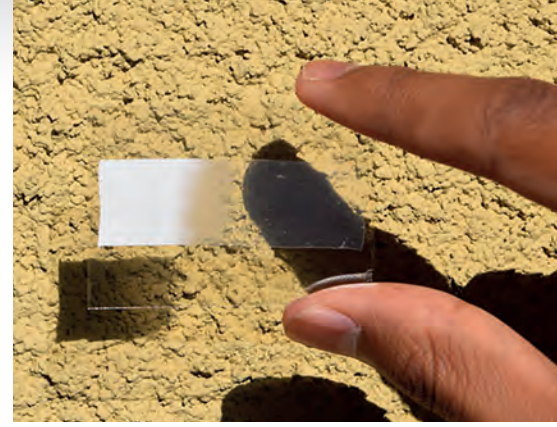


altında kaldığını ve boyanın soğutma gücünün yaklaşık 96 W/m^2 olduğunu gözlemlediler. Geliştirilen boya, üretimi oda sıcaklığında yapılabildiği ve çözeltili bazlı olduğu için sıradan yöntem-

lerle plastik, metal ve ahşap yüzeylere kolaylıkla uygulanabiliyor. Ayrıca metalmalzemeyi sıradan boylarla karıştırarak farklı tonlar ya da farklı soğutma güçleri elde etmek de mümkün.



Süper-serin boyanın üretim süreci
Görsel: Mandal ve ark., *Science*



Süper-serin boya
Görsel: Mandal ve ark.

Geçen yıl Mayıs ayında Xiaobo Yin ve çalışma arkadaşları, Maryland Üniversitesinden Liangbing Hu ve Tian Li ile ortak yaptıkları çalışma sonucunda süper-serin ahşap geliştirdiklerini açıkladılar. Ahşap malzemeler de polimerler gibi atmosfer tarafından soğutulmayan dalga boylarında yüksek oranda ışık yayar. Ancak sıradan ahşap malzemelerin güneş ışığını yansıtma oranı düşüktür. Araştırmacılar lignin adlı bir tür organik polimeri kimyasal işlemlerle ahşaptan ayrıştırarak bu soruna çare bulmuşlar. Ayrıca ahşap malzemeyi sıkılaştırarak içerisindeki selüloz iplikçiklerinin hizalanmasını sağlamış, böylelikle

de malzemenin yaydığı ısı miktarının artmasını sağlamışlar. Sonuçta mekanik direnci sıradan ahşabın yaklaşık 8 katı olan bir yapı malzemesi ortaya çıkmış. Gözlemler bu metalmalzemenin 24 saat içindeki ortalama soğutma gücünün 53 W/m^2 olduğunu gösteriyor. Gündüz vakitlerinde dahi sıcaklığını düşük tutmayı başarabilen bu malzemeyi kullanarak sıcak ve kurak iklimlerde inşa edilecek ya da dış yüzeyi kaplanacak yapılarda soğutma masraflarından %60'a varan oranda tasarruf etmenin mümkün olabileceği düşünülüyor. Ancak malzemenin açık havada ne kadar uzun süre dayanacağı henüz bilinmiyor.

Geçtiğimiz ağustos ayında New York Eyalet Üniversitesinden Qiaoqi-ang Gan ve arkadaşları süper-serin yüzey kaplaması geliştirdiler. Saç kremlerinde de bulunan bir tür silikonlu polimerden üretilen malzeme, yansıtıcılığı yüksek bir yüzeyi kaplamak için kullanıldığında sıcaklığını ortam sıcaklığının altında tutmayı başarıyor. Araştırmacılar alüminyum bir yüzeyi geliştirdikleri malzemeyle kapladıklarında laboratuvar ortamında $9,5^\circ\text{C}$ 'lik, açık havada da 11°C 'lik soğuma gözlemlediler. Malzemenin soğutma gücü yaklaşık 120 W/m^2 olarak ölçüldü.

Aynı araştırma grubunun bu konudaki bir diğer önemli katkısı, süper-serin malzemelerden yayılan ısıyı doğrudan uzaya yönlendiren yapılar geliştirmek oldu. Işınimsal soğumanın gözlemlenebilmesi için yayılan ısıнын atmosferin içinden geçerek doğrudan uzaya ulaşabilmesi gerekir. Ancak süper-serin malzemeler belirli yönlerde değil her yönde ısı yayarlar ve bu ısıнын bir kısmı çevredeki insanlar, hayvanlar, binalar ve diğer nesneler



Doğal ahşap (solda) ve süper-serin ahşap (sağda)
Görsel: Liangbing Hu, InventWood

tarafından soğurulur. Araştırmacıların geliştirdiği yapı “yanlış” doğrultularda yayılan ısıнын yönünün uzaya doğru çevrilmesini sağlıyor. Böylece bir metalmalzemelerin ışıınımsal soğutma kapasitesinin artması sağlanıyor.

Süper-serin metalmalzemelerin soğutma kapasitesini artırmak için yapılmış bir başka çalışmaya da MIT’den Evelyn Wang ve arkadaşları imza attı. Araştırmacılar geçen yıl ekim ayında yayımladıkları bir makalede pasif ışıınımsal soğuma gösteren bir filmi yalıtıcı bir aerojelle kaplayarak metalmalzemelerin soğutma kapasitesini artırdıklarını açıkladılar. Araştırmacılar Şili’deki Atacama Çölü’nde yaptıkları deneyler sırasında üzeri aerojelle kaplı metalmalzemelerin sıcaklığının ortam sıcaklığının 13°C altına düştüğünü gözlemledi. Aerjel olmadığı durumda soğuma sadece 1,7°C ile sınırlı kalıyordu. Bugüne kadar geliştirilmiş herhangi bir süper-serin malzemeyi bu aerojelle kaplayarak malzemenin soğutma kapasitesini artırmak mümkün.

Süper-serin boyalar ile ilgili bir gelişme de geçtiğimiz temmuz ayında yaşandı. Jyotirmoy Mandal ve arkadaşları üzerine düşen güneş ışığının %98’ini geri yansıtan beyaz boyalar geliştirdiklerini açıkladılar. Sıradan bir beyaz boya, üzerine düşen güneş ışığının %85’ini geri yansıtır. Ancak bu oran pasif ışıınımsal soğumanın gözlemlenmesi için yeterli değildir. Araştırmacılar yansıtma oranını artırmak için beyaz boyaların mor ötesi ışığı soğurma oranını azaltma yoluna gitmişler. Bu amaçla, beyaz boyalarda bulunan ve

mor ötesi ışığı yüksek oranda soğurduğu bilinen TiO bileşiği yerine morötesi ışığı daha az soğuran polimerler ve pigmentler kullanıldı.

Geçtiğimiz haziran ayında yayımlanan bir başka makalede de Fan ve arkadaşları yeni bir soğutucu yüzey kaplaması ürettiklerini açıkladılar. Araştırmacılar kısaca PDMS olarak adlandırılan bir tür polimeri süper-serin malzeme hâline getirmek için yeryüzünün en sıcak bölgelerinde bile hayatta kalmayı başaran bir böcek türünden esinlendiler. Geliştirilen filmin üzerinde tıpkı böceğin kanatlarında olduğu gibi güneş ışığının yüksek oranda yansıtılmasını sağlayan piramit biçimli yapılar var. Gözlemler, malzemenin güneş ışığının %96’sını yansıttığını ve soğutma gücünün yaklaşık 90 W/m² olduğunu gösteriyor.

Uygulamalar

Bugün çeşitli ortamları soğuk tutmak için kullanılan soğutucu ve klimalar gibi cihazların tamamı enerji tüketerek çalışır. Süper-serin malzemelerse hiçbir enerji kaynağına ihtiyaç duymadan kendi sıcaklıklarını ortam sıcaklığının altında tutmayı başarıyor. Bu durum süper-serin malzemelerin doğal uygulama alanı olarak soğutma sistemlerinin ön plana çıkmasına neden oluyor.

Süper-serin metalmalzemeler üzerine çalışmalar yapan tüm araştırma grupları, geliştirdikleri ürünleri endüstriyel ölçekte üretilip pazarlamak için de çalışıyorlar. Fan ve Raman, 2017 yılında yayımladık-



ları bir makalede geliştirdikleri metmalzemeden ürettikleri panelleri bir binanın çatısında konumlandırarak binanın soğutma giderlerini %21 oranında azaltmayı başardıklarını açıklamışlardı. Araştırmacılar, SkyCool isimli bir şirket kurup geliştirdikleri ürünü piyasaya sürmeye başladılar. Gan, geliştirdiği süper-serin filmleri endüstriyel ölçekte üretilip pazarlamak için çeşitli sanayi kuruluşlarıyla iş birliği yapıyor. Columbia Üniversitesi araştırmacıları geliştirdikleri süper-serin boyanın patentini MetaRE isimli bir şirkete verdiler. MetaRe sadece evlerin çatıları için değil tekstil ürünleri, soğuk taşıma ve depolama için de süper-serin boyalar geliştirmeye çalışıyor. Yin ve Yang içi cam küreler dolu süper-serin plastiği üretmek için Radi-Cool isimli bir şirket kurdular. Geçen yıl yayımladıkları bir makalede, su soğutucu sistemlerde kullanılması durumunda geliştirdikleri plastiğin yaz aylarındaki elektrik tüketimini %32-45 oranında düşüreceğini yazdılar. Hu geliştirdiği süper-serin ahşabın patentini InventWood isimli bir firmaya devretti. Binaların dış yüzeyinde kullanılması durumunda, malzemenin soğutma sistemlerinde tüketilen enerjiyi %20-35 oranında azaltacağı öngörülüyor.

Kaliforniya'da (ABD)
bir evin çatısına
yerleştirilmiş
süper-serin
paneller

Görsel: Aaswath Raman



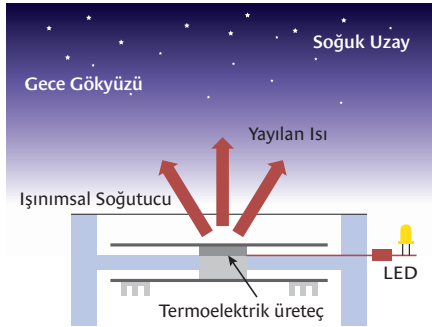
Söz konusu olan enerji tasarrufu olduğunda makalelerde geçen değerlerin genel geçer olmadığını belirtmek lazım. Çünkü bir malzemenin gösterdiği performans bulunduğu koşullara göre değişebiliyor. Süper-serin malzemeler kuru iklimlerde ve açık havalarda daha iyi performans gösteriyorlar. Hava bulutlu ve nemli olduğu zaman, havadaki su buharı malzemedan yayılan ısıнын atmosferden geçerek uzaya yayılmasına engel oluyor. Ancak bu durum yine de önemli bir sorun olarak görülmüyor. Çünkü süper-serin malzemelere daha çok Orta Doğu gibi sıcak ve kuru iklimlere sahip, soğutma giderlerinin yüksek olduğu bölgelerden talep olacağı öngörülüyor.

Süper-serin malzemelerle ilgili bir sorun, soğuk kış şartlarında ısınma giderlerini artırmaları olabilir.

Ancak araştırmacılar bu soruna da çare bulmak için çalışmalar yapıyorlar. Avusturalya'daki New South Walles Üniversitesinden Mattheos Santamouris tarafından öne sürülen bir çözüm, süper-serin malzemelerin üzerine bir sıvı katmanı eklemek. Buna göre, kışın soğuk havalarda sıvı donduğu zaman, yayılan ısıнын uzaya kaçması engellenecek ve böylece soğuma etkisi görülmeyecek. Kendi geliştirdikleri polimer kaplama malzemesi için Mandal ve Yang tarafından öne sürülen çözümse, içindeki boşlukları izopropanolla doldurarak, malzemenin ısı yaymak yerine ısı soğurmasını sağlamak. Malzemedan yeniden soğutma amacıyla yararlanılmak istenildiğinde, üzerine hava tutularak izopropanolün buharlaşması ve gözeneklerin yeniden açılması sağlanabilir.

Süper-serin malzemelerin kullanım alanı sadece soğutma sistemleriyle sınırlı değil. Örneğin Ming Zhou ve arkadaşları, havadan su elde etmek için kullanılan bir cihazda süper-serin malzemeler kullanarak verimi artırmayı başardılar. Süper-serin malzemenin sıcaklığının ortam sıcaklığından düşük olması, sıradan malzemelere kıyasla, üzerlerinde daha çok suyun yoğunlaşmasına sebep oluyor.

Stanford Üniversitesinden Aaswath Raman, Shanhui Fan ve Wei Li, geçtiğimiz eylül ayında yayımladıkları bir makalede, süper-serin



Dünya'nın sıcaklığı ile uzayın soğuğu arasındaki ısı alışverişine aracılık ederek elektrik üreten anti-güneş gözesi
Görsel: Raman ve ark., *Joule*

malzemeler kullanarak gece vakti çalışan anti-güneş gözeleri geliştirdiklerini açıkladılar. Sıradan güneş gözeleri sıcak Güneş ile soğuk Dünya arasındaki ısı alışverişine aracılık ederek elektrik üretirler. Anti-güneş gözeleri ise sıcak Dünya ile soğuk uzay arasındaki ısı alışverişine aracılık ederek elektrik üretiyor. Araştırmacılar, geliştirdikleri cihazdan gece vakti küçük bir LED lambayı çalıştıracak kadar elektrik elde etmeyi başardılar.

Süper-serin malzemelerden küresel ısınmayı engellemek için yararlanılabileceğini öne süren araştırmacılar da var. Kuramsal hesaplara göre, yeryüzünün %1-2'lik kısmını soğutma gücü 100 W/m² olan süper-serin malzemelerle kaplayarak ısınmayı durdurmak mümkün olabilir. Ancak henüz gelişme aşamasında olan bir teknolojinin küresel ısınma açısından yararlı olabilecek bir süre içerisinde olgunlaşıp yaygın bir biçimde kullanılmaya başlaması pek olası görülüyor.

Günümüzde tüketilen enerjinin önemli bir kısmını soğutma sistemleri kullanıyor. Üstelik giderek ısınan Dünya ile birlikte soğutma sistemlerinin tükettiği enerjinin de artacağı öngörülüyor. Süper-serin malzemelerse, pasif ışınsal soğumayla, güneş ışığı altındayken bile sıcaklığını ortam sıcaklığının altında tutmayı başarıyor. Üstelik de bir enerji kaynağına ihtiyaç duymadan.

Birbiri ile yakın temas hâlindeki nesneler ısı alışverişi yaparak zamanla aynı sıcaklığa gelirler. Süper-serin malzemeler tarafından yayılan ısının atmosferin içinden geçerek boş uzaya yayılması da bu malzemelerin boş uzayla "yakın temas" hâlinde olmasına yol açıyor. Uzayın soğuğuyla serinleyen malzemeler, içinde bulundukları ortamın serinlemesine de katkıda bulunuyorlar. Gelecek yıllarda, özellikle dünyanın kurak ve sıcak bölgelerinde, süper-serin malzemelerin giderek yaygınlaşması ve günlük hayatta kendine yer edinmesi bekleniyor. ■

Kaynaklar

- Lim, XiaoZhi, "The super-cool materials that send heat to space", *Nature*, Cilt 577, s. 18, 2020.
- Raman, A. P., ve ark., "Passive radiative cooling below ambient air temperature under direct sunlight", *Nature*, Cilt 515, s. 540, 2014.
- Rephaeli, E., ve ark., "Ultrabroadband photonic structures to achieve high-performance daytime radiative cooling", *Nano Letters*, Cilt 13, s. 1457, 2013.
- Zhai, Y., ve ark., "Scalable-manufactured randomized glass-polymer hybrid metamaterial for daytime radiative cooling", *Science*, Cilt 355, s. 1062, 2017.
- Goldstein, E. A., ve ark., "Sub-ambient non-evaporative fluid cooling with the sky", *Nature Energy*, Cilt 2, Makale No: 17143, 2017.
- Mandal, J., ve ark., "Hierarchically porous polymer coatings for highly efficient passive daytime radiative cooling", *Science*, Cilt 362, s. 315, 2018.
- Zhao, D., ve ark., "Subambient cooling of water: toward real-world applications of daytime radiative cooling", *Joule*, Cilt 3, s. 111, 2018.
- Li, T., ve ark., "A radiative cooling structural material", *Science*, Cilt 364, s. 760, 2019.
- Zhou, L., ve ark., "A polydimethylsiloxane-coated metal structure for all-day radiative cooling", *Nature Sustainability*, Cilt 2, s. 718, 2019.
- Leroy, A., ve ark., "High-performance subambient radiative cooling enabled by optically selective and thermally insulating polyethylene aerogel", *Science Advances*, Cilt 5, Makale No: eaat9480, 2019.
- Mandal, J., ve ark., "Paints as scalable and effective radiative cooling technology for buildings", *Joule*, Cilt 4, s. 1350, 2020.
- Mandal, J., "Porous polymers with switchable optical transmittance for optical and thermal regulation", *Joule*, Cilt 3, s. 3088, 2019.
- Zhang, H., ve ark., "Biologically inspired flexible photonic films for efficient passive radiative cooling", *Proceedings of The National Academy of Sciences (USA)*, Cilt 117, s. 14657, 2020.
- Raman, A. P., ve ark., "Generating light from darkness", *Joule*, Cilt 3, s. 2679, 2019.

Bilim Genç

Yeni Tasarımıyla Karşınızda!

bilimgenc.tubitak.gov.tr



Güneş ve Havadan Sıfır Karbon Salımlı Uçak Yakıtı

İlay Çelik Sezer [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Hava taşımacılığı karbon ayak izimizi en çok büyüten etmenlerden biri. Ulaştırma kapsamındaki etkinlikler küresel karbon salımının yaklaşık %28'inden sorumlu, bunun yaklaşık %9'unu ise hava taşımacılığı oluşturuyor. Dahası tek bir uçak seyahatiyle karbon ayak izimizde gerçekleşecek büyüme miktarı, diğer bütün seyahat yöntemlerinden daha fazla. İşte bu yüzden hava aracı kullanımının mümkün olduğunca azaltılması küresel ısınmayla mücadelede büyük önem taşıyor.

Ancak hava taşımacılığından tamamen vazgeçilemeyeceğine göre uzun vadede hava ulaşımı teknolojilerinin karbon salımlarının düşürülmesi amaçlanıyor. Bu konuda çalışmalar yürüten Zürih Federal Teknoloji Enstitüsünden (ETH Zurich) araştırmacılar sadece havayı ve güneş ışığını kullanarak net karbon salımı sıfır olan sıvı hidrokarbon yakıtlar üretilmesini sağlayan yeni bir teknoloji geliştirdi.

Araştırmacılar, yakıldığı zaman ortaya çıkardığı karbondioksit (CO_2) miktarı, üretimleri sırasında havadan çekilen CO_2 miktarına denk olan bir sentetik sıvı yakıt üretebilen bir güneş santrali geliştirdi. CO_2 ve su, doğrudan ortamdaki havadan alınıp güneş enerjisi kullanılarak ayrıştırılıyor. Bu işlem sonucunda sentez gazı adı verilen bir hidrojen ve karbonmonoksit karışımı elde ediliyor. Sentez gazı daha sonra kerosen, metanol ya da başka hidrokarbonları üretmek amacıyla işlem

geçirilebiliyor. Bu yakıtlar ise kurulu ulaştırma alt yapılarında doğrudan kullanılabilme özelliğine sahip.

ETH Zurich'ten araştırmamanın lideri Aldo Steinfeld geliştirdikleri santral ile, saha şartlarında güneş ışığı ve havadan karbon-nötr (net karbon salımı sıfır olan) hidrokarbon yakıtlar üretilbildiğini gösterdiklerini söylüyor. Ayrıca sistemin temelini oluşturan termokimyasal işlemin güneş ışığı tayfının tamamını kullanıp yüksek sıcaklıklarda ilerleyerek hızlı tepkimelere ve yüksek verimliliğe olanak tanıdığını da belirtiyor.

ETH Zurich'in çatısında bulunan mini-santral, geliştirilen teknolojinin Zürih'te hâkim olan iklim şartlarında bile uygulanabilir olduğunu kanıtlıyor. Steinfeld ve ekibi şimdiden sun-to-liquid başlıklı bir AB projesi kapsamında Madrid'e yakın bir solar kulede solar reaktörün büyük ölçekli bir denemesi üzerinde çalışıyor. Bir sonraki proje hedefleri ise teknolojiyi endüstriyel uygulamaya uygun olarak ölçeklendirmek ve ekonomik açıdan rekabet edebilir hâle getirmek.

Daha önce Steinfeld'in grubunda doktora öğrencisi olan Philipp Furler, bir kilometrekarelik bir alanı kaplayan bir santralin günde 20.000 litre kerosen üretebileceğini, teorik olarak yaklaşık İsviçre'nin yüzölçümü kadar (Konya'ninkine yakın) bir alan kaplayan bir santralle dünyadaki havacılık endüstrisinin tamamına

yetecek kadar kerosen üretilbileceğini belirtiyor. Furler geliştirdikleri teknoloji ile sürdürülebilir yakıtlar üreterek küresel ısınmayla mücadelede katkıda bulunmayı amaçladıklarını da ekliyor. Steinfeld'in araştırma grubu şimdiden iki ticari girişime önyak olmuş durumda. 2016'da kurulan ve Furler'in teknoloji şefi (CTO) olduğu Synhelion şirketi solar yakıt üretimi teknolojisini ticari hâle getiriyor. 2010'da kurulan Climeworks ise havadan CO₂ yakalamaya yönelik teknolojileri ticarileştiriyor. ■



Araştırma için kurulan mini-santral ETH Zurich'in çatısında bulunuyor.

Alessandro Della Bella/ETH Zurich

Nasıl Çalışıyor

Yeni sistemdeki işlem zinciri üç termokimyasal dönüştürme işlemi içeriyor: İlki CO₂ ve suyun havadan ekstraksiyonu. İkincisi CO₂ ve suyun solar-termokimyasal bir yolla ayrıştırılması. Üçüncüsü ise ikinci aşama sonunda elde edilenlerin sıvı hidrokarbonlara dönüştürülmesi.

CO₂ ve su bir adsorpsiyon (yüzeye tutunma)-desorpsiyon (yüzeyden bırakılma) işlemiyle doğrudan havadan çekiliyor. Sonra her ikisi de parabolik bir yansıtıcının odağında bulunan solar reaktöre aktarılıyor. Güneş radyasyonu yaklaşık 3000 kez yoğunlaştırılarak solar reaktörün içinde 1500°C'lik bir sıcaklık oluşturuyor. Solar reaktörün kalbinde seryum oksitten yapılmış seramik bir yapı bulunuyor. Bu yapı da iki aşamalı bir reaksiyon (redoks döngüsü) oluşmasını sağlayarak suyun ve CO₂'nin ayrışarak sentez gazı oluşturmaya imkân tanıyor. Bu hidrojen ve karbonmonoksit karışımı geleneksel metanol sentezi ya da Fischer-Tropsch sentezi yoluyla işleminden geçirilerek sıvı hidrokarbon yakıtlara dönüştürülebilir.

Kaynaklar

<https://www.epa.gov/greenvehicles/fast-facts-transportation-greenhouse-gas-emissions>

<https://www.bbc.com/news/science-environment-49349566>

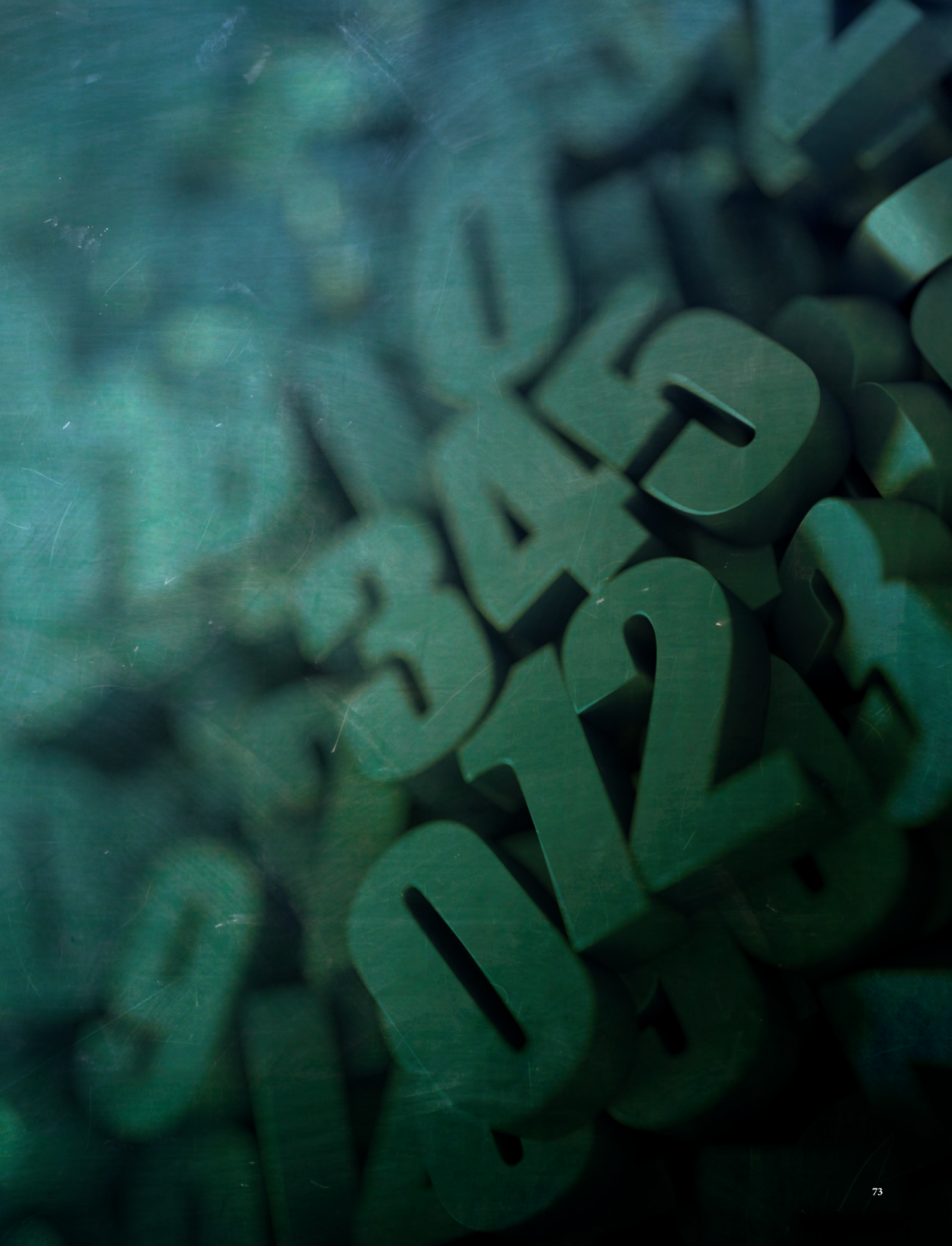
<https://www.sciencedaily.com/releases/2019/06/190613103146.htm>

Swain, F, The Other Solar Power, *Discover Magazine*, Temmuz/Ağustos, s.16-17, 2020

Kaç Tane Asal Sayı Var

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

Uzayın derinliklerinde düşünen yaratıklar varsa onlarla nasıl iletişime geçebiliriz, hiç düşündünüz mü? “Evrensel dil” olduğuna inandırıldığımız İngilizcenin aslında evrensel olmadığını ve uzaylı varlıkların tek kelime İngilizce bilmeyeceklerini tahmin etmek zor değil herhâlde.



Eğer ilk önce onlar bizi bulursa bizimle nasıl iletişime geçecekleri konusunu da önceden düşünüp çözmüş olacaklarından bizim buna şimdiden kafa yormamız gerekmez. Öte yandan bizim onların gezegenine değil gitmek, nerede olduklarını bulacak bir teknolojimiz dahi henüz olmadığı için yapabileceğimiz tek şey “Hey! Biz buradayız! Orada birileri var mı?” şeklinde bir mesajı uzaya gönderip cevap beklemek olacaktır.

Böyle bir mesaj, 1974 yılının 16 Kasım günü, Porto Riko’nun Arecibo radyo teleskobunun yenilenmesinin kutlandığı bir tören sırasında uzaya gönderildi. Bu mesaj üç dakika sürdü ve uzaya 1679 tane 1 ve 0 gönderildi. Mesajı yakalayabilecek teknolojiye sahip olan uzaylıların, hangi dili konuşuyor olurlarsa olsunlar, asal sayıları mutlaka keşfetmiş olacaklarını ve 1679’un her

ikisi de asal olan 23 ve 73 sayılarının çarpımı olduğunu hemen görececeklerini bekliyoruz. Mesajın tamamında bir anlam bulamayınca mesajın içindeki 1 ve 0’ları 23x73 ve 73x23 şeklinde bir tablo olarak dizeceklerini ve bu dizilimde düzenli bir şekil tespit edip bunu çözmeye çalışacaklarını umut ediyoruz.

Gönderilen mesajda Güneş Sistemimizin temsili bir şekli ve gezegenlerin hangisinden bu mesajın gönderildiği, ortalama bir insan boyu ve mesajı gönderen teleskobun teknik özellikleri gibi bilgilerin yanı sıra gezegenimizde hayatın temel taşı olan atom ve moleküller hakkında da bilgiler var.

Mesajın gönderildiği gün gökyüzünde en belirgin yıldız topluluğu M13 küresel yıldız kümesi olduğu için mesaj o yöne doğru gönderildi.

Arecibo radyo teleskobu



Mesajın yerine ulaşması 25 bin yıl sürecek. Eğer birkaç yılda mesajı çözüp bizim mesajı gönderdiğimiz yılki zekâ ve teknolojiğimizle anlayabileceğimiz bir cevap gönderirlerse bu cevabın bize ulaşması da 25 bin yıl sürecek. Yani elimize 51.974 yılından önce bir cevabın ulaşması söz konusu değil.

Elli bin yıl sonra dünyada hayat nasıl olacak? Bir kıyaslama yapmak için elli bin yıl önceye gidelim. Elli bin yıl önce Orta Asya'daki Denisova mağarasında yaşayan atalarımız kuş kemiğinden yapılmış bir dikiş iğnesi bırakmışlar bize. Yapılan kazılarda ortaya çıkan bu iğne, o dönem için beklenmedik bir teknoloji olarak algılanıyor.

Kuş kemiğinden yapılmış bir dikiş iğnesinden Arecibo radyo teleskobuna elli bin yılda geldiysek elli bin yıl sonra nerede olacağımızı hayal etmeyi bilim kurgu yazarlarına bırakıp ben bu yazımızın kahramanları olan asal sayılara döneceğim.

Sonsuz Tane Asal Sayı Var

Asal sayıların sonsuz tane olduğunu hepimiz biliriz. Bunu ilk kanıtlayanın kim olduğunu bilmiyoruz ama Öklid'in Elemanlar kitabındaki kanıt, ufak bir değişiklik- le, bugün herkesin gözü kapalı verdiği bir kanıttır. Bunun tersini yani asallar sonlu sayıda olduğunu düşünelim. Bu durumda bildiğimiz bütün asalları çarpıp ve bulduğumuz sonuca da bir eklersek elde edeceğimiz sayının bildiğimiz hiçbir asal tarafından bölünemediğini görürüz. Oysa ki her sayı bir asala bölünmeli. Bu çelişki bize asalların sonsuz olduğunu kanıtlar.

Ama Öklid'in özgün kanıtının bu olmadığını bilmeniz gerekir. Öklid der ki kaç tane asal sayı alırsanız alın, onların dışında mutlaka başka bir asal vardır. Kanıtı da yine yukarıdaki gibidir ama matematik dünyasında iddianın içeriğindeki ince farktan haberdar olmanız beklenir.

Öklid'in kanıtını sayılarla denemek istersek şöyle bir tabloyla karşılaşırız.

$$\begin{aligned} 2+1 &= 3 \\ 2 \times 3 + 1 &= 7 \\ 2 \times 3 \times 5 + 1 &= 31 \\ 2 \times 3 \times 5 \times 7 + 1 &= 211 \\ 2 \times 3 \times 5 \times 7 \times 11 + 1 &= 2311 \end{aligned}$$

Bu sayıların hepsi asaldır. Öyleyse neden Öklid baştan bize bunu söylemedi de lafı dolandırdı diye düşünebilirsiniz. Bunu anlamak için bir sonraki hesabı yapmanız gerekir.

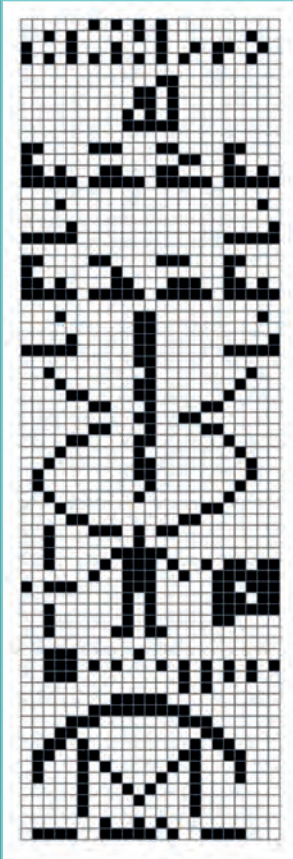
$$2 \times 3 \times 5 \times 7 \times 11 \times 13 + 1 = 30031 = 59 \times 509.$$

Yani Öklid haklı. Asalları çarpıp sonuca bir ekleyince her zaman asal sayı bulmuyoruz. Bu beklentinin bozulduğu ilk sayı da 13. Nümerolojiye meraklı olanlar bunu 13 sayısına yüklenen uğursuzluğun bir sonucu olarak yorumlayabilirler.



Donisova mağarasında bulunan elli bin yıllık dikiş iğnesi. Acaba elli bin yıl sonrasına bizden neler kalacak?

Arecibo mesajı. Mesaj 73 satır 23 kolon olarak açılıp 0 olan yerler beyaz, 1 olan yerler siyah gösterilince bu şekil ortaya çıkıyor.



Biraz da Yüksek Teknoloji

Asal sayılarla oynamaya başladığınızda bunların arasının açıldığını görürsünüz. Sık sık birbirine yakın asallara rastlasanız bile genellikle asal sayılar gittikçe seyredikleri izlenimini verirler. Gerçekten de biraz düşününce aralarında hiç asal sayı olmayan istediğiniz uzunlukta ardışık sayı bulabileceğinizi görürsünüz. Örneğin istediğiniz büyüklükte bir n sayısı seçin.

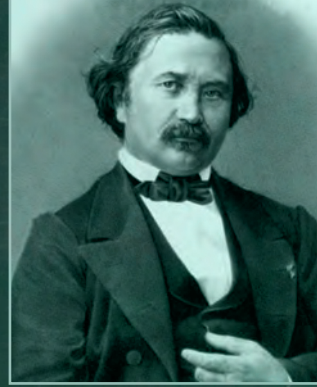
$$n!+2, n!+3, n!+4, \dots, n!+n$$

Bu sayıların hiçbirinin asal olmadığını görürsünüz; ilk sayı 2'ye, ikinci sayı 3'e vs. bölünür. Öte yandan n büyük bir sayıysa $n!$ çok daha büyüktür ve $n!$ civarındaki sayılar arasında $n-1$ tane ardışık sayının asal olmaması pek de çarpıcı olmaz. Hesaplayabildiğiniz kadar büyük asal sayılarla oynarken asalların seyrekleşmesine rağmen aralarının çok da fazla açılmadığını görürsünüz.

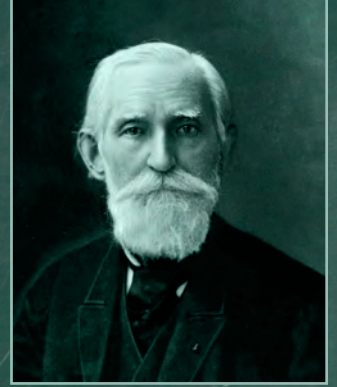
İlk aklınıza gelen tahmin, her n sayısı ile $2n$ sayısı arasında mutlaka bir asal olacağı yönünde olacaktır. Gerçekten de her denediğinizde n ile $2n$ arasında bir asal bulacaksınız.

Matematikte sık sık yaşayacağınız bir olguyla karşılaşmanız. Çok güzel bir sonuç buldunuz ama geç kaldınız. Eğer elinizi çabuk tutup bu gözlemi 1845'ten önce yapsaydınız bu sonuca sizin adınız verilebilirdi. Oysa Fransız matematikçisi Joseph Bertrand bu sonucu 1845 yılında buldu, üç milyona kadar olan asallar için doğruluğunu gösterdi ve bu sonucun tam kanıtının yapıldığını da ölmeden önce gördü -ama ne yazık ki kanıt kendisi bulamadı. Kanıt Rus matematikçi Chebyshev tarafından yapıldı. Bugün bu sonuca Bertrand-Chebyshev teoremi diyoruz.

Öklid'den yaklaşık iki bin yıl sonra kanıtlanan bu yüksek teknoloji ürünü teoremi kullanarak sonsuz tane asal olduğunu görmek artık çok kolay.



Joseph Bertrand (1822-1900)



Chebyshev (1821-1894)

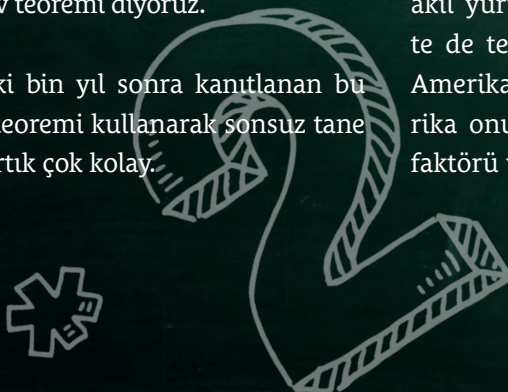
Asalları Saymaya Başlıyoruz

Asalların sonsuz olduğunu anladıktan sonra akla gelen ilginç sorulardan biri de verilen bir sayıya kadar kaç tane asal sayıya rastlayacağımızdır. Her seferinde böyle uzun uzun tarif etmek yerine matematikte bu çeşit kavramlara bir isim veririz. Asalları sayan fonksiyona da π adını veriyoruz. Böylece herhangi bir reel x sayısı için $\pi(x)$ bize x 'ten büyük olmayan kaç tane asal olduğunu söyleyecek. Örneğin $\pi(10)=4$ olur.

Tüm uğraşlarımıza rağmen bugün $\pi(x)$ için bir kapalı formülümüz yok. Böyle durumlarda asimptotik davranışı anlamaya çalışırız. Yani x gittikçe büyürken $\pi(x)$ ne şekilde büyüyor diye sorarız.

Bu kez bulacağımız sonucu kimseye kaptırmamak için iki yüz yıl kadar önceye gidelim ve $\pi(x)$ nasıl davranıyor diye düşünelim.

Keşifler hemen hemen hiçbir zaman düzenli bir akıl yürütmeye bulunmaz. Keşif yapmak matematikte de tehlikelerle dolu bir maceradır. Kristof Kolomb Amerika'yı bulmayı planlayarak yola çıkmamıştı. Amerika onun karşısına çıkmıştı. Elbette burada bir şans faktörü var ama şans da boş oturanları sevmez.



Biz de gözümüzü karartıp asalları nasıl sayacağımız konusunda, doğru olup olmadığını sonra kontrol etmek üzere fikir üretelim.

Bir n sayısı alalım. Birden n 'e kadar olan sayıların yarısı ikiye bölündüğüne göre onların arasından asal çıkmayacak. Bunları çıkarıp atalım. Kalanların üçte biri üçe bölüneceğine göre onların arasından da asal çıkmayacak, onları da çıkarıp atalım. Birden n 'e kadar kaç asal olacağını bize söyleyecek şöyle bir ifade bulduk.

$$n \prod_{\substack{p \leq n \\ p: \text{asal}}} \left(1 - \frac{1}{p}\right)$$

Bu çarpımı da sadeleştirmek istiyoruz. Matematikte bazen zor bir soruyu daha zor bir sorunun içine katıp çözmek daha kolaydır çünkü daha zor soru daha güçlü teknikler çağırıştırır ve problem kendiliğinden çözülür. Biz de burada

$$\left(1 - \frac{1}{p}\right) \text{ yerine } \frac{1}{\left(1 - \frac{1}{p}\right)}$$

ifadesini hesaplamaya çalışacağız ve meşhur geometrik dizi bağlantısı olan

$$\frac{1}{1-t} = 1 + t + t^2 + t^3 + \dots$$

eşitliğini kullanacağız. Yukarıdaki çarpımda yer alan her bir parantezi şimdi gösterdiğimiz gibi geometrik dizi olarak yazacak, bu dizileri de birbiriyle çarpınca şöyle bir şey bulacağız:

$$\frac{1}{\prod_{\substack{p \leq n \\ p: \text{asal}}} \left(1 - \frac{1}{p}\right)} \sim \sum_{k \leq n} \frac{1}{k}$$

Buradaki $\sim$ işaretini “yaklaşık olarak böyle davranıyor” diye okumak gerek ve yazdıklarımızı da fazla sorgulamamak gerek. Ne de olsa keşif yapmaya çalışıyoruz. Henüz bir iddiada bulunmadık.

Öte yandan $y=1/x$ eğrisinin altındaki alanın doğal logaritmayı verdiğini hatırlayarak yukarıdaki ifadenin sağındaki toplamın da yaklaşık olarak $\log n$ gibi davranacağını düşünelim.

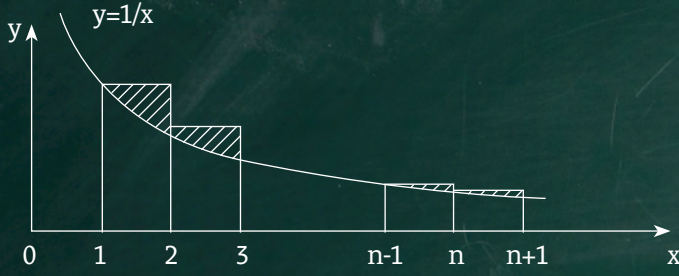
Şimdi bunları bir araya koyup ilk iddiamızı yazalım.

$$n \prod_{\substack{p \leq n \\ p: \text{asal}}} \left(1 - \frac{1}{p}\right) \sim \frac{n}{\log n}$$

Bu iddiamızı başkalarına göstermeden önce büyük sayılarla deneyelim. Denedikçe göreceğiz ki sol taraf her zaman sağ tarafın yarısı kadar oluyor. Asalları sayma işine bir süre ara verip önce bu tutarsızlık neden oldu diye araştıralım. O kadar sağlam akıl yürütmemize rağmen bir taraftan öbürüne geçerken elimizdeki sayıları ikiyle çarpıverdik. Hangi tarafa güneceğiz?

Her Hesapta Bir Euler Vardır

Matematikte bazı sayılar vardır ki matematik ve doğa hakkında sizi felsefi düşüncelere sevk eder. Bir-biriyle hiçbir ilgisi olmayan konularda hesap yaparken bu sabitlerden biri karşınıza çıkarır. Tam da matematiğin tatsız tuzsuz hesaplardan oluşan teknikler yumağı olduğunu düşünmeye başladığınız anda muazzam bir planın küçük bir parçasına şahitlik etmekte olduğunuz duygusu sarar sizi. İşte ilk kez Euler'in bulduğu ve bugün γ ile gösterilen sabit böyle esrarengiz bir sayıdır. Euler bu sayıyı ilk kez 1734 yılında hesapladı. Daha sonra İtalyan matematikçi Mascheroni de bu sayıya 1790 yılında rastladı ve ilk kez kendisinin bulduğunu düşünüp yayımladı. Bu sayı için γ (küçük harf gamma) sembolünün kullanılması ise çok daha sonra oldu. Muhtemelen $n!$ ifadesini reel sayılara genelleyen meşhur Γ (büyük harf gamma) fonksiyonuyla ilgili bir ifadede de ortaya çıktığı için bu sembol kullanılmış olabilir. Bu sabiti hesaplamak için önce $y=1/x$ eğrisi çizelim.



Sonra her bir tam sayı üzerine yüksekliği $1/x$ olan birer kutu çizelim. Bu kutuların alanlarından $y=1/x$ altındaki alanları çıkaralım. Yukarıdaki şekilde taralı alanlar kalan alanlardır ve bunların toplamı sabit bir sayıdır. Bu sayı γ ile gösterilir ve yaklaşık olarak $\frac{1}{2}$ civarında bir sayıdır. Tam olarak:

$\gamma = 0,57721\ 56649\ 01532\ 86060\ 65120\ 90082\ 40243\ 10421\ 59335\ 93992 \dots$

Asalları saymaya çalışıyorduk, şimdi nereden çıktı bu Euler sabiti dediğinizi duyar gibiyim. Unutmayın ki son derece makul hesaplar yapıp iki farklı ifadenin birbiriyle aynı davrandığını düşünmüştük ama her hesapladığımızda bunlardan birinin diğerinin iki katı olduğunu görmüştük. İşte o noktada işi gücü bırakıp bu farkın nereden kaynaklandığını aramaya karar vermiştik. Unutmayın ki Kristof Kolomb da Hindistan'ı bulacağını diye yola çıkıp Amerika'yı bulmuştu. Belki bizi de yeni bir keşif bekliyordur.

Aslında elimizi çabuk tutsaydık ve 1874'ten önceki bir tarihe gidip çok çalışsaydık yukarıdaki tutarsızlığın asıl nedenini bulabilecektik. Bunu Polonyalı matematikçi Franz Mertens buldu. Bugün Mertens'in üçüncü teoremi diye bilinen sonuç şöyle ifade edilebilir.

$$\prod_{\substack{p \leq n \\ p: \text{asal}}} \left(1 - \frac{1}{p}\right) \sim \frac{e^{-\gamma}}{\log n}$$

Burada $e^{-\gamma} = 0,561\dots$ olduğundan tam da bizim gözlemlediğimiz farkı açıklar.

Bu arada unutmadan ekleyeyim: Euler-Mascheroni sabitinin rasyonel bir sayı olup olmadığı henüz bilinmiyor. İsterseniz bu yazıyı okumayı burada bırakıp bu problem üzerine düşünmeye başlayabilirsiniz.

Asalları Saymaya Devam Edelim

Demek ki elimizde asalları sayan π fonksiyonu için, biri diğerinin yaklaşık iki katı olan iki aday var. Bunlardan birini seçmek için yine deney yapacağız. Büyük n sayıları için $\pi(n)$ sayısını hesapladığımızda çarpımlı ifademizin hep iki katına eşit bir sayı bulduğumuzu görüp onu atıyoruz.

Aslında Adrien-Marie Legendre'den önce yaşasaydık bu tahminimizle tarihe geçebilirdik. Ama Legendre bizden önce bu gözlemleri yapmış ve

$$\pi(x) \sim \frac{x}{\log x}$$

olacağını öne sürmüştü. Aslında Legendre paydadaki $\log x$ değerini büyük bulup bundan bir sayı çıkarılması gerektiğini düşünmüştü ama şimdi teknik ayrıntılara girmeyelim yoksa dergi editörleri bize kızar.

Diğer taraftan, Legendre'ye atfettiğimiz $\pi(x)$ ile ilgili bu iddiaya açıklık kazandırmak gerekir. Asalların sayısı $x/\log x$ arasındaki fark gittikçe açılır ama bu farkın x 'e oranı gittikçe küçülür. Asimptotik davranış dediğimiz budur. Wikipedia'dan aldığımız bu tabloda sayılar büyüdükçe $\pi(x)$ ile $x/\log x$ arasındaki oranın 1'e yaklaştığı ama aradaki farkın yine de sayı olarak çok büyük olduğu görülüyor.

x	$\pi(x)$	$\pi(x) - x/\log x$	$\pi(x)/x / \log x$
102	25	3,3	1,151
103	168	23	1,161
104	1229	143	1,132
105	9592	906	1,104
106	78.498	6116	1,084
107	664.579	44.158	1,071
108	5.761.455	332.774	1,061
109	50.847.534	2.592.592	1,054
1010	455.052.511	20.758.029	1,048
1011	4.118.054.813	169.923.159	1,043
1012	37.607.912.018	1.416.705.193	1,039
1013	346.065.536.839	11.992.858.452	1,034
1014	3.204.941.750.802	102.838.308.636	1,033
1015	29.844.570.422.669	891.604.962.452	1,031
1016	279.238.341.033.925	7.804.289.844.393	1,029
1017	2.623.557.157.654.233	68.883.734.693.281	1,027
1018	24.739.954.287.740.860	612.483.070.893.536	1,025
1019	234.057.667.276.344.607	5.481.624.169.369.960	1,024
1020	2.220.819.602.560.918.840	49.347.193.044.659.701	1,023
1021	21.127.269.486.018.731.928	446.579.871.578.168.707	1,022
1022	201.467.286.689.315.906.290	4.060.704.006.019.620.994	1,021
1023	1.925.320.391.606.803.968.923	37.083.513.766.578.631.309	1,020
1024	18.435.599.767.349.200.867.866	339.996.354.713.708.049.069	1,019
1025	176.846.309.399.143.769.411.680	3.128.516.637.843.038.351.228	1,018

Adrien-Marie Legendre matematik tarihinin efsane matematikçilerinden biridir. Yıllarca Legendre deyince gözümüzün önüne ciddi suratlı bir on sekizinci yüzyıl Fransız beyefendisinin fotoğrafı gelirdi. Tüm kitaplarda bu resim kullanılırdı. Yakın zamanda bu resmin aslın-



Adrien-Marie Legendre'nin (1752-1833) suluboya portresi

da aynı soyadı taşıyan, aynı dönemde yaşamış ve Adrien-Marie Legendre ile hiçbir aile bağı olmayan bir Fransız politikacısına ait olduğu öğrenildi. Bizim matematikçi Legendre'nin ise henüz bir fotoğrafı bulunamadı ama yaşadığı dönemde çizilmiş bir portresi bulundu.

Gauss Olmadan Matematik Yazısı Olmaz



Sayılarla ilgili bir konu olacak da Gauss o konuda derin bir çalışma yapmamış olacak. İşte bu mümkün değil!

Gauss asalların sayısı ile ilgili bu problemle kendi ifadesine göre 15 yaşında ilgilenmiş. Biz asalların sayısını $x/\log x$ olarak yakalayabileceğimizi görmüştük. Gauss bu gözlemi yapınca bir sayının asal olma ihtimalinin yaklaşık $1/\log x$ olacağı yorumunu yapıp bu ihtimalleri toplamayı düşünmüş. Bu durumda integral hesabı yapılmalı. Gauss'un bulduğu tahmin de literatürde $Li(x)$ olarak anılan integralle hesaplanıyor. Yani Gauss'un asal sayılar hakkındaki tahmini şöyledir:

$$\pi(x) \sim Li(x) = \int_2^x \frac{dt}{\log t}$$

Burada yine $\pi(x)$ ile $Li(x)$ arasındaki farkı kontrol edemiyoruz ama x büyüdükçe bu farkın x 'e oranı sıfıra yaklaşır.

Asalların sayısının $n/\log n$ ifadesinden büyük olacağını biliyoruz. Her hesap yaptığımızda $Li(n)$ ifadesinin $\pi(n)$ 'den büyük olduğunu görürüz. Hatta Hint matematikçi Srinivasa Aiyangar Ramanujan da bunun hep böyle olacağını iddia etmişti. Ama $Li(x) - \pi(x)$ ifadesi sonsuz defa işaret değiştirir ve ilk kez $L(x)$ 'in $\pi(x)$ 'den küçük olacağı tahmin edilen sayı evrende var olduğu tahmin edilen atomların sayısından kıyaslanamayacak kadar büyüktür.

Bazen insan matematik yaparken içinin ürperdiğini hissediyor.

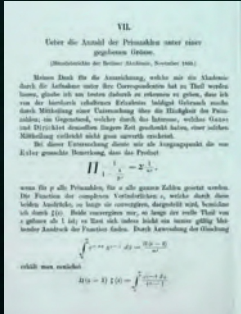
Bize Kanıt Gerek

Hep batıya gidilirse doğuya varılacağı, Atlantik Okyanusu'nun öbür ucunun Hindistan sahilleri olduğu gibi varsayımlar hep yapılmıştı. Bu iddiaları desteklemek için çeşitli akıl yürütmeler de vardı. Ama sonunda birilerinin gemiye atlayıp bu iddiaların doğruluğunu kontrol etmesi gerekiyordu. Kristof Kolomb ve Ferdinand Magellan işte bu iddiaların ne derece doğru olduğunu hayatlarını tehlikeye atarak kontrol eden insanlardı.

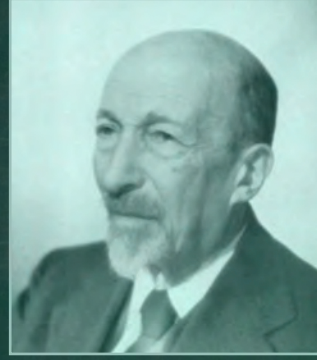
Matematikte bir iddianın doğruluğunu kontrol etmek ya da o iddiayı kanıtlamaya çalışmak çoğu zaman hayati bir tehlike doğurmaz.

Asalları sayan $\pi(x)$ fonksiyonunun asimptotik davranışını kanıtlamak için yapılan ilk ve en önemli çalışma yine Bernhard Riemann'a aittir. Sayılar kuramı üzerine yazdığı tek makalede zeta fonksiyonunun sıfırlarıyla asalların dağılımı arasında bir bağ kurmuş ve eğer zeta fonksiyonunun sıfırları belli bir davranış gösterirse asalları sayan $\pi(x)$ fonksiyonunun da asimptotik olarak $x/\log x$ gibi davranacağını göstermiştir.

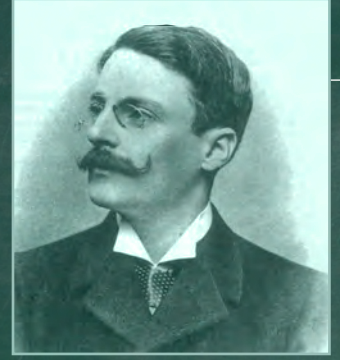
Riemann, zeta fonksiyonunun sıfırlarıyla ilgili bu iddiasını kanıtlamadığı için asal sayıların dağılımıyla ilgili iddiası da kanıtlanmış olmuyordu.



Asal sayı teoremi denilen iddianın, yani $\pi(x)$ fonksiyonunun $x/\log x$ veya $Li(x)$ gibi davranışının kanıtlandığını görmek için 1896 yılını beklemek gerekti. O yıl Jacques Hadamard ve Charles de la Vallée Poussin birbirlerinden habersiz iki kanıt



Jacques Hadamard (1865-1963)



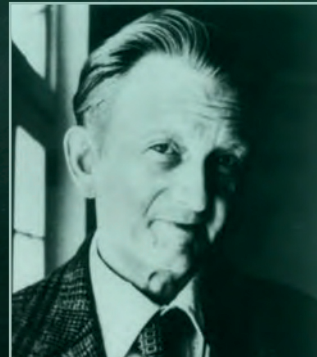
Vallée Poussin (1866-1962)

yayımladılar. Bunlar, Riemann'ın açtığı yoldan ilerleyen ve zeta fonksiyonunun özelliklerini kullanarak yapılan kanıtlardı.

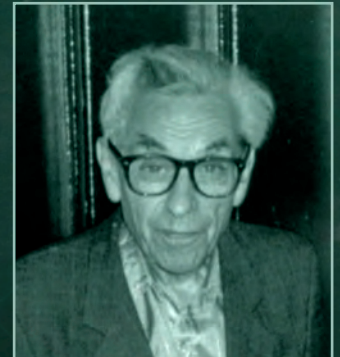
Karmaşık analiz kullanmadan asal sayı teoreminin kanıtının olamayacağı düşünülüyordu çünkü var olan kanıtlar hep zeta fonksiyonunun özelliklerini kullanıyordu.

Bu kanının yanlış olduğu 1949 yılında yine iki ayrı yayımla gösterildi. Aynı yıl içinde Paul Erdős ve Atle Selberg asal sayı teoreminin yalın kanıtlarını yayımladılar. Bu makaleler çıkmadan önce ve sonrasında, fikirlerin kime ait olduğu konusunda sert tartışmalar yaşadılar. Ama makalelerinde ikisi de birbirine referans verip işi tatlıya bağlamaya çalıştılar.

Matematik dünyası bu tartışmalara pek önem vermedi. Selberg 1950'de Fields Madalyası'nı, Erdős de 1952'de Cole Ödülü'nü aldı.



Atle Selberg (1917-2007)



Paul Erdős (1913-1996)

Riemann'ın zeta fonksiyonunun davranışlarıyla asal sayıların dağılımını ilişkilendirdiği makalesi. Bu makaledeki zeta fonksiyonun sıfırlarının yeri konusundaki ispatlanmadığı iddiası çağımızın en önemli çözülmemiş matematik problemlerinden biridir.

Cole Ödülü Deyince

Şu ana kadar asal sayılar hakkındaki çalışmaları hep yabancı adlar altında anlattık. Sizlerin de artık “onlar yapar, biz okuruz” duygusuna kapılmak üzere olduğunuzu hissettiğim için asallardan ikiz asallara geçmek istiyorum. Aralarındaki fark 2 olan asallara ikiz asallar denir. Örneğin 17 ve 19 ikiz asallardır. Bu çeşit ikiz asal çiftlerinden sonsuz tane olduğu sanılıyor.



Cem Yalçın Yıldırım (1961-)

Bu konuda temel çalışmaları yapan ekibin içinde yer alan Yalçın Yıldırım da takım arkadaşlarıyla birlikte 2014’te Cole Ödülü’nü aldı.

Aralarındaki fark 2 olan asal çiftlerinden sonsuz tane olup olmadığı henüz bilinmiyor. Şimdilik

bildiğimiz şey, aralarındaki fark en fazla 246 olan asal çiftlerden sonsuz tane olduğu. Bu sayıyı 2’ye indirerek Yalçın Yıldırım’ın açtığı yoldan yürüyen bir sonraki matematikçimiz siz olabilirsiniz!



Kaynaklar

- J. Hadamard, Sur la distribution des zéros de la fonction zeta (ζ) et ses conséquences arithmétiques, *Bulletin de la Société Mathématique de France*, Vol. 24, pp. 199–220, 1896.
- Valle Poussin, Recherches analytiques de la théorie des nombres premiers, *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles*, Vol. 20 B, 1896.
- D. J. Newman, Simple analytic proof of the prime number theorem” (PDF). *American Mathematical Monthly*. 87 (9), pp.693–696, 1980.
- D. Goldfeld, The elementary proof of the prime number theorem: an historical perspective. *Number theory* (New York, 2003), 179–192, Springer, New York, 2004.
- H. M. Edwards, Riemann’s zeta Function, Dover yayınları ,1974.
- Sayılar Kuramı Cole Ödülü alanların listesi: http://www.ams.org/prizes-awards/pabrowse.cgi?parent_id=15
- P. Duren, Changing Faces: The mistaken portrait of Legendre, *Notices of the American Mathematical Society*, 56 (11), pp. 1440-1443, 2009.

Uzaydan Mesaj Var

Uzaya 1974’de gönderdiğimiz mesajın cevabını beklemekten sıkılan ve uzaya o ilk mesajın gönderilmesinde de fikir babalığı yapan Carl Sagan, 1985’te uzaydan mesaj aldığımızı anlatan bir roman yazdı. Bu roman 1997’de Robert Zemeckis yönetiminde Contact (Mesaj) adıyla beyaz perdeye aktarıldı. 51.974 yılına kadar beklemeye sabrı olmayanlar Jodie Foster’ın uzaydan 2 ile 101 arasındaki asal sayıları içeren bir mesajı alışı seyredip teselli bulabilirler.



Mesaj filminde Jodie Foster, Arecibo gözlemevinde çalışan bilim insanı Dr. Ellie Arroway’i canlandırdı.



Şili’deki Atacama Çölü’nde uzayı dinleyen teleskoplar

Bir gün radarlarımız uzaydan ısrarla tekrarlanan ve asal sayılardan oluşan bir mesaj yakalarsa bu mesajları gönderenler hakkında ne düşüneceğiz? Onlar $\pi(x)$ ’in asimptotik davranışının $x/\log x$ olduğunu biliyorlar mıdır, yoksa $\pi(x)$ için mükemmel bir formülleri var mıdır? Ne dersiniz? ■

Doğa Fauna

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

Amerika Kıtasının Vahşi Kedisi Puma

Amerika kıtasının hem güney hem de kuzeyinde, çok geniş bir alanda yayılım gösteren vahşi bir kedi yaşar: Puma.

Dağ aslanı olarak da bilinen pumalar Kanada'nın kuzeyinden Patagonya'nın en güneyine kadar olan bölgede, ormanlar, çayırlıklar, çöller ve bataklıklar gibi çok farklı habitatlarda yaşar. 4500 metre gibi çok yüksek rakımlı yerlerde de bulunabilirler.

Erkekler 180 - 240 cm, dişiler ortalama 150 - 210 cm uzunluğunda olur. Pumaların sarımsı kahverengi, gümüş gri ve kırmızımsı kahverengi arasında değişen renkte kürkleri vardır. Karın bölgesi açık renkli olur. Geyik, koyun, kapibara, armadillo, rakun, yabani tavşan ve sincap gibi hayvanları avlarlar. Şili Patagonyası'nda guanakoları da avlarlar. Genellikle geceleyin aktiftirler. Gündüz de görülebilirler. Pumaların 5 metreden yükseğe, 10 metreden de uzağa sıçrayabildikleri biliniyor.



Düşünme Kulesi

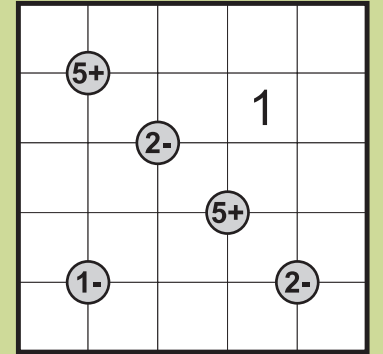
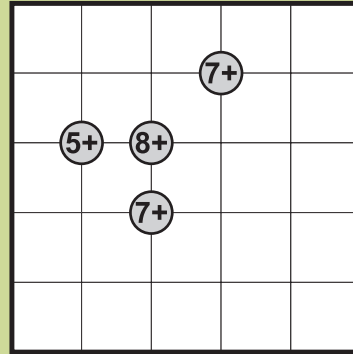
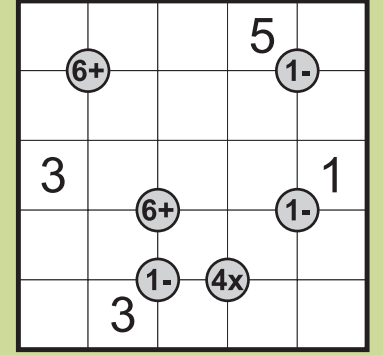
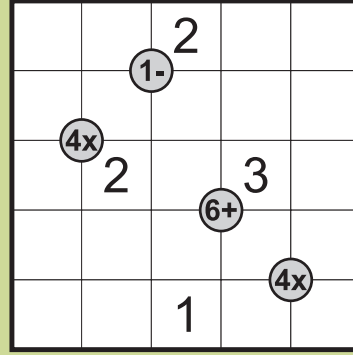
Ferhat Çalapkulu [dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr]

Ayın Oyunu: Matraks

Matraks Oyununun Kuralları

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

Çemberlerdeki ipuçları
çevrelerindeki çapraz rakam
çiftler arasındaki bağlantıyı
göstermektedir.



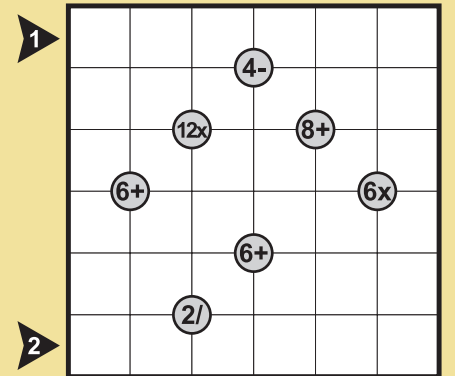
Matraks - Örnek Çözüm

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

Ödüllü soru

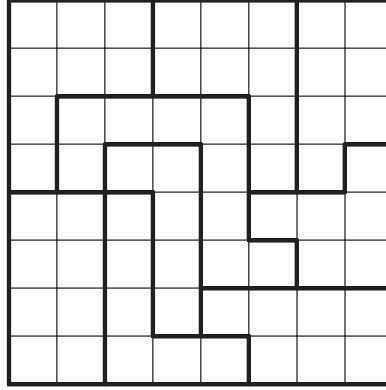
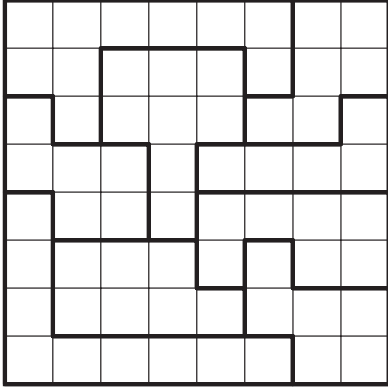
▼ Matraks sorusunu çözüp ok doğrultusundaki içeriği yazarak, ad, soyad ve adres bilgileri ile birlikte dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr adresine gönderenler arasından çekilişle belirlenecek 10 kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları tarafından yayımlanmış *İki Kültür* başlıklı kitap hediye edilecek. Çekiliş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

www.bilimteknik.tubitak.gov.tr

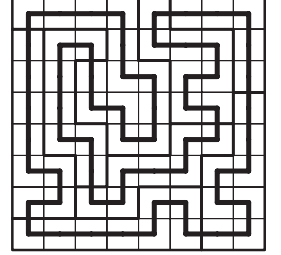


Ok doğrultusundaki içeriği yazın.
Örnek çözümün ilk satırı 34251 şeklinde yazılmalıdır.

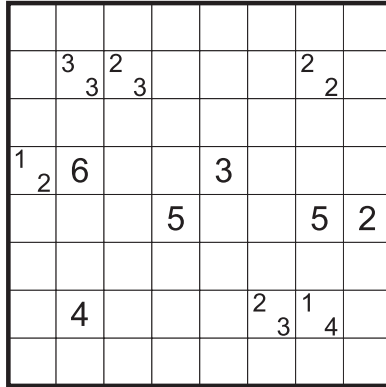
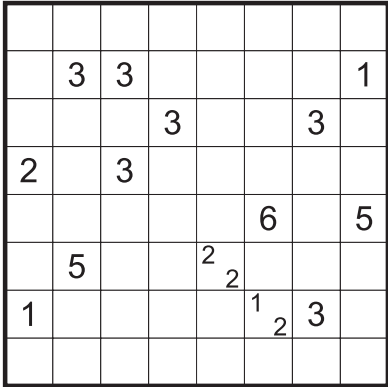
Giriş Çıkış: Tüm karelerden yatay veya dikey ilerleyerek geçen ve kendisini kesmeyen kapalı tek bir yol çizin. Kalın çizgilerle belirtilmiş bir bölgeye girdiğinizde, çıkmadan önce o bölgedeki tüm karelerden geçmelisiniz.



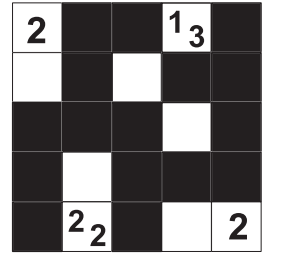
Giriş Çıkış
Örnek Çözüm



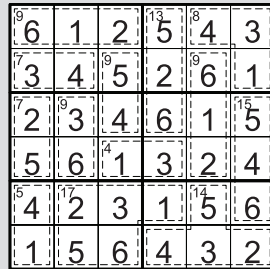
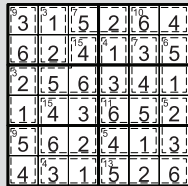
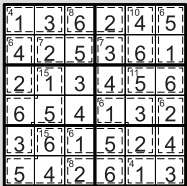
Tapa: Bazı hücreleri karalayarak tek bir duvar elde edin. Sayı içeren hücreler karalanamaz. Hücrelerin içindeki sayılar komşu hücrelerdeki karalanmış hücrelerin sayısını gösterir. Bir hücrede birden fazla sayı varsa, komşularında karalanmış blokların arasında en az bir tane beyaz hücre olmalıdır. Diyagramda 2x2 ya da daha büyük karalanmış hücre bulunamaz.



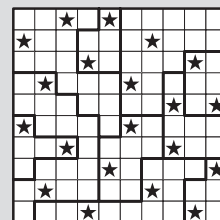
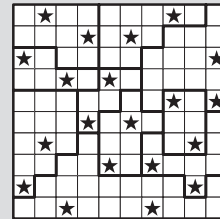
Tapa
Örnek Çözüm



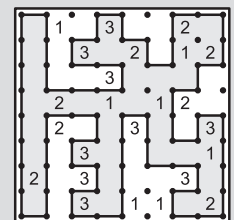
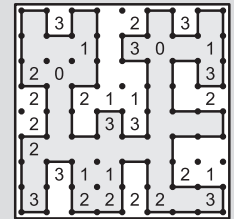
Geçen Sayının Çözümleri



Ödüllü Soru:
Toplamli Sudoku



Yıldız Savaşları



Çit

Toplamli Sudoku

Satranç

Kıvanç Çefle [bitsatranc@tubitak.gov.tr]

Bir Satranç Etütçüsü Olarak Jan Timman

Hollandalı GM Jan Timman 1970-1990 yılları arasında dünyanın en güçlü oyuncular arasında yer alıyordu. Satranç dünyasında Sovyet üstünlüğünün egemen olduğu o yıllarda, “Batının En İyisi” (Best of the West) lakabıyla ün salmıştı.

1951 doğumlu Timman’ın satranç yeteneği erken yaşlarda kendini göstermişti. 1967’de, henüz on beş yaşında iken, Dünya Gençler Şampiyonası’nda ülkesine üçüncülük getirdi. 1974’te Max Euwe ve Jan Hein



Lennart Ootes

Jan Timman

Donner’dan sonra GM unvanını elde eden üçüncü Hollandalı oldu. Başarıları birbirini takip etti, 1982’de artık Anatoli Karpov’dan sonra dünyanın iki numarasıydı. Dokuz kere Hollanda Şampiyonu olduğunu da belirtelim. Bu parlak kariyere rağmen, dünya satranç şampiyonu ile unvan maçını yapacak oyuncuyu belirlemek amacıyla düzenlenen Adaylar Turnuvası’na birçok kez katıldıysa da şans bir türlü yüzüne gülmedi. Eline geçen en büyük fırsat, Anatoli Karpov ile 1993 yılında yaptığı FIDE Dünya Satranç Şampiyonluğu unvan maçıydı. Ancak burada da 12,5-8,5 skorla yenildi. Sonuçta, David Bronstein, Paul Keres ve Viktor Korchnoi gibi “taçsız kral” olarak satranç tarihinde yerini aldı.

Timman’ın belki pek fazla bilinmeyen bir özelliği çok iyi bir satranç etütçüsü olmasıdır. O da tıpkı Richard Reti, Paul

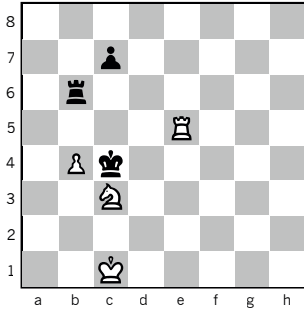
Benko ve Vasily Smyslov gibi hem oyuncu hem de etütçü olarak satranç tarihinde yerini aldı. 2011 yılında yazdığı *The Art of the Endgame* (Oyunsonu Sanatı) başlıklı kitapta yalnızca etütler bulunuyor ve bu kitap şimdiden alanın klasikleri arasında sayılıyor. Timman kitabında satranç etütlerini “mücadele elementinin olmadığı, geriye yalnızca bilimsel ve artistik unsurların kaldığı” bir etkinlik olarak niteliyor. Edindiği ilk oyun sonu kitabında gördüğü Kubbel ve Troitzky’nin etütleri onu âdeta büyülemiş, “bunların sonsuzluk için yaratıldığı” hissine kapılmıştı. Bu derin hayranlık etkisini çok geçmeden gösterdi ve Timman ilk etütlerini 1970’li yıllarda kurmaya başladı. Timman bugün hâlâ etüt kurmaya devam ediyor ve kurgularıyla sık sık ödüller alıyor.

Bu yazımızda onun yapıtlarından birkaç örnek sunacağız.



Diyagram 1

Schaakwerk, 1983



Beyaz oynar ve kazanır.

Beyazın alet üstünlüğü olsa da kazanabilmesi piyonunu koruyabilmesine bağlı:

1. Aa2

Şimdi siyahın önünde iki yol var:

A) 1...Şb3

2. Şb1

2. Ke2? Kh6 3. Kb2+ Şa3 4. Şb1 Kh1+ 5. Ac1 c6 ve beraberlik.

2...Kh6

3. Ke3+ Şa4

4. Ke7!

4. Kc3? Kh1+ 5. Şb2 Kh2+ 6. Kc2 ve siyah sıkıntısız bir şekilde kaleleri değişir. Dikkate değer bir deneme 4. Şb2!? olabilirdi. Çünkü 4...Kh2+ 5. Şc3 Kxa2 6. Ke5 dizisinden sonra siyah kalesinden vazgeçmeden a5'teki matı

önleyemezdi. Ancak siyahın kurtarıcı bir hamlesi var: 5...c5! 6. bxc5 Şb5!

Şimdi beyaz ya atını ya da piyonu kaybeder. Beraberlik.

4...Kh1+

4...Şb3 5. Kxc7 Kh1+ 6. Kc1 Kxc1+ 7. Şxc1 ve beyaz kazanır.

5. Şb2 Kh2+

6. Şc3 c5

7. Ka7+ Şb5 8. Ka5+ Şb6 beklentisiyle. Ama beyaz kalesinin kuvvetli konumundan daha farklı bir şekilde yararlanıyor:

7. Şc4!

Bir hamlede mat tehdidiyle. Şimdi 7...

Kh4+ 8. Şxc5+ ve 7...Kc2+ 8. Ac3+

devam yollarının ikisi de beyaza rahatça oyunu kazandırır.

Gelelim diğer devam yoluna:

B) 1...Kb5

Siyah olabildiğince çabuk ...c7-c5 oynamak istiyor.

2. Ke3!

Yalnızca bu hamle kazandırır. 2. Ke7 de bir işe yaramaz: 2...c5 3. Kc7 Şd4 ve beraberlik.

2...c5

Piyonların değişimi tehdidine karşı beyaz ne yapabilir?

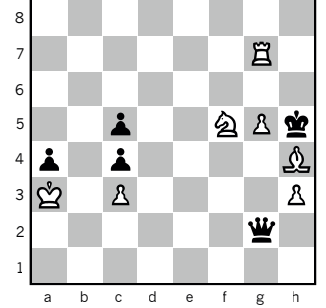
3. Ac3!! Kxb4

4. Şc2!

Ve sonraki hamlede mat önlenemez.

Diyagram 2

World Chess Composition Tourney, 2004



Beyaz oynar ve kazanır.

Beyaz materyal olarak üstün

gözükmekle birlikte siyah

her an ...Vb3 mat tehdidiyle ...Vc2

oynayabilir. Beyaz 1. Şxa4 oynarsa

1...Vc2+ ve arkasından

2...Vxf6 var.

1. Ag3+ Şxh4

1...Vxg3 2. Kh7+ ve kazanır. Eğer

aceleyle 2. Fxg3 oynarsa oyun pat olur!

2. Af5+ Şh5

Başa döndük. Şu farkla ki h4'teki fil artık yok.

3. Kh7+ Şxg5

4. Kg7+ Şh5

İkinci kez başlangıç durumuna

dönüyoruz. Bu kez beyazın g5

piyonu tahtayı terketti.

Artık beyaz başından beri

kafasında olan planı uygulayabilir:

5. h4!!

Şimdi siyah 5...Vc2 oynamayı

düşünemez çünkü 6. Kg5 mat var.

Bu arada beyaz tuzağa düşmüyor: 5.

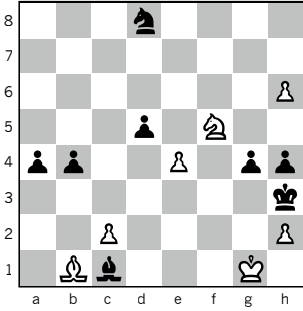
Kxg2 pat!

5...Vg1

6. Kg5+ ve kazanır.

Diyagram 3

2009



Beyaz oynar, kazanır.

1. h7 Fb2

1...Af7? 2. e5 ve kazanır.

2. c3! Fxc3

3. e5! Fxe5

Beyaz iki piyonunu da arka arkaya feda etti. Çünkü biraz sonra göreceğimiz gibi fili için b1-h7 çaprazını açık tutması gerekiyor.

4. h8=V! Fxh8

5. Ag7!

f5 karesini file açmak için. At eğer g7 harici bir kareye oynarsa (5. Ad6 gibi) siyah 5...Fe5! oynar ve sonra da h2'deki piyonu alır.

5...Fgx7

6. Fd3

7. Ff1 mat tehdidiyle.

6...Fd4+

7. Şh1 g3

8. Ff5 mat!

Ayın Soruları

Bu ay size iki sorumuz var. Biri Jan Timman'ın bir etüdü. Diğeri de yakın zamanlarda önemli bir turnuvada birincilik kazanmış bir problem.

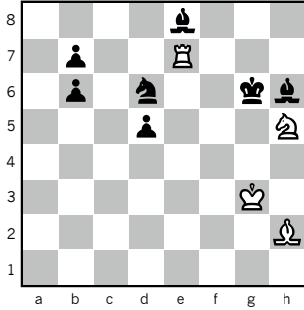
Diyagram 4

Jan Timman

Herbstman Anı Turnuvası,

1984

Dördüncü Şeref Mansiyonu



Beyaz oynar, kazanır.

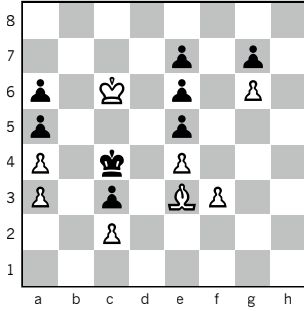
Diyagram 5

Wilfried Neef

Rimkus 75. Yaş Turnuvası,

2017

Birincilik Ödülü



Beyaz oynar,

on bir hamlede mat eder.

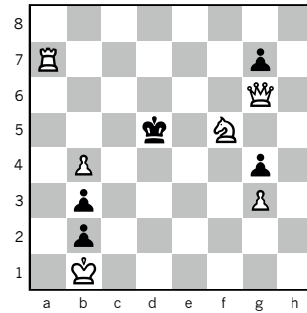
Bu problem için bir de ipucu verelim. Beyazın planı 1. Fa7 ~ 2. Şb6 Şd4 3. Şxa6+ Şc4 4. Şb6 Şd4 5. Şb5 mat hamle dizisi. Ancak ne yazık ki 1. Fa7 hamlesi ile oyun hemen pat olur. Ama yine de buradan ne yapmamız gerektiği ortaya çıkıyor: Bir hazırlık manevrası ile siyahın a5 piyonunu aldıktan sonra 1. Fa7 oynamak.

Geçen Ay Sorulan Problemlerin Çözümleri

Size geçen ay "Bulmaca Amca" lakabıyla tanınmış Alman kurgucu Fritz Giegold'un üç problemini sormuştuk. İşte çözümleri:

Diyagram 6

Die Welt, 1961



Beyaz oynar, üç hamlede mat eder.

Çözüm:

1.Ka3!

Yine sürpriz bir anahtar hamle. Bu ölü noktada kalenin ne işi var?

a) 1...Şc4 2. Vc6+ 2...Şxb4 3. Ka4 mat; 2...Şd3 3. Vc2 mat!

İşte yukarıdaki sorunun cevabı...

b) 1...Şe5 2.Vc6~ 3. Ka5 mat

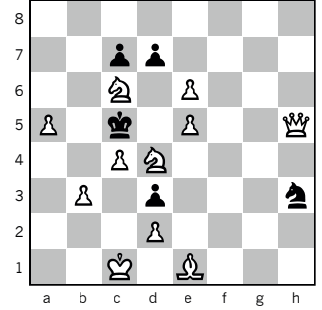
c) 1...Şe4 2. Vc6+ 2...Şe5 3. Ka5 mat 2...Şxf5 3. Ka5 mat; 2...Şd3 3. Vc2 mat

Diyagram 7

Landeszeitung für die

Lüneburger Heide,

1972



Beyaz oynar, üç hamlede mat eder.

Çözüm:

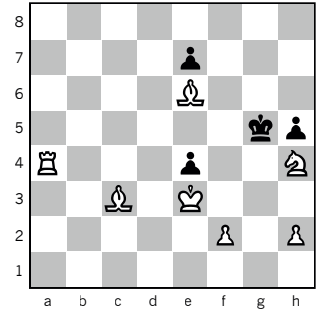
1. Vd1! (tehdit 2. b4+ Şxc4 3. Vb3 mat!)

1...dxc6 2.Ac2 dxc2 3. d4 mat!; 2...A~ 3. Ff2 mat!

Diyagram 8

Deutsche Schachblätter, 1952

İkincilik ödülü



Beyaz oynar, üç hamlede mat eder.

Çözüm:

1. Fd4!

a) 1...Şxh4 2. f4 e4xf3 e.p.

3. Ff6 mat!

b) 1...Şh6 2. Ka5 Şh7 3. Kh5 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:

Kıtlık



**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).

Satranç Tahtasındaki Özel Altın Sikke



(Matematik)

Haramiler tarafından mağarada alıkonan Ali Baba'nın kurtulması için mağaranın sihirli kapısını açması gerekiyor. Mağaranın kapısının önünde 25×25 boyutlarında bir sihirli satranç tahtası ve bu satranç tahtasının her bir birim karesinde de birer altın sikke bulunuyor. Haramiler Ali Baba'ya satranç tahtası üzerindeki 625 altın sikkenin hepsinin birbirine benzediğini fakat bir tanesinin özel olduğunu ve mağaranın kapısının açılması için Ali Baba'nın bu özel sikkeye iki kez dokunması gerektiğini söylediler. Ali Baba özel altın sikkeye ilk kez dokunduktan hemen sonra özel sikkenin bulunduğu birim kareyle ortak kenar paylaşan birim karelerden birindeki altın sikke ile kendiliğinden yer değiştireceğini de biliyor. Bununla birlikte Ali Baba sikkenin özel olup olmadığını dokunarak anlayamaz. Doğal olarak Ali Baba özel sikkenin ilk dokunuştan sonra hangi komşu birim kareye geçeceğini de bilmiyor.

Ali Baba özel sikkeye ikinci kez dokunduğu an mağaranın kapıları açılacaktır. Kurallara göre, süreç başladıktan sonra Ali Baba her saat sonunda bu altın sikkelerden sadece bir tanesine dokunabilir.

Ali Baba en az kaç saatte mağaradan kurtulmayı
garantileyebilir?

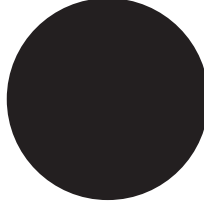


Gökyüzü

Prof. Dr. Faruk Soyduğan

[fsoyduğan@comu.edu.tr]

16 Ekim
Yeniay



23 Ekim
İlkdördün



02 Ekim
Dolunay



10 Ekim
Sondördün



Gökyüzünde Yapay Işıklar: Işık Kirliliği

Köylerde doğup büyüyen günümüzün yetişkinleri, gece gök kubbede ortaya çıkan muhteşem görüntüye şahit oldukları zamanları özlemle hatırlarlar. Çok sayıda yıldızla beraber gökadamızın yoğun yıldız alanlarının (spiral kollarının parçaları) bulutsu görünümü, şehirlerde yaşayan çoğunluğumuzun izlemeye hasret kaldığı görüntülerdir. Günümüz çocukları ve gençlerinin önemli bölümü ise, eğer özel bir programla şehirden kilometrelerce uzakta bir karanlık alana gitmezlerse, gökyüzünde çıplak gözle bu kadar yıldız görülebileceğinin farkında bile olmadan yaşamaya devam ederler.

Çoğumuz gök kubbede her gece sergilenen nefes kesici ışık gösterisini kaçırıyoruz. Evren tüm ihtişamıyla her gece gösterisini sunmaya devam ediyor ancak yapay ışıklar bu gösteriyi zayıflatıyor ve çoğu zaman izlenemez hâle getiriyor. Âdeta gökyüzünü yıkayan bu yapay ve çoğu zaman gereksiz ışıklar, sadece gökbilim sevdalılarına engel olmuyor, aynı zamanda sanatçıların ilham alanlarına da perde çekiyor.

Şu anda dünya nüfusunun yarısından fazlası şehirlerde yaşarken, şe-

hirlerdeki her dört kişiden üçü bırak ve karanlık gökyüzünü görme fırsatı bulamadan hayatını sürdürüyor. Peki, bizi bu güzellikten mahrum bırakan yapay aydınlanmanın birçok açıdan sorunlar da üretebileceğinin farkında olmak için neler yapılabilir? Gök kubbeyi ve evrenin elemanlarını gözlemekten uzak kalmamızın dışında, enerji tasarrufu, sağlık, ekosistem ve güvenlik gibi çok farklı alanlarda da olumsuz etkileri olan ışık kirliliği nedir?

Işık kirliliği ışığın yanlış yönde, yanlış zamanda ve yanlış miktarda canlılara rahatsız edici şekilde kullanılmasıdır. Bu yazımızda ışık kirliliğinin astronomik gözlemlere olan etkilerine ayrıntılı bakacağız. Bu nedenle, öncelikle diğer olumsuz etkileri üzerinde duralım.

Işık Kirliliğinin Etkileri

Ekosistemleri bozan ışık kirliliği, bitki ve hayvan fizyolojisi üzerinde çok sayıda olumsuz etki oluşturuyor ve özellikle yaban hayatı konusunda önemli bir tehdit unsuru olarak sayılıyor. Yoğun ve gereksiz yapay aydınlatma, hayvanların göç yolları-

nı karıştırmalarına, avcı-av bağlantılarının değişmesine ve fizyolojik zararlara neden olabiliyor. Işık kirliliğinin insanlar üzerinde de önemli etkileri bulunuyor. İnsanlarda sirkadiyen ritim adı verilen doğal döngüler, ışık ve karanlık (doğal olarak gündüz ve gece) ile düzenlenir. İnsanlar uyurken ışığa maruz kalırsa melatonin üretimi baskılanır ve bu durum uyku bozuklukları, baş ağrısı, stres ve uyku eksikliğiyle beraber obezite ve kaygı bozukluğu gibi sorunlara yol açabilir.

Başka bir deyişle ışık kirliliği enerjinin verimli kullanılamamasıdır. Dünya'daki enerji israfının dörtte birinin ışık kirliliğinden kaynaklandığı tahmin ediliyor. Özellikle geceleri aşırı ve gökyüzüne doğru yönlendirilmiş aydınlatma bu israfın başlıca nedenlerinden sayılıyor. Bu yöndeki enerji israfının aynı zamanda, ekonomik kayıplara ve karbon ayak izinin büyümesine de yol açtığı unutulmamalı.

Doğru aydınlatma planlamasına da katkı sunmak üzere, gökyüzü parlaklık ölçümleri son yıllarda sıklıkla yapılıyor ve ışık kirliliği haritaları



Bakırtepe'de Gökyüzü ve TUG T100 Teleskop Binası

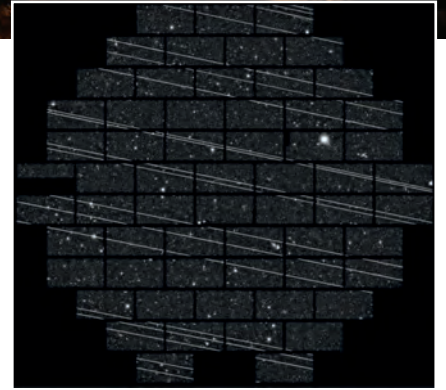
yayınlanıyor. Gece gökyüzü parlaklığı, genellikle Ay'ın gökyüzünde olmadığı zamanlarda, doğrudan aydınlatmayla karşılaşmayacak şekilde, SQM (Sky Quality Meter) veya benzeri aletlerle ölçülür. Zaman ve konumla birlikte kaydedilen gökyüzü parlaklıkları, ilgili bölgenin ışık kirliliği haritasının çıkarılmasında kullanılır. Ülkemizde de gece gökyüzü parlaklık ölçümleri yapılıyor ve ışık kirlilik haritaları çıkarılıp yayınlanıyor (<http://www.isikkirliligi.org/>).

Işık Kirliliğinin Astronomik Gözlemlere Etkisi

Amatör ve profesyonel gökbilimciler ışık kirliliğinden çok etkilenirler. Çünkü aynı bölgenin karanlık gece gökyüzü görüntüsü ile ışık kirliliğinin fazla olduğu gece gökyüzü görüntüsü birbirine neredeyse hiç benzemez. Işık kirliliği arttıkça sönük nesneleri

görmek zorlaşır. Bu nedenle, profesyonel gözlemevleri, şehirlerden yani yapay ışık kaynaklarından ve ışık kirliliğinden mümkün olduğunca uzakta kurulurlar. Gözlemsel astronomi ve astrofizik araştırmalarında, yapay ışık kaynaklarıyla kirlenmemiş ışık toplamak oldukça önemlidir. Her ne kadar bazı yazılımlarla yapay ışık etkileri arındırılmaya çalışılsa da bu etkiyi tamamen kaldırmak mümkün değildir.

Çıplak gözle, ışık kirliliği olmayan bir alanda ve Ay'ın dolunay evresinde olmadığı bir gecede 2000'den fazla yıldız görebiliriz. Ancak ışık kirliliğinin olduğu şehirlerde veya yakınlığında gözlem yapanlar, genellikle 2-3 kadirden daha sönük yıldızları göremez ve gök kubbede en fazla 50 kadar yıldız sayabilirler. Başka bir deyişle, şehir yakınında çıplak gözle gözlem yapmak yerine karanlık bir alana



Cerro Tololo Inter-American Gözlemevi'nin DELVE Araştırması kapsamında alınan bir gökyüzü görüntüsünde Starlink uydusu izleri (sürekli çizgiler)

giden gözlemciler âdeta küçük çaplı bir teleskop veya dürbünle gözlem yapıyormuşçasına çok sayıda yıldızı ve aynı zamanda gökadamızın yoğun alanlarını görme şansı yakalayacaklardır. Kısaca, astronomik açıdan ışık kirliliği, alınan görüntülerde (bilimsel görüntüler veya astrofotoğrafçıların çektikleri gökyüzü fotoğrafları) sinyal/gürültü oranını düşürdüğünden gök cisimlerinin önünde âdeta bir "ışık sisi" oluşturarak onları gizleyebi-



lir. Gözlem yapılacak konum yakınında hava kirliliği de varsa bu durum yapay ışıkların oluşturacağı ışık kirliliğinin etkisini artırır. Aynı yapay ışık kaynaklarının olduğunu düşünürsek, gündüz vakti, özellikle de ufka yakın bölgelerde, gökyüzü ne kadar mavi ise gece de o kadar karanlık olacaktır. Son yıllarda bazı ülkelerde ışık kirliliğinin bulaşmadığı alanlar “karanlık park” ilan edilerek korunmaya alınıyor. Gökyüzü meraklıları bu alanlarda etkinlikler yaparak evrende milyarlarca yıldır açık olan doğal gösterime katılıyorlar. Bu tür alanlar olmazsa ve sayıları artmazsa, gökadamızı gören insanların oranının gittikçe azalacağını öngörmek zor değil! 1990’larda Kaliforniya’da büyük bir elektrik kesintisi yaşandığı sırada bazı bölge-

lerde yaşayan insanların gökadamızın yoğun bölgelerini garip bulutlar sanarak yetkilileri aradığı ve bunlara karşı önlem alınmasını istediği kayıtlara geçmiş. Bu örnek, ışık kirliliğinin bizi gök kubbeden ne kadar uzaklaştırdığını açıkça gösteriyor. Ülkemizde de karanlık gökyüzü parkı olmaya aday bazı alanlar (örneğin; Melikler Yaylası, Isparta) belirlendi. Bu alanların artacağını ümit ediyoruz.

Son yıllarda artan yapay uydu trafiği de astronomik gözlemler açısından gökyüzünde bir kirlilik kaynağıdır. Profesyonel gözlemler sırasında alınan bilimsel görüntülerde rastlanan yapay uydu izleri, görüntülerin analizlerinde önemli güçlükler ortaya çıkarıyor. İletişimi binlerce uydu

üzerinden sağlamak için oluşturulan projeler hayata geçmeye başladı ve kutuplar civarındaki sınırlı alanlar hariç, dünyamızı neredeyse tamamen saracak yapay uydu geçişlerine şahit olmamıza fazla zaman kalmadı gibi görünüyor. O seviyeye gelindiğinde, profesyonel kadar amatör gökbilimciler de bundan olumsuz etkilenmeye başlayacaklardır. Starlink dışında başka özel şirketlerin de bu tür projelere yönelmesi, önümüzdeki yıllarda alçak Dünya yörüngesinde on binlerce yapay uydunun yer alacağını gösteriyor. Yıllar sonra gökyüzümüz yapay uydular ve onların ışık izleriyle bir örümcek ağı gibi sarılacak ve biz de bu ağın arasından gök kubbeyi seyretmeye çalışacağız!

Gökyüzünde doğal ışık kaynaklarını gözlemek ve evrenin elemanlarının gösterisine şahit olmak insanları geçmişte de heyecanlandırdı, bugün de heyecanlandırıyor. Gelecek nesiller için yeryüzünü olduğu kadar gök kubbeyi de kirlilikten korumak önem taşıyor. Aydınlanma gereksinimini doğru zamanda, doğru şekilde ve canlılara zarar vermeyecek tercihlerle karşılamaya çalışalım ve gökyüzünden kopmayalım. Şehirden uzakta, yapay ışığın olmadığı nemsiz bir ortamda, Ay’sız ve bulutsuz bir gecede birkaç saat çıplak gözle gözlem yaparsak ışık kirliliğinin etkilerini anlamak için önemli bir deneyim edinmiş oluruz! Gözümüz yukarıya lambalarımız aşağıya yönelsin!

Yıldızların parlaklıkları kadir cinsinden ölçülür ve kadir değeri büyüdükçe daha sönük yıldızlardan söz ederiz. Örneğin, Güneş’in görsel parlaklığı -26,72 kadirken Ay’ın dolunay evresindeki parlaklığı -12,74; Sirius’ununki -1,46; Vega’nınunki 0,03; Deneb’ininki ise 1,25 kadirdir. Çıplak gözle görebileceğimiz en sönük gök cisimlerinin görsel parlaklığı yaklaşık 6 kadirken çok iyi gözler, karanlık bir alanda 7 kadir parlaklığındaki yıldızları da görebilirler. Bir dürbünle 10 kadire kadar sönük yıldızları görmek mümkünken, yeryüzünde en büyük ve gelişmiş teknolojilere sahip optik teleskoplarla 25 kadire kadar parlaklığı olan gökcisimlerinin görüntüleri alınabiliyor. *Hubble Uzay Teleskobu*’yla alınan görüntülerde ise görsel parlaklığı 30 kadir civarında olan nesnelerin dahi ışık ölçümleri yapılabilir. Bu arada, kadir değeri 1 birim değiştiğinde gönderilen enerjinin 2,5 kat değiştiğini hatırlatalım. Örneğin, iki yıldız arasında 5 kadir parlaklık farkı varsa onların gönderdikleri ışıklar arasında 100 kat fark vardır. Şimdi siz okurlarımıza küçük bir soru: Vega’nın görsel parlaklığı yaklaşık 0 kadir, Kutup Yıldızı Polaris’in görsel parlaklığı ise yaklaşık 2 kadir olduğuna göre Vega, Polaris’ten kaç kat daha fazla ışık gönderir?

Kaynaklar

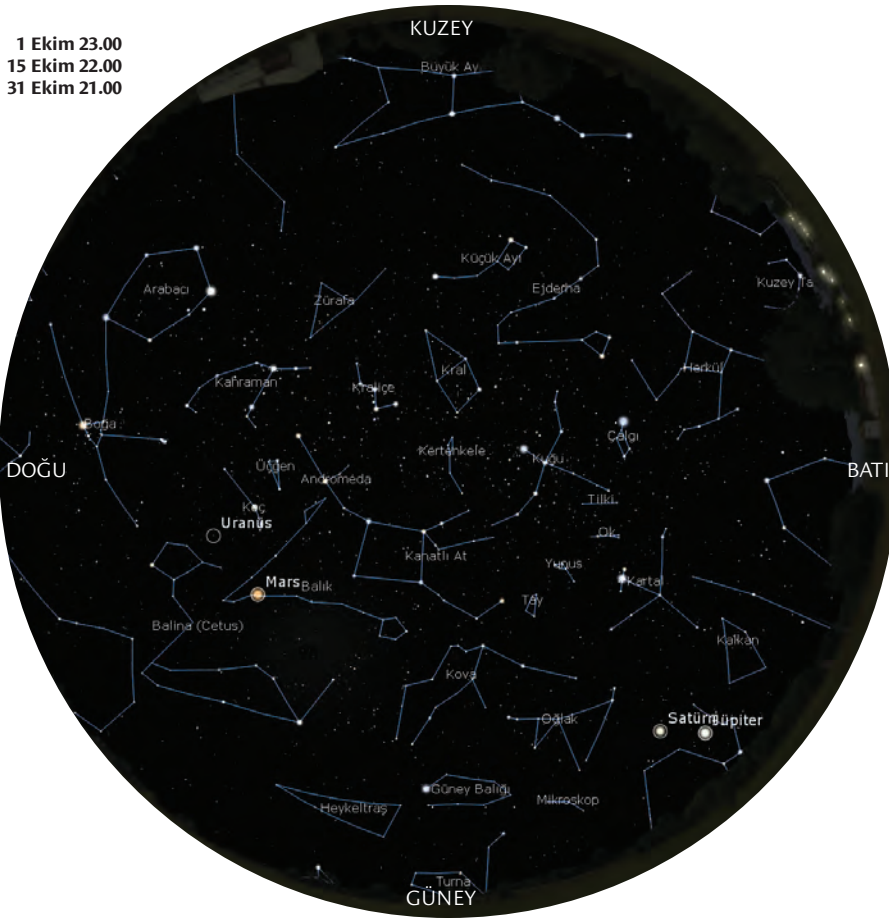
<http://cescos.fau.edu/observatory/lightpol-astro.html>
https://www.iau.org/public/themes/light_pollution/

Ayın Önemli Gök Olayları

01 Ekim	Merkür en büyük doğu uzanımında (26°)
03 Ekim	Venüs ve Regülüs birbirine çok yakın konumda
03 Ekim	Mars ve Ay birbirine çok yakın konumda
03 Ekim	Ay Dünya'ya en uzak konumunda (406.320 km)
04 Ekim	Uranüs ve Ay birbirine yakın konumda
06 Ekim	Mars Dünya'ya en yakın konumunda (62 Milyon km)
14 Ekim	Venüs ve Ay birbirine yakın konumda
17 Ekim	Ay Dünya'ya en yakın konumunda (357.930 km)
22 Ekim	Satürn, Jüpiter, Plüton ve Ay birbirlerine yakın konumlarda
27 Ekim	Neptün ve Ay birbirine yakın konumda
29 Ekim	Mars ve Ay birbirine yakın konumda
30 Ekim	Ay Dünya'ya en uzak konumunda (406.395 km)
31 Ekim	Uranüs ve Ay birbirine yakın konumda



29 Ekim günbatımı sonrası doğu ufku



1 Ekim 23.00
15 Ekim 22.00
31 Ekim 21.00

Gezegener

Merkür: Ufuktan fazla yükselemeyecek ve giderek gökyüzündeki konumu Güneş'e yaklaşacak olan gezegen bu ay gözlenemeyecek. Gezegen ayın sonuna doğru Güneş'in batısına geçmeye başlayacak.

Venüs: Parlaklığından fazla bir şey kaybetmeyecek gezegen gün doğumundan önce iki saate varan sürelerle ay boyunca doğuda gözlenebilecek. Ayın 14'ünde Ay ile güzel bir yakınlaşması olacak.

Mars: Ayın başında gün batımından yaklaşık bir saat sonra doğacak gezegen tüm gece oldukça parlak bir şekilde gökyüzünde kalacak. Ayın 29'unda neredeyse dolunay evresindeki Ay ile oldukça yakın görünecek olan gezegen ay sonuna doğru gün batımından önce doğmuş olacak.

Jüpiter: Gözlem süresi günler ilerledikçe kısaltmaya başlayacak gezegen artık gün batımında Satürn ile birlikte gökyüzünün

güneyinde yükselecek. Ayın sonlarına doğru gece yarısından iki saat önce batacak gezegenin parlaklığı hâlâ etkileyici olacak.

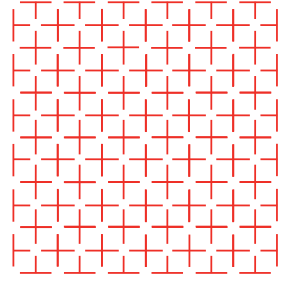
Satürn: Gün batımında gökyüzünün güney bölgesinde ufuktan fazla yükselmemiş olarak gözlenebilecek gezegenin parlaklığı fazla olmayacak. Ayın 22'sinde parlak Jüpiter ve Ay ile yakın görünecek gezegen ayın son haftası gün batımından sonra yaklaşık dört saat gökyüzünde kalacak.

Zekâ Oyunları

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

Göz Aldanması

Kırmızı çizgilerin arasında beyaz
diyagonaller varmış gibi görüyoruz.
Oysa yoklar.



Soru İşareti

Soru işaretinin yerine hangi sayı
gelecek?

1	3	11	37	125	423
2	6	20	68	230	?

Uyumlu Tarih

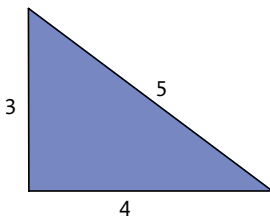
Bir tarih yazarken gün ve ayın
çarpımı yılın son iki rakamının
oluşturduğu sayıya eşitse o tarihi
“uyumlu tarih” olarak adlandıralım.

Örneğin 04/03/2012 bir uyumlu
tarihtir. ($4 \times 3 = 12$)

2020 ve 2021 yılları dikkate
alındığında ardışık iki uyumlu tarih
arasındaki gün farkının en az ve en
fazla olduğu tarihleri bulunuz.

Ardışık Kenarlı Üçgen

Alanı tam sayı olan bir üçgenin
kenarları ardışık tam sayılardır. Bu
koşullara uyan en küçük üçgen,
kenarları 3, 4 ve 5 birim olan
üçgendir. Aynı özelliğe sahip olan
ikinci küçük üçgeni bulunuz.

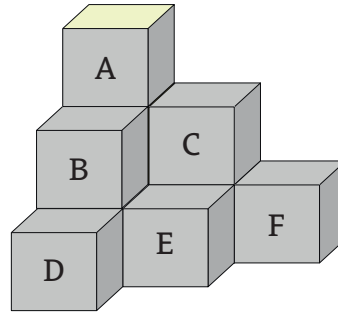


Kesirli Sayı

Virgülden sonra 4 basamağı
bulunan kesirli bir sayı adım adım
yuvarlanarak bir tam sayı elde
ediliyor. Başlangıçtaki sayı ile elde
edilen sayının arasındaki fark en
fazla kaç olabilir?

Not: Her adımda 0-4 rakamları
alta, 5-9 rakamları ise üste
yuvarlanır.

Küplü Basamak

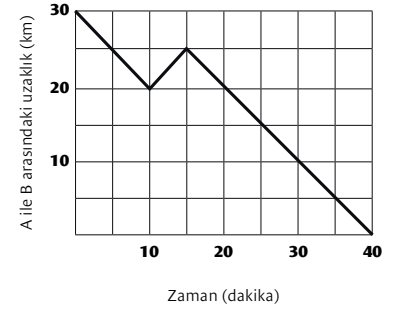


Küplerden yapılmış bu üç katlı
basamağın tepesinden zemine (her
adımda bir alt basamağa inerek) 4
farklı yoldan inilebilir:

- 1.A-B-D
- 2.A-B-E
- 3.A-C-E
- 4.A-C-F

Altı katlı benzer bir basamağın
tepesinden zemine kaç farklı
yoldan inilebilir?

Ortalama Hız



A noktasından B noktasına hareket
eden bir araç bir ara geri dönüp C
noktasına uğruyor ve sonra B'ye
doğru hareketine devam edip
seyahatini tamamlıyor. Grafiği
inceleyerek bu aracın ortalama
hızını bulunuz.

Sihirli Çarpım Karesi

32	1	
		4
2		8

Boş karelere farklı tam sayılar
yerleştirilerek 3x3'lük bir sihirli
çarpım karesi oluşturunuz. Elde
edeceğiniz sihirli çarpım kaçtır?

Satırlardaki, sütunlardaki ve
diyagonallerdeki sayıların
çarpımlarının aynı olduğu kareye
sihirli çarpım karesi denir.

Eşitlik

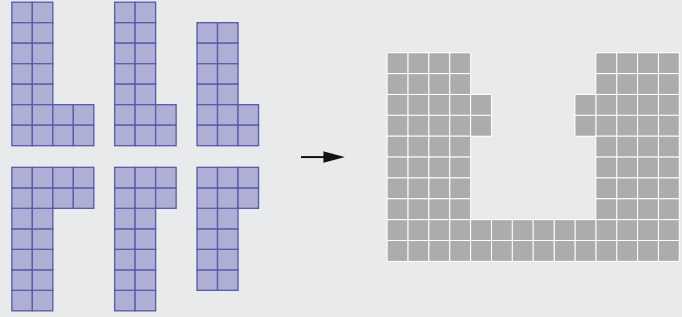
$$A^B = A! + B!$$

A ve B farklı sayılardır. Bu eşitliği sağlayan A ve B sayılarını bulunuz.

Bir sayının faktöriyel 1'den o sayıya kadar olan tüm sayıların çarpımıdır.

Altı "L"

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



Geçen Sayının Çözümleri

Oklar

A=9

▲	▶	▶	◀	A
▶	▼	▲	◀	10
◀	▲	▼	▼	11
◀	▶	▼	▲	12
11	10	9	C	

▲	▶	▶	◀	A
▶	▼	▲	◀	10
◀	▲	▼	▼	11
◀	▶	▼	▲	12
11	10	9	12	

B ve C üstteki şekillerde görüldüğü gibi bulunduktan sonra

$A+10+11+12=11+10+9+12$
 $\Rightarrow A=9$ bulunur.

Soru İşareti

4, 14

İlk sütundaki illerin son harfleri ile biten ilk iki doğal sayı ikinci sütuna yazılıyor. (Siirt "T" harfiyle bitiyor. "T" harfiyle biten ilk iki sayı DÖRT ve ON DÖRT.)

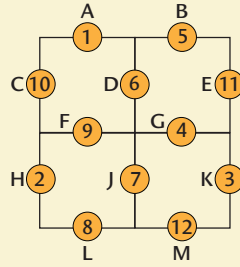
10 Rakam

26970 ve 13485

Boy Sırası

42 farklı biçimde gerçekleştirilebilir.

Kenar Toplamları



Goller

10 farklı biçimde olabilir.

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

Vezirler

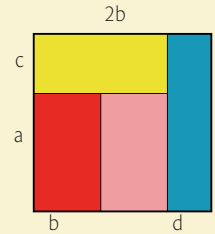
En az 3 vezir gereklidir.

Örnek bir çözüm:



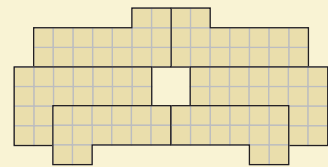
Eşit Alanlar

576 birim kare.



Kırmızı alan=ab, Pembe alan=ab,
Sarı alan=2bc, Mavi alan=d(a+c)
Kırmızı ve sarı alanların eşitliğini kullanarak;
 $ab=2bc \Rightarrow a=2c$
Sarı ve mavi alanların eşitliğini kullanarak;
 $2bc=(a+c)d=(2c+c)d=3cd \Rightarrow b=3d/2$
Karenin iki kenarını eşitleyerek;
 $2b+d=a+c=3c$
 $2(3d/2)+d=3c$
 $4d=3c \Rightarrow d=3c/4$
 $b=3d/2 \Rightarrow b=9c/8$
Kenar uzunluklarının en küçük tam sayı olmaları için $c=8$ birim olmalıdır.
 $a=16, b=9, c=8, d=6$ birim bulunur.
Karenin kenarı=24 birim
Karenin alanı=576 birim kare bulunur.

Altı "L"



Yayın Dünyası

İlay Çelik Sezer [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

TÜBİTAK MAM'ın Doğuşu, Enstitünün Kuruluşu



Ebubekir Ayan

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Yetişkin Kitaplığı, 2020

TÜBİTAK'ın 1963 yılında faaliyete başlamasından kısa bir süre sonra TÜBİTAK çatısı altında kurulan ve ilerleyen yıllarda aşamalı bir şekilde faaliyete geçen Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü (bugünkü adıyla TÜBİTAK MAM), Türkiye'de bilimsel ve endüstriyel araştırma faaliyetlerinin tarihî gelişiminde önemli bir dönüm noktasını teşkil etmektedir. TÜBİTAK'ın araştırma işlevinin nüvesini oluşturan Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü ve Enstitü çatısı altında kurularak sonraki yıllarda müstakil araştırma birimlerine dönüşen diğer kuruluşlar, Ar-Ge faaliyetlerinin Türkiye sanayisi tarafından benimsenmesinde ve Türkiye'de Ar-Ge kültürünün tesisinde belirleyici bir rol oynamıştır. TÜBİTAK MAM'ın kuruluş ve ilk faaliyet yıllarındaki tarihî gelişiminin incelendiği bu çalışma, Türkiye sanayisinin o dönemdeki genel vaziyetine ve Türkiye Ar-Ge tarihinin kritik bir dönemine de ışık tutmaktadır.

Genç Astronotun El Kitabı

Louie Stowell

Resimleyen: Roger Simo

Çeviri: Gürsel Tanrıöver

TÜBİTAK Popüler Bilim
Kitapları,
10 yaş +, 2020



Uzaya gitmek için can atıyorsanız bu kitap tam sizin için. *Genç Astronotun El Kitabı*'nda, astronot eğitiminden uzay yürüyüşlerine, uzayda tuvaletinizi nasıl yapacağınızdan yeryüzüne inişin sarsıntılarına kadar pek çok konuda gerçek astronotların deneyimlerine dair bilgi ve ipuçları bulunuyor.

Koronavirüs de Ne? Çocuklar İçin Koronavirüs Rehberi

Aslı Zülal

Resimleyen: Pınar Büyükgöral

TÜBİTAK Popüler Bilim
Kitapları,
5 yaş +, 2020



Koronavirüse karşı alınan önlemleri anlatan bu kitap, çocukların bu zor dönemde çevrelerinde olup bitenleri anlamalarına yardımcı olabilecek bilgiler içeriyor.