



Alp Akoğlu - Raşit Gürdilek

## Susam Nerede Açılacak?

Avrupalı ve Amerikalı fizikçiler bilim için masalsi bir ortam istiyor olmaları ki, Almanya'nın devreden çıkarıldığı güçlü bir sinkrotron X-ışını kaynağına ev sahipliği için yarışan ülkeler arasında Ürdün ön plana çıktı. Tesisin isteklileri arasında Türkiye de bulunuyor.

Bir halka (daha doğrusu bir sekizgen) içinde mıknatıslarla hızlandırılan elektronların, köşeleri dönerken yitirdikleri enerjiye sinkrotron ışıması deniyor. Bu ışıma, güçlü ve "temiz" X-ışınları biçiminde ortaya çıkıyor. Moleküllerin yapısının belirlenmesi, moleküler çevre bilimi, yüzey ve arayüz bilimi, mikro-elektromekanik makineler üretimi, X-ışını görüntülemesi, arkeolojik mikroanaliz teknikleri, malzemelerin sınıflandırılması gibi alanlarla tıpta büyük kullanım alanına sahip bu gibi sinkrotron kaynaklarına istem artıyor. Bu nedenle daha modern ve güçlü sinkrotron tesisleri yapılıyor ve Almanya'da bu kervana katılmış bulunuyor. Söz konusu makine, Berlin'de bulunan Bessy-1. Futbol sahası büyüklüğünde ve 0.8 GeV (milyar elektronvolt) gücündeki tesis, yerini daha güçlü Bessy-2'ye bırakmaya hazırlanıyor. Ancak Avrupalı ve Amerikalı X-ışını fizikçileri, Bessy-1'i çürüğe çıkarmak yerine, geliştirerek bir Orta Doğu ülkesine göndermeyi kararlaştırmış bulunuyorlar. Tesisin yeni adı da, yeni yerine uygun: SESAME (susam): İngilizce "Orta Doğu'da Deneysel Bilim ve Uygulamaları için Sinkrotron Işıması" sözcüklerinin baş harflerinden oluşuyor. Amaç, bilimsel olduğu kadar biraz da siyasal.

İsviçre'de bulunan Avrupa Parçacık Fizik Laboratuvarı (CERN) gibi, bölgesel temelde bilimsel işbirliğini geliştirecek bir merkez olması planlanıyor. Merkezin öteki üyeleri, Ermenistan, Fas, Filistin, İsrail, Kıbrıs Rum Yönetimi, Mısır, Umman ve Yunanistan. SESAME bu ülkelerce finanse edilecek ve işletilecek. Ayrıca aralarında ABD, Almanya, İtalya, İsveç, İsviçre, Japonya ve Rusya'nın da bulunduğu bir grup ülke de destek sağlayacak. Önemli bir koşul, merkezin tüm üyelerin bilim adamlarına açık olması. Bilimsel işbirliğinin, siyasi uzlaşmazlıkların çözümünü kolaylaştıracağı düşünülüyor.

Rus ve Ermeni bilim adamlarından oluşan bir ekip, Bessy-1'in söküm işini Eylül ayına kadar bitirmeyi hedefliyor. Tesisin Ürdün'e taşınması yolundaki tavsiye kararı, üye ülkelerin temsilcilerinden oluşan bir geçici konseyin 11 üyesinin Nisan ortalarında Paris'te yaptıkları bir toplantıda alındı. Proje-



nin Ürdün'de gerçekleştirilememesi halinde sıradaki aday Ermenistan. Ancak alınan kararların, geçici konseyin tüm üyelerinin hazıranda yapacakları bir toplantıda onaylanması gerekiyor.

CERN'in eski yöneticisi ve SESAME geçici konsey başkanı Herwig Schopper, yedi aday ülke içinden Ürdün'ün seçilmesinin kolay bir karar olmadığını, ancak kararın yansız bir tutumla ve bir işbirliği havası içinde alındığını vurguluyor. Schopper'e göre projenin amacı da zaten bu: "Değişik ulusları bir araya getirmek ve bilimi barış için bir araç ve katalizör olarak kullanmak." Ürdün'deki Al-Balqa Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Rektörü Halid Toukan'a göre Ürdün'ün seçilmesinin nedeni, ülkenin bölgedeki merkezi konumu. Bölge ülkeleriyle, projenin denetleyicisi UNESCO'nun katkılarına karşın, merkezin finansmanı ve kuruluş masraflarının karşılanması sorunları tümüyle çözümlenebilmiş değil. Ürdün Kralı II. Abdullah, merkeze beş yıl süreyle yılda 1 milyon dolar katkıda bulunmayı taahhüt etmiş durumda. Öteki üyelerin de gerekli paranın kalan bölümünü aralarında paylaşmaları isteniyor. Schopper, yalnızca sinkrotron halkasının kurulması ve geliştirilmesinin maliyetini 20 milyon dolar olarak hesaplıyor. 10 elektron demet hattı ve tesisin yer alacağı binanın beş yıl süreceği sanılan inşaatının da benzer bir fiyat etiketi taşıyacağı düşünülüyor. Tesisin yıllık işletme masraflarının 3.5 milyon doları bulunması bekleniyor.

Nature, 20 Nisan 2000

## Yalnız Kalan Glashow Harvard'ı Terk Ediyor

Amerikalı ünlü fizikçi Sheldon Glashow, Harvard'daki kürsüsünden ayrılarak, daha mütevazı Boston Üniversitesi'nde sıcak bir ortam arıyor. Glashow, Abdus Salam ve Steven Weinberg ile birlikte temel doğa kuvvetlerinden elektromanyetik kuvvet ile zayıf çekirdek kuvvetinin aslında aynı kuvvetin değişik görünüşleri olduğunu kanıtlayarak 1979 Nobel ödülünü almıştı. Ünlü kuramcı kararında, alacağı daha yüksek maaşın değil, daha yakın bir işbirliği ve ortak çalışma ruhu arayışının etken olduğunu söylüyor. Meslektaşlarıysa, asıl nedenin, Harvard Üniversitesi'nin fizik araştırmalarında sicim kuramına yönelmesini ve Glashow'un kendini yalıtılmış hissetmesi olduğunu söylüyorlar. Boston Üniversitesi'ndeysen parçacık fiziğinin standart modelini benimsemiş daha çok sayıda fizikçi bulunuyor. Bu alanda ağırlık, deneylerle ya da astrofizik göz-

lemleriyle doğrulanabilen olgulara ağırlık tanıyor. Temmuzda Glashow'u kadrosuna almaya hazırlanan Boston Üniversitesi Fizik Bölümü Başkanı Lawrence Sulak, sicim kuramını, heyecan verici ve gelecek vaat eden, ancak deneysel bulgularla doğrulanması çok zor bir kuram olarak tanımlıyor. Sulak'a göre Harvard'da Glashow dışında aynı disiplinden tek kuramcı Sidney Coleman kalmış bulunuyor ve yalnızca iki kuramcı arasındaki ilişki fazla üretken olamıyor; "çünkü kritik kütleye ulaşabilmek için yeterli sayıda araştırmacıya gereksinim var." Glashow da "eski İngiliz üniversitelerinde olduğu" gibi, kişilerin sıkça biraraya gelecek konuşup tartıştıkları bir ortamın daha yararlı olacağına inanıyor.

Sicim kuramı, standart modelde nokta parçacık olarak tanımlanan tüm parçacıkların, aslında 11 boyutlu uzay zamanda titreşen son derece küçük,



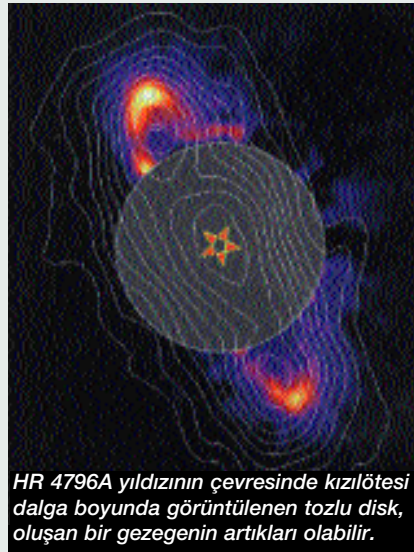
iplik, zar, ya da topak biçimli yapıların özel titreşim modlarına karşılık geldiği görüşünü savunuyor. Kuram ayrıca tüm kuvvetleri özdeşleştirecek bir "her şeyin kuramı" için şimdiye değin aşılamayan bir engeli de aşarak, kütleçekimini açıklayan Einstein'ın genel görelilik kuramıyla, atomaltı dünyadaki etkileşimleri açıklayan kuantum mekaniğini de birleştirebilme savında. Ancak sicim kuramcıları, bunun için gerekli matematik araçları tümüyle geliştirebilmiş değiller.

Nature, 22 Nisan 2000

## Yeni Yıldızlarla Yeni Bilgiler

Gökbilimciler, Güneş'e oldukça yakın bir bölgede keşfettikleri yeni tür bir yıldız topluluğunun, yıldız oluşumu ve gezegen sistemleri konusunda yepyeni bilgiler sağlayacağını düşünüyorlar. Güneş'e 150 ışık yılı uzaklıkta, Kova Takımyıldızında bulunduğu için TW Hydrae diye adlandırılan topluluk, modellerde gezegen oluşumunun başladığı yaşta bulunuyor ve gökbilimciler bu yıldızlardan biri çevresinde bir gezegen yakalayıp görüntüleyebilmeyi umuyorlar. Gruptaki yıldızlar, Güneş'in üçte biri ya da onda biri kütlesine sahip küçük ve genç yıldızlar. Yalnızca içlerinden biri, HR4796A, Güneş'ten iki kat büyük ve 20 kat parlak. Grup, daha önce Boğa Takımyıldızında belirlenen T-Tauri türü küçük kütleli genç yıldızlarla benzerlikler gösteriyor. Parlaklıkları, bunlar gibi değişkenlik gösteriyor, tayflarında güçlü atomik hidrojen emisyon çizgileri görülüyor. Ayrıca Büyük Patlama sırasında yaratılan hafif elementlerden olan ve yıldızlardaki sıcaklıklarda kolayca tepkimeye girdiği için uzun süre varlığını koruyamayan lityum, bu yıldızlar-

da bol miktarda bulunuyor. Anlamı, yıldızlar oldukça genç. T-Tauri yıldızlarından farklarıysa, bunlar gibi yoğun gaz ve toz bulutları içindeki yıldız oluşum merkezlerinde görülüyorlar. Tersine, içinde doğdukları buluttan eser yok. Bu yıldızların hızları da hayli düşük. Dolayısıyla başka bir bölgede doğup da yuvalarını terk etmiş de benzemiyorlar. BU durumda geriye kalan tek açıklama, bunla-



HR 4796A yıldızının çevresinde kızlötesi dalga boyunda görüntülenen tozlu disk, oluşan bir gezegenin artıkları olabilir.

rın küçük kütleli gaz ve toz bulutlarından doğmuş olmaları ve buluttan artı kalanların da dağılmış olması.

Gökbilimcileri asıl heyecanlandıran, yakınlıkları nedeniyle bunların çevresindeki gaz ve toz disklerinin daha yakından izlenebilmesi ve var olabilecek gezegenlerinin Dünya'daki güçlü teleskoplarla görüntülenmesi olasılığı. 10 milyon yaşında olduğu sanılan TW Hydrae grubundaki yıldızlar, 1 milyon yıl yaşındaki T-Tauri yıldızlarıyla, Güneş'e görece yakın açık yıldız kümelerinin yaklaşık 50 milyon yıllık yaşları arasında bir geçiş durumunda. Gezegen oluşumları, yaklaşık 10 milyon yaşında başladığından, gökbilimciler dikkatlerini bu yıldızlar üzerinde yoğunlaştırmış bulunuyorlar. Grubun içindeki yıldızların bazılarının çevresindeki disklerden gelen kısa kızlötesi ışınımindaki dağılım, disklerin yıldıza bakan tarafında süpürülmüş bölgeler bulunduğunu ortaya koyuyor. Bu boşluklar, gökbilimcilere göre oluşmuş ya da oluşmakta olan gezegenlerin imzası olabilir.

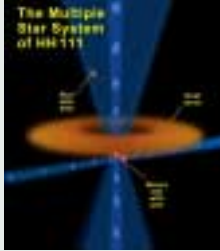
Science, 7 Nisan 2000





## Kozmik Dans

Hubble Uzay Teleskopu, üçlü bir yıldız sisteminden uzaya fıskıran ve her biri 12 ışık yılı uzunlukta bir çift gaz sütunu görün-



tüledi. Yıldızlar, içinde doğdukları, simit biçimli büyük bir gaz diskinin yanında görülüyorlar. Kenar düzleminden görüntülenen disk, resmin altında koyu bir çizgi halinde görünüyor. Uzmanlara göre üç yıldız arasında birkaç bin yıl önce meydana gelen kütleçekimsel etkileşimler yıldızlardan birini uzaklara gönderirken (diskin üzerindeki parlak topağın solunda), ötekiler yakın bir ikili oluşturmuş (diskin altındaki kırmızı topak). Gaz sütunu, bu ikili sistemdeki yıldızlardan birinden kaynaklanıyor. Zaman zaman satte 1 milyon km hızla püskürtülen gaz, daha önce fıskırmış ve daha ağır yol alan gaz kümelerine yetişip arkadan baskı yapıyor ve onlara parlak topaklar görünümünü veriyor.

<http://oposite.stci.edu/pubinfo/pr/2000>

## Samanyolu - Andromeda Buluşması

Gökadamız Samanyolu ve komşusu Andromeda, saatte yaklaşık 500 bin kilometre hızla birbirlerine doğru yaklaşıyorlar. Birbirine 2,2 milyon ışık yılı uzaklıktaki iki gökada yaklaşık üç milyar yıl sonra çarpışacak. Kanada Teorik Astrofizik Enstitüsü'nden John Dubinski, çarpışmanın nasıl olacağını bilgisayar canlandırmalarıyla bulmaya çalışıyor.

Dubinski, 100 milyon yıldız ve karanlık madde parçacığının hareketlerini ve iki gökadanın kütleçekiminin yıldızlar üzerindeki etkilerini hesapladı. Böyle bir çarpışma sırasında, gökadalardaki yıldızların ve gezegenlerin birbiriyle çarpışma olasılığı

çok düşük. Çünkü, aralarında muazzam uzaklıklar var. Aslında olaya bu açıdan bakınca çarpışma demek de pek doğru olmuyor. Bu, bir bakıma iç içe geçme. Bu olay yaklaşık üç milyar yıl sonra gerçekleşeceğinden, o zaman Dünya üzerinde nasıl bir yaşam olur bilinmez ama, çok etkileyici bir manzarayla karşılaşacakları kesin. Yaklaşık üç milyar yıl sonra, şimdi bile karanlık gecelerde çıplak gözle görebildiğimiz Andromeda tüm gökyüzünü kaplayacak. Güneş'in yaklaşık 4,5 milyar yıl ömrü daha var ve Dünya'nın da bu sürenin büyük bir bölümünde yaşamı barındırması olası.

<http://www.newsandevents.utoronto.ca/bin/000414b.asp>

## Uzunkuyruklu yıldız

Ulysses uzay aracının gönderdiği sinyallerin yeniden incelenmesi, 1996 yılında bizi ziyaret eden Hyakutake kuyruklu yıldızının kuyruğunun sanılandan çok daha uzun olduğunu ortaya koydu. Uzunluk, yarım milyar kilometreyi buluyor. Bu, Dünya'nın Güneş'e olan uzaklığının üç katından fazla. Bu gök cisimleri, Güneş sisteminin çok uzak köşelerinden geldikleri için, sistemin olduğu zamanların bozulmamış bilgilerini saklarlar. Dünya'ya hayat veren suyun da kuyruklu yıldızlardan geldiği sanılıyor. Kuyruklu yıldızlar, donmuş halde gaz ve suyun yanı sıra toz da içeriyorlar. Kuyruklu yıldız, Güneş'e yakınlaşınca artan sıcaklık nedeniyle içerdiği gazlar ve su buharlaşmaya başlar. Güneş rüzgârıyla Güneş'ten öteye iti-



len bu gazlar uzun bir kuyruk oluşturur. Bu sırada serbest kalan toz parçacıkları da gaz moleküllerine göre daha büyük kütleli olduklarından genellikle kuyruklu yıldızın hareket yönüne bağlı olarak ikinci bir kuyruk oluştururlar.

Ulysses uzay aracı, 1990 yılında, Güneş'i, güneş rüzgârını ve onun manyetik alanını incelemek için fırlatılmış, Güneş çevresinde gezegenlerin düzlemine dik bir yörüngeye oturtulmuştu.

NASA Haber Bülteni, 5 nisan 2000

## Kuyruklu yıldızla Sinekkuşu

NASA'nın, tasarladığı yeni araç, bir sinekkuşunun çiçeğe yaklaştığı gibi, kuyruklu yıldızla yaklaşacak; nektarını alır gibi örnek alıp hemen uzaklaşacak.

Araç, önce kuyruklu yıldızın çevresinde yörüngeye girecek; bir yıl süreyle, gaz ve toz örnekleri toplayıp atmosferinin bileşimini inceleyecek. Daha sonra, çekirdeğe yaklaşacak; ancak yüzeyine inmeyecek. Zaten, kuyruklu yıldızların çapları 20-30 km'yi aşmadığından, kütleçekimleri çok azdır.

Üzerinde durmak bu nedenle pek de kolay olmaz. Ayrıca, kuyruklu yıl-

dızlar, birer aktif gökcismi olduklarından; yani gaz ve toz püskürttüklerin-



den, onlara yaklaşmak tehlikeli olabilir. Bu nedenle, gökcismine zaten çok ted-

birli bir biçimde yaklaşacak olan uzay aracı, ölçüm ve örnek toplama işini iki saniyeden kısa bir süre içinde tamamlayacak. İki kolundan biri, sıcaklık, sertlik gibi değerleri ölçecek. Öte-

kiyse, bir kazıcı olduğu gibi keskin döner bıçaklarla yüzeyden madde toplayacak. Sonra, araç itici motorlarıyla hemen uzaklaşacak.

New Scientist, 22 nisan 2000

## ABD Füzelere Karşı Savunmasız mı?

ABD'nin 30 milyar dolar harcayarak geliştirmeye çalıştığı ulusal füze-savar sisteminin, çok kolaylıkla aldatılabileceği öne sürüldü. Savunma Bakanlığı'nca (Pentagon) geliştirilen sistem, ülkeyi örneğin Irak ve Kuzey Kore gibi balistik füze geliştirme potansiyeline sahip ülkelerden gelebilecek saldırılara karşı koruyacak. Ancak, Sorumlu Bilim Adamları Birliği adlı bağımsız bir kuruluş ve Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) güvenlik araştırmaları programında görevli uzmanlarca yapılan teknik bir değerlendirme, tüm projenin rafa kaldırılması gerektiği sonucuna vardı. Bilim adamlarınca oluşturulan ortak panelin görüşü şu: Kimyasal savaş başlıklarını ayrı bombacıklar halinde taşıyan, savaş başlıklarını şaşırtmaca balonlarıyla gizleyen, ya da öldürücü yükü sıvı azotla soğutulmuş bir kılıfla



örtülü füzelerin savunma kalkanını hiçbir güçlük çekmeden delebillerler.

Savunma sistemi, fırlatıldıktan sonra taşıyıcı füzeden ayrılıp düşman savaş başlıklarını yeniden atmosfere girmeden saptayıp, çarparak yok edecek "katil" araçlara dayanıyor. Araştırmacılara göre, balistik füze üretebilecek teknolojik olgunluğa erişmiş bir ülke, savaş başlıklarını saklayacak teknolojiyi çok daha kolayca geliştirebilir. Örneğin, sıvı azotla soğutulan bir kalkanla korunmuş bir savaş başlığı, "katil" aracın kendisini saptayabileceği mesafeyi bin kat azaltır. Hava

direncinin olmadığı atmosfer dışında şaşırtma balonları savaş başlığıyla aynı hızda yol alacağından, başlık bunlardan birinin içine gizlenebilir. Panel üyeleri, raporun Başkan Bill Clinton'u projenin hayata geçirilip geçirilmemesi yolunda sonbaharda verilecek kararı erteletmeye yönelteceğini umuyorlar. Ancak projenin siyasi karşıtları daha karamsar; asıl amacın Kasım ayında yapılacak başkanlık ve Kongre seçimleri öncesinde Clinton'un Demokratların savunma konularını hafife aldıkları yolundaki Cumhuriyetçi Parti savlarını boşa çıkartmak olduğunu söylüyorlar.

Nature, 20 Nisan 2000

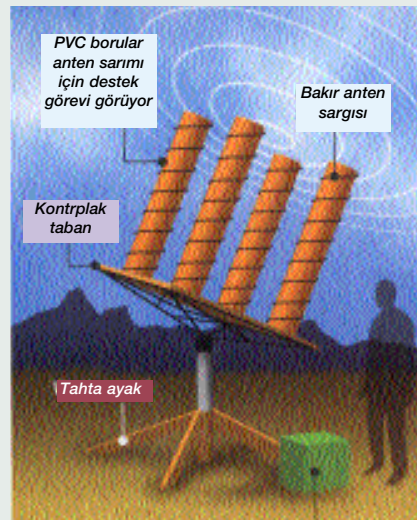
## İnternet'le Uydu Bozma

ABD Hava Kuvvetleri, İnternet'te gezinmesini bilen bir bilgisayar kullanıcısının, serbestçe edindiği bilgiler ve piyasada satılan elektronik malzemeler kullanarak, uydu sinyallerini rahatlıkla bloke edebileceğini ortaya koydu.

Hava kuvvetleri yetkilileri, uydu haberleşme ve uzaydan yer belirleme sistemlerinin güvenliğini sınamak için "Uzay Saldırı Müfrezesi" adı verilen ve uydu güvenliğindeki zayıf noktaları belirlemeye çalışan düşman ajanları rolünü oynayan bir ekip kurmuş. Ekip, İnternet'teki Web sitelerini dolaşıp, biraz da kitap ve dergi karıştırdığında, yalnızca uydu yapmak ve işletmek için değil, bunları işlemez hale getirmek için yazılmış bilgilerin de fazlasıyla bulunduğunu saptamış. Ekibin başı Tim Marceau'ya göre "Uydu iletişimini bozma" sözcüklerini yazdığınızda, İnternet arama motorlarının önünüze koyduğu sayfalar, şaşırtıcı sayıda karşınıza çıkıyor.

Marceau, verilen bilgilerin doğruluğunu sınamak için, Hava Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarı'nda yeni işe başlamış iki çaylak mühendise, yalnızca İnternet adreslerinden ve

piyasadan satın alabilecekleri malzemenin yararlanarak bir uydu yayını bozma sistemi geliştirmelerini istemiş. Deney, korktuğu gibi sonuçlanmış. Yalnızca 7,500 dolar harcayan mühendisler, uydu antenlerini ve askeri UHF (çok yüksek frekanslı) haberleşmesini bozabilecek güçte, gezgin bir UHF parazit kaynağı yapmayı başarmışlar. Marceau "Yapılan iş, radyonuzun sesini, komşunuzunkini bastırarak kadar açmaktan farklı bir



Benzinle çalışan jeneratör ve güçlü UHF kaynağı

şey değil" diyor. Mühendislerin yaptığı ev yapısı sinyal bozucu için kullandıkları malzeme, benzinle çalışan bir jeneratör, birkaç tahta parçası, birkaç plastik boru, biraz bakır tel ve amatör elektronikçilerin zaman zaman kurdukları değiş-tokuş pazarından edindikleri elektronik ses kaynağı ve yükseltici. Plastik boru çevresine sarılmış bakır tel, aygıtın antenlerini oluşturmuş. Bunlar kontrplak bir tabana yerleştirilip tahtadan ayaklar üzerine oturtulmuş, jeneratörden güç alan ses kaynağı ve yükseltici de düzeneğin yanı başına, yere konmuş.

Ekibin başarısına karşın, bunun abartılmaması gerektiğini savunan uzmanlar da var. Washington'daki ABD Bilim Adamları Federasyonu'nun Uzay Politikaları Bölüm Başkanı John Pike'a göre Küresel Yer Belirleme Sistemleri oldukça düşük güçlü sinyaller kullanıyorlar. Bu nedenle birkaç saat çalışmayla, bu sinyallerin işlemez hale geleceği elektronik balonlar yaratabilmek olanaklı. Ama aynı uzmana göre çok yüksek frekanslı haberleşme uydu kümelerini ev yapısı sinyal bozma araçlarıyla etkisizleştirmek öyle kolay değil.

New Scientist, 22 Nisan 1999



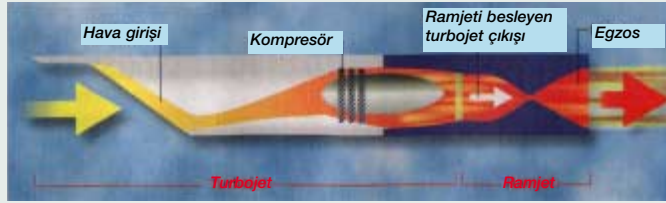
## Hızlı Uçağa Yeni Motor

Devrim yaratacak yeni bir jet motoru, geçen ay Tokyo Havacılık Fuarı'nda tanıtıldı. Japonya'nın Yeni Enerji ve Endüstri Teknolojisi Geliştirme Organizasyonu'nun fikir ürünü motor, sestem beş kat hızlı uçabilecek yolcu uçakları için tasarlandı.

Motoru geliştirmek ve üretmek için, Kawasaki, Mitsubishi ve Ishikawajima-Harima firmaları, biri turbojet; öteki ramjet olan iki motoru arka arkaya birleştirdiler. Mach 3'den düşük hızlarda, uçak (henüz tasarlanmadı) gücünü turbojet motorundan, alıyor; daha

yüksek hızlardaysa ramjet motorundan alıyor.

Bir turbojet motorunda, motorun önünde bulunan bir fan, havayı içeri alarak sıkıştırır ve yanma odasına iter. Burada, havaya yakıt karıştırılır ve yakılır. Yanan gaz, büyük bir hızla motorun arkasından dışarı püskürtür ve böylece itme elde edilir. Ramjet motorundaysa, uçağın ileri doğru hareketi, havanın yanma odasına yeter-



li hızda ve basınçta girmesini sağlıyor. Turbojet motordaki gibi, burada hava yakıtla karıştırılıp, yakılıyor.

Yaklaşık on yıl önce başlatılan projenin altında, Japonlar'ın Tokyo'dan New York'a 3 saatte varabilen ve yaklaşık 20 000 metre yüksekten uçan bir uçak yapma düşü yattıyor. Motordaki gelişmeler ümit verici olsa da ortada henüz bir uçak yok. Mitsubishi'den Akihiro Tobita, bu uçağın tasarımının ve üretiminin ancak, uluslararası bir işbirliğiyle sağlanabileceğine inanıyor. Bazı yabancı firmalar; özellikle de Rolls-Royce, General Electric ve United Technologies, projeyle yakından ilgileniyorlar.

Yeni motorun, geleneksel jet motorlarına göre daha sessiz olacağı, ayrıca havayı da daha az kirleteceği söyleniyor. Araştırmacıların hedefi, bu motoru daha da sessiz ve verimli hale getirmek.

New scientist, 15 Nisan 2000

## Kaç Sıçrarsın Çekirge...

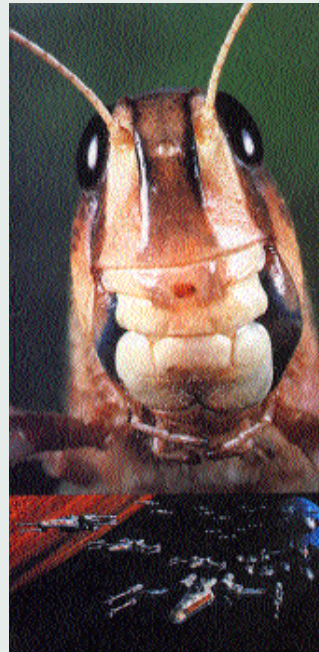
Bir grup İngiliz ve İsviçreli araştırmacı, çekirgelere "Yıldız Savaşları" filminden heyecanlı savaş sahneleri seyrettirerek, otomobil kullanımını daha güvenli hale getirmeye çalışıyorlar. Amaçları, üzerine gelen cisimlerden kaçınabilen bir robot geliştirmek. Daha önce bu gibi sistemler için radar ya da kızılötesi ışınlardan yararlanılmaktaydı. Ancak bu yöntemlerin sorunu, önemli ölçüde bilgisayar işlemi gerektirmesi. Böceklerse, zayıf görüş yeteneklerine ve ilkel beyinlerine karşın, üzerlerine gelen cisimlerden kolaylıkla kaçabiliyorlar. Çekirgelere bu yeteneği sağlayan, bileşik gözlerinin gerisindeki birer iri sinir hücresi. Lobula Dev Hareket Algılayıcısı (LGMD) denen bu hücrenin, çekirgelere kaçış sıçramalarında ve uçuş sırasındaki manevralarında yardımcı olduğu sanılıyor. Newcastle Üniversitesi nörobiyologlarından Claire Rind, LGMD'nin işleyiş biçimini taklit etmenin, otomobiller ve uçaklar gibi taşıtlar için hızlı ve etkin kaçınma sistemleri geliştirilmesine yarayacağını düşünmüş. Bu hücre üzerinde özellikle durulmasının nedeni, doğrudan çekirgenin üzerine

gelenlerle, çarpışma rotası üzerinde bulunmayan cisimleri ayırabilmesi. Hücrenin nasıl çalıştığını anlayabilmek için araştırmacı, bir çekirgeye hızla hareket eden cisimler seyrettirirken hücrenin hareketlerini izlemiş. Özellikle de Yıldız Savaşları filminden, uzay uçaklarının doğrudan seyircinin üzerine geldiği izlenimi veren savaş sahneleri seçmiş. Rind, daha sonra Zürih'teki İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü araştırmacıları Mark Blanchard ve Paul Verschure ile birlikte, çekirgenin görüş sistemine sahip bir robot geliştirmiş. Üç tekerlekli küçük robot, çekirgenin görüş yeteneğine yakın, 20 x 20 piksel çözünürlükte bir kamera taşıyor. Çekirgede olduğu gibi bu fotoalgılayıcılardan gelen sinyaller, önce robotun nö-

ral ağ denen ve girdilere göre kendi çözümlerini üretebilen bir bilgisayar programınca ön işleme tabi tutuluyor ve burada kenardaki hareketler belirleniyor, daha sonra da LGMD gibi çalışan hareket algılayıcısına iletiliyor. Araştırmacılar, deneyler sonunda geliştirdikleri robotun, tepki için çok

kısa bir zaman verilmesine karşın üzerine gelen cisimlerin yüzde 91'inden başarıyla kaçındığını belirlemişler. Gene de Rind, geliştirilen teknolojinin ticari kullanıma sunulabilmesi için yeni araştırmalar gerektiğini vurguluyor. Araştırmacıların şimdiki hedefleri, çekirgelerin film yerine gerçekten hareket eden cisimlere karşı tepkilerini izlemek. Bu yolla, hareketli cisimlerin hızlarının deneklerin davranışlarını nasıl etkilediği belirlenebilecek.

New Scientist, 1 Nisan 2000





## Altın Arıtmada Siyanüre Son

Avustralyalı bilim adamları, altın madenciliğinde öldürücü siyanür kullanımına son verecek yeni bir teknik geliştirdiklerini açıkladılar. Günümüzde kullanılmakta olan altın arıtma teknolojisinde, cevher halindeki maden ezildikten sonra siyanürle yıkanıyor; böylelikle oluşan altın siyanür iyonları, gözenekli etkin karbonca emiliyor ve ancak bundan sonra altın yalıtılabilir. Siyanür, zehirli bir bileşim olduğundan, altın madenciliği için kullanıldığı bölgelerde büyük çevre felaketlerine yol açıyor. Geçtiğimiz aylarda Tuna Irmağı ve Karadeniz'i etkileyen siyanür sızması belleklerde tazeli-

ğini koruyor. Monash Üniversitesi fizikçileri, bu soruna bir çare ararken, siyanürden çok daha az zararlı bir madde olan kloru bu işte kullanmanın yolunu bulmuşlar.

Normal olarak klor, karbonla temas gelmez tuttuğu altın cevherini bırakıyor; bu da arıtma işlemini güçleştiriyor. Ancak Monash ekibi, altın klorür iyonlarını dağılmadan tutacak bir etkin karbon türü keşfetmiş. Arıtmada klor kullanımının, sızmaların yol açacağı çevre kirliliği tehdidini büyük ölçüde ortadan kaldıracığına inanılıyor.

New Scientist, 1 Nisan 2000

## Felçliyi Yürüten Teknoloji

Felçli bir hastanın, henüz deneme aşamasında olan bir yöntem sayesinde 10 yıl sonra ilk adımlarını attığı bildirildi. Fransa'nın Strasbourg kentinde yaşayan Marc Merger, bir baston üzerindeki düğmelere basarak yürüyebiliyor. Düğmeler, beline bağlı küçük bir bilgisayarla ilintili. Bu bilgisayar, yürümemiz için beynimizce gönderilen sinir ileti örüntülerinin benzerini üretiyor. Daha sonra bu sinyaller, radyo dalgalarıyla hastanın karnı içine yerleştirilmiş bir aygıt aracılığıyla kalça ve bacak kaslarındaki 50 elektroda komut veriyor. Geliştirilen yöntem, Avrupa Birliği'nin desteklediği sekiz yıllık bir projenin bir parçası. Merger, gerçi yürürken denge sağlamak için bir yürüteç kul-

lanmak zorunda; ama gene de sağaltım yönteminin bir "mucize" olduğunu söylüyor.

New Scientist, 25 mart 2000



## Kendi Kemikleriniz

Kaza sonucu, eklem iltihabı nedeniyle ya da ur alınması sırasında kemiklerinin bir bölümünü kaybedenler için yeni bir tedavi yolda. Avrupa şirketlerinden oluşan bir konsorsiyum, birkaç ilik hücrelerinden yeni kemikler üretmek üzere bir yöntem geliştirdi.

Şimdilik, eğer kemik kaybedilirse, doktorlar genellikle bu kemiklerin yerine metal protezler takıyorlar. Ancak metal, kemiklerle iyi kaynamıyor, ayrıca da kemikler gibi esneklik göstermiyor. Hastanın kendi kemiklerinden alınan parçaların 'aşı' yoluyla takılması da mümkün; fakat bu uygulamada da, kemiğin alındığı yer bir yıl kadar uzun bir süre ağrı yapıyor. Ayrıca, kemik aşısı hastanın kendi bağışıklık sistemi tarafından kabul edilmeyebiliyor.



Hollanda'daki Iso'Tis şirketinden araştırmacılar, hayvanlardan kemik dokusu kültürleri alarak bunları kemik büyüme faktörleriyle birlikte, kemiklerin mineral bileşenlerinin bulunduğu parçalara (hydroxyapatite) "ekiyorlar". Bundan dört ile altı hafta sonra, ekilen hücreler, normal bir kemik tabakası salgılayarak parçaları birleştirip bunları kütle haline dönüştürüyor.

Bu daha sonra iliği sağlayan hayvana aşılanıyor. Büyüme faktörleri, çevredeki kemiğin büyümesini ve eklenimin kaynamasını sağlıyor.

Araştırmacılar, bu yolla tavşanların radius kemiğine 2 cm uzunluğunda kemik parçaları yerleştirmeyi başarmış. Bir sonraki hedef, keçilerin kalça kemiğine beş cm uzunluğunda bir parça yerleştirmek. Ayrıca, insan ilik hücrelerinden de kemik üretmeyi başarmışlar.

Aslı Zülal

[http://www.newscientist.com/news/news\\_223524.html](http://www.newscientist.com/news/news_223524.html)



## Dev Kaplumbağalar Geri Dönüyor

Soyları tükenmek üzereyken koruma altına alınıp yurtlarının dışında üretilen dev kaplumbağalardan birincisi de bu Mart sonunda Galapagos adalarına geri götürülerek doğaya bırakıldı.

Pasifikteki ünlü takımadada yer alan Espanola adasında yaşayan dev kaplumbağaların *Geochelone elephantopus hoodensis* sayısı, yüzyıllar boyunca insanların ve onlar tarafından adaya sokulmuş başka hayvan türlerinin uyguladığı katliam nedeniyle 1963 yılında yalnızca 14'e inmiş ve hayvanlar üreme içgüdülerini yitirmişlerdi. Aynı yıl başlatılan bir koruma programı çerçevesinde ada da bulunabilen kaplumbağalar toplanmış ve başka bir adada kurulan üretme çiftliğinde çoğaltılarak yeniden doğal ortamlarına geri döndürülmeye başlanmıştı.

Galapagos adalarının önemi, karadan çok uzaklarda olduklarından uzun süre üzerlerinde yaşayan canlı türlerinin, bin yıllar boyunca değişen çevre koşullarına uymak için uğradıkları değişimlerin izlenmesine olanak sağlayan bir doğal laboratuvar olarak kalmaları. Charles Darwin, Beagle araştırma gemisiyle çıktığı yolculukta



bu adalara uğramış ve evrim kuramıyla ilgili öngörülerini burada yaptığı gözlemlere dayandırmıştı.

Dev kaplumbağaların yeniden üretilmesi programını, gene Galapagos'lardaki Santa Cruz adasında bulunan Charles Darwin Araştırma Enstitüsü yürütüyor. Enstitünün gündeminde, adadaki öteki kaplumbağa türleri için de yeni bir koruma programı başlatmaya hazırlanıyor.

Nature, 30 Mart 2000

## Kötü Kader mi, Tarihi Yanılıgı mı?

Antik Orta Doğu'da yapıp yapıp yeniden yok olan tarihi Megiddo kentinin kötü kaderi, zalim düşmanları çeken zenginliği yerine, kenti ilk kuranların farkında bile olmadıkları bir yanlıştan kaynaklanıyor olabilir. Stanford Üniversitesi yerbilimcilerinden Amos Nur'a göre, Mısır'ı, Mezopotamya'ya bağlayan yol üzerindeki stratejik kale-kent, "Orta Doğu'nun San Andreas Fayı" üzerinde kurulu. Kent, 2000 yıl içinde 30 kez yıkılıp, yeniden kurulmuş. Araştırmacılara göre bu döngü, bronz çağı uygarlığının çökmesine yol açmış olabilir. Nur, "istilacıların kente bir miktar zarar verdiklerinden kuşku yok, ama asıl yıkım depremlerden kaynaklanmış olmalı" diyor. "Aksi halde istilacılar neden kentin duvarlarını, ahırlarını, kapılarını yerle bir edip sonra hemen bunları yeniden inşa etmeye koyulsunlar?"

Kentte yıkımın ölçüsü öyle boyutlara varmış ki, bugün İncil'de geçen adı "Armageddon" Batı'da hâlâ kıyamet anlamına gelen bir deyim olarak kullanılıyor.

New Scientist, 22 Nisan 2000

## Dinozorlara Karşı Petrol

Günümüzden yaklaşık 65 milyon yıl önce, dinozorları yeryüzünden silen olay Meksikalılar'a yaramış gibi görünüyor. Meksika Körfezi'nde, Yukatan'a düşen bir göktaşı, dünya ikliminde önemli değişimlere yol açmış, bu dev sürüngenleri ortadan kaldırmıştı. Ancak, Meksika'nın petrol gelirinde bu göktaşının önemli payı olduğu ortaya çıktı.

Günde 1,2 milyon varil petrolün çıkarıldığı Cantarell bölgesi, Meksikanın en önemli petrol kaynağı. Buradaki petrolün kaynağı yaklaşık 150 milyon yıl öncesinin organik çökeltilerine dayanıyor. Göktaşı, Canterall'ın yaklaşık 350 km uzaklığında-

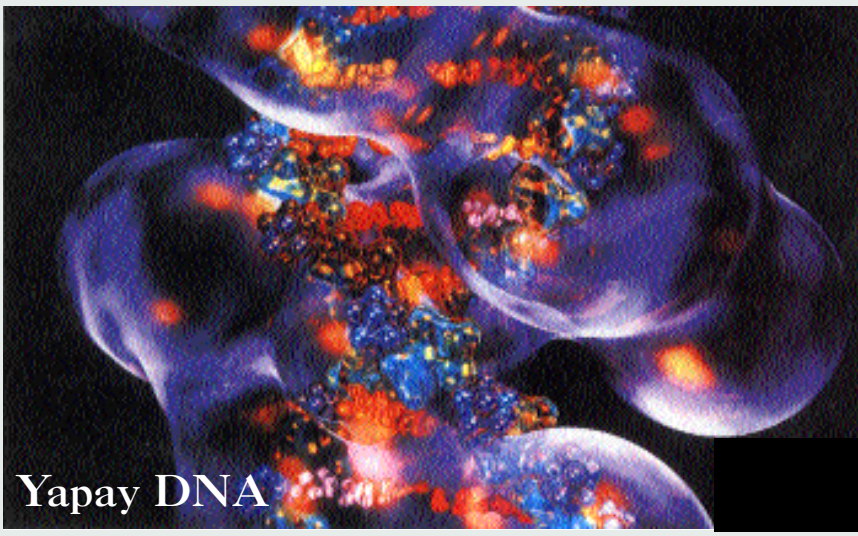
ki sığ sulara düştüğünde, çok büyük tsunamilere yol açarak, bu çökeltilerin üzerinin yaklaşık 300 metre kalınlıkta kireçtaşıyla örtülmesine yol

açmış. Daha sonra, göktaşının çarpmanın etkisiyle fıskırttığı madde bunun üzerine çökmüş.

O zamandan bugüne kadar geçen sürede, birtakım kimyasal tepkimelere, kireçtaşı, magnezyumca zengin, daha gözenekli bir yapıya sahip olan dolomite dönüşmüş. Yeraltındaki basınç ve sıcaklık yardımıyla, burada bulunan organik madde, yaklaşık 15 milyon yıl önce petrol yataklarını oluşturmuş. Çarpışmanın yardımıyla oluşan petrol yatakları, ülkenin petrol üretiminin yaklaşık üçte birini oluşturuyor. Ayrıca, bu bölgede, çok daha fazla petrol bulunduğu sanılıyor.

New Scientist, 15 Nisan 2000





## Yapay DNA

ABD'li bir grup araştırmacı, her canlının doğal kalıtım şifresi olan DNA'yı, yapay yeni eklerle "zenginleştirmeye" çalışıyor. Hedefleri, bu yolla şimdiye değin doğada hiç görülmemiş proteinler elde etmek.

Yalnızca RNA (ribonükleik asit) taşıyan bazı virüsler dışında, tüm canlı organizmalar, genetik bilgilerini hep aynı dört bazdan oluşan, yangın merdiveni gibi sarmal biçimde birleşmiş DNA (deoksiribonükleik asit) dizelerinde taşırlar. Bu bazlar, adenin, timin, sitozin ve guaninden oluşuyor. Bunlardan adenin, yalnızca timin; sitozin de yalnızca guaninle birleşiyor. Bazlar, kodon adı verilen üçlü dizeler oluşturuyor. Her kodon da doğada bulunan 20 amino asitten birini seçerek protein zincirlerine ekliyor.

La Jolla'da (California) bulunan Scripps Araştırma Enstitüsü moleküler biyologlarından Floyd Romesberg başkanlığındaki ekip, orijinal dört DNA bazına sentetik yeni bazlar ekleyerek kodon modeli sayısını arttırmayı denemiştir. Araştırmacılara göre bu yeni kodonların yapay amino asitler üretmeleri, bunların da yepyeni proteinler oluşturmaları gerekiyor.

Gerçi doğal olmayan bazlarla yapılan deneyler, 1980'li yıllara değin gidiyor; ama şimdiye kadar bunların eklenmediği DNA örnekleri hep kararsız duruma dönüşmüştür. Romesberg ve ekibiyle, bu engeli aşmış görünüyor. Araştırmacıların oluşturduğu 20 yapay baz, tıpkı doğalları gibi şekerlere bağlanıp nükleosid oluşturmuş. Ekip daha sonra bu yapay bazlardan birini, tek bir DNA şe-

ridine eklemiş. DNA'nın kendini kopyalama sürecinde polimeraz denen enzimler, tek şerit halinde dizili kalıpları okuyup, gerekli bazları ekleyerek çiftler oluştururlar. Örneğin, adenini timine, sitozini guanine bağlarlar. Doğal olmayan bir bazsa, değişik biçimde olduğundan gene değişik bir bağ kurar.

Daha önceki araştırmalarda polimerazların bu yapay bazları da gene yapay çiftlere bağladığı görülmüştü. Ancak karışılan sorun, bu yapay çiftin, DNA'nın kopyalanma sürecini durdurması.

Sorunu aşmak için ekip, değişik yapıdaki polimerazları, yapay bazlarla deneyerek sonunda sistemi durdurmadan işleyen bir model elde etmiş. Deney sonunda kopyalama işleminin, yapay baz çiftinde kesilmeyerek sürdüğü görülmüştü. Ancak, araştırmacılar sınama ve yanılma yöntemiyle çalıştıklarından sürece ağır işliyor.

Ekibin en son amacı, yapay DNA'yı bakterilere aşılayarak, hücre etkinliklerini kesintiye uğratmadan yeni kodonların okunup kopyalanmasını sağlamak. Hedef gerçekleşirse, tıpta ve kimya sanayiinde kullanılabilecek yepyeni proteinler elde edilebilecek.

New Scientist, 8 Nisan 2000

## Celera'nın Sirke Sineği Genomu Defolu mu?

20 Nisan 2000 tarihli Los Angeles Times'daki habere göre. Celera Genomics adlı biyoteknoloji şirketinin açıkladığı sirke sineği genomuna ait verilerin içinde, insan genomuna ait bilgiler yer aldığı bulundu. Buna göre, Celera Genomics'in açıkladığı veriler veriler arasındaki 69 parça kod, yani 150 000 DNA parçası, sirke sineğine değil, insan genomuna ait. Başka bir söyleyişle, sirke sineği genomunda olduğu tahmin edilen 180 milyon DNA yapı taşının % 0,1'i insan DNA'sından alınmış.

Yanlışlık, Ulusal Biyoteknoloji Bilgileri Merkezi, GenBank adlı, sirke sineği ve başka canlıların genetik kodlarını içeren ve halka açık bir Web sitesini kontrol ederken ortaya çıktı. Karışıklık ortaya çıktıktan hemen sonra da, Celera'nın söz konusu bilgileri Web sitesinden geri çektiği bildirildi. Bu haberle birlikte, insan genomunun dizili-



mi konusundaki yarışa yeni bir tartışma konusu daha eklendi. Özel bir kuruluş olan Celera Genomics, insan genomunun dizilimini daha önce bulmak üzere bilim adamlarının oluşturduğu halka açık bir konsorsiyum olan İnsan Genom Projesi'yle rekabet ediyor. Sirke sineğinin genom haritası, insan genomunun diziliminin ortaya çıkarılması konusunda ilk ve önemli bir basamak olarak kabul ediliyordu. Ancak, ortaya çıkan karışıklığın, bilimsel açıdan kalıcı bir hasara yol açmayacağı bildirildi.

Bu son gelişmeler, tam da Celera'nın yöneticisi Craig Venter'in, İnsan Genom Projesi'ni, projede çalışan bilim adamlarının genomu daha önce tamamlayabilmek için kestirmeden gittikleri konusunda Kongre'ye şikayet etmesinden sonra oldu.

Ash Zülal

[http://www.discovery.com/news/briefs/2000420/tech\\_genome.html](http://www.discovery.com/news/briefs/2000420/tech_genome.html)

## Neredeyse İnsan

İnsan ve fare, DNA'ları dikkate değer ölçüde benzer. İkisi de ortak bir ataya sahip. Her ikisinin de genleri, yaklaşık üç milyar baza sahip. Bunların sadece yüzde üçü fonksiyonel kodlara sahip. Bu yüzde üç, pek fazla mutasyon geçirmediğinden, büyük oranda değişmeden kalmış.

Kanadalı araştırmacılar fare genomunun haritasını çıkarmaya çalışıyor. Bu harita yardımıyla, DNA'yı tümüyle kopyalamadan, sadece eksikleri doldurarak yeniden yapabilmeye çalışıyorlar.

Celera adlı bir biyoteknoloji şirketiyle, "tüfek yöntemi"yle, tüm genomu rasgele parçalara bölüyor. Güçlü bilgisayarlar yardımıyla yeniden birleştiriliyor. Geleneksel sıralama yöntemine göre hata payının daha büyük olmasına karşılık, bu yöntem daha hızlı. Tüm bu çabalar, insan genomunun haritasını çıkarabilmek için. Tüm dünyada, bunu önce başarabilmek için büyük bir yarış var.



## Sigaranın Cilde Zararı

Cildimizin sağlıklı ve genç kalması için, vücudumuzda iki maknizmanın sağlıklı çalışıyor olması gerekli. Bunlardan biri eskiyen deriyi parçalarken, öteki yenisini üretir. Vücudumuz, collagen adlı proteini içeren eski deriyi parçalamak için, MMP olarak bilinen enzimlerden yararlanır. Collagen, normal derinin yüzde sekseninde bulunur.

Nagoya Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden akimichi Morita ve çalışma arkadaşları, sigaranın bu mekanizmaların düzgün işlemlerini engellediğini gösterdi. Yaptıkları deneyde kullanmak üzere bir sigara dumanı çözeltisi hazırladılar. Bunun için, her iki saniyede bir emilen sigara dumanının tuzlu su çözeltisine pompaladılar. Daha sonra, bu duman çözeltisini, collagen üreten insan derisi hücrelerinin bulunduğu kaplara azar azar eklediler.



Yaklaşık bir süresince duman çözeltisiyle temas halinde bulunan deri hücrelerinin ne kadar yıkıcı MMP enzimi ürettiğine bakıldı. Araştırmacılar, sigara dumanına maruz kalan hücrelerin normalden çok daha fazla MMP enzimi ürettiğini keşfettiler. Ayrıca, ne kadar yeni collagen üretildiğine bakıldığında, yaklaşık %40'lık bir azalma olduğu görüldü. İki et-

kinin bir araya gelmesi; yani bir yandan daha fazla yıkıcı MMP enzimi üretilirken bir yandan da daha az collagen üretilmesi, sigara içenlerdeki erken cilt yaşlanmasını açıklıyor. Araştırmacılar, laboratuvarında yaptıkları bu deneyi sınamak için, sigara içen ve içmeyen kişilerden alınacak deri örnekleri üzerinde çalışmayı düşünüyorlar.

Bu deneyin sonucu, öteki dermatoloji uzmanlarını da etkiledi. Philadelphia'daki Ululuslararası Dermatoloji Merkezi'nin başkanı Lawrence Parish, uzun zamandır bildikleri bir gerçeğin bilimsel olarak kanıtlandığını ve yapılan deneyden de çok etkilendiğini belirtiyor.

New Scientist, 15 Nisan 2000

## Kolay Yaşam

Alman araştırmacılar, laboratuvar ortamında yaşayan bir tür kemirgen olan gerbillerin, yabani türdeşlerine göre testislerinde büyüme, beyinlerinde de küçülme olduğu saptadılar. Deneyde kullanılan bu kemirgenler, 1935 yılında yakalanmış 20 yabani havyanın soyundan geliyor. Berlin'deki Hayvan Biyolojisi ve Yaban Hayatı Araştırma Merkezi'nden Steffen Blottner, laboratuvar ortamında,



rahat bir yaşam süren bu hayvanların daha çok sperm ürettiklerini ve beyinlerinin de yabanilerine oranla daha küçük olduğunu belirtiyor.

New Scientist, 22 Nisan 2000

# TÜBİTAK 2000

*TÜRKİYE Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) kırk yıla yakın bir süredir ülkemiz biliminin hizmetinde. Bir kuşak, onunla büyüdü. Adını duymayan yok gibi. Ancak kurum yeni bir binyılın başlangıcında yeni atılımlara hazırlanırken, bilimle görece daha yakından ilgili kişilerin bile TÜBİTAK'ın amacı, işlevleri ve gerçekleştirdikleri konusunda çok net bilgileri yok. Bilim ve Teknik, bu soruları sizlerin adına TÜBİTAK Başkanı Prof. Dr. Namık Kemal Pak'a ilettili.*



**T**ÜBİTAK'ın kurulmasından bu yana 36 yıl geçti. Geriye baktığımızda, bugünkü bilim ortamının 36 yıl önceki bilim ortamı olmadığını görüyoruz. Kuşkusuz TÜBİTAK da 36 yıl önceki TÜBİTAK değil. Hem kendisi büyümüş, hem de kendisi büyürken Türkiye'de bilim ve teknoloji sisteminin bugünkü durumuna gelmesinde epeyce önemli roller oynamış. Bugün Türk bilim teknoloji sistemini oluşturan aktörlere bakarsak, 72 üniversite, yüksek öğretimde 1,5 milyon öğrenci, 60 binin üzerinde akademik personel, binlerce firma. Bu rakamları 1963 yılına, TÜBİTAK'ın kuruluş günlerine çekersek, manzara bugünkü rakamlarla karşılaştırılamayacak kadar farklı: 3-5 üniversite, herhalde birkaç on bin öğrenci ve en iyimser tahminle birkaç bin öğretim üyesi. Burada önemli bir ölçü parametresi üzerinden de çarpıcı bir gelişme görüyoruz. Bence en kolay parametre, dünya bilimine yapılan katkının ölçütü sayılabilecek yayın sayıları açısından dünya sıralamasındaki yerimiz. Türkiye bugün Citation Index'te yayınlanmış 6000 civarında yayınıyla dünyada 25. sıraya gelebilmiş. Bu yerin, daha 1985'te 45. sıra olduğu, 500 civarında bilimsel yayın yapıldığı dikkate alınır sa ciddi bir sıçrama olduğu görülür. Demek ki sistem büyümüş.

**BT:** Citation Index'te gelişmiş ülkelerin haksız avantajları olduğu, handikap hesaplarını dikkate alan yeni bir sistem gerektiği yolunda görüşler var.

**Pak:** Doğru, bu sayıları belli normalizasyon faktörlerinden geçirerek anlamlı hale getirmek mümkün. Bunlar-

dan bir tanesi, harcanan her birim para karşılığı, bilimsel kazanım nedir; ya da fert başına çıktı nedir? Ama burada bence en doğrusu, harcananla ilişkilendirilen çıktı miktarları. Sistemi büyütürken, ki TÜBİTAK bunda önemli bir rol oynamış, Türkiye'nin böyle önemli bir maliyet hesabı yaptığını söylemek mümkün değil. Bilim ve teknolojiye yapılan yatırımların 1967'de ve 1993'te yapılan anket sonuçlarına göre GSMH içindeki payı binde 3 olarak seyretmiş. 1993'ten itibaren sistematik biçimde yapılan anketler de, binde 5'lere yaklaştığını söylüyor. Bugünkü rakamlara çevirmek gerekirse, Türkiye'nin kişi başına 3000 dolar civarında GSMH'si var. Yaklaşık 60 milyon da nüfusu var; demek ki 200 milyar dolar civarında bir GSMH'den bahsediyoruz. Bunun da binde beşini alırsak, yaklaşık 1 milyar dolarlık bir Ar-Ge harcaması var. Aca bu, nüfus başına kaç paraya denk düşer diye sormak mümkün. Belki daha anlamlısı şu: Üniversitelerde 60 000 akademik çalışan var dedik; firmalarda kesin bilmiyoruz ne kadar araştırmacımız olduğunu, ama yuvarlayıp belki bir 20-30 bin de oraya koyarsak, demek ki, kafa hesabıyla 80-90 bin civarında araştırmacımız olsa, 1 milyar doların kişi başına düşen miktarı 10 000 dolar kadar. Çok kötü görünmüyor. Ama bunu, gelişmiş ülkelerdeki rakamlarla karşılaştırdığınız zaman, 2-3 faktörü kadar düşük. Gene de girdilerdeki tedrici ilerlemenin, çıktılarını iyileştirdiği belli. TÜBİTAK'ın kuruluşunun, gelişiminin, getirdiği destek yöntemlerinin sistemde gerçekten bir hizmet gördüğünü söylemek mümkün: Ülke, Cita-

tion Index'te 45. sıradan 25.lige yükselmiş. Tabii burada ciddi bir uyarı da var: Türkiye tedrici olarak 15 sene içinde 20 basamağı atlayarak geldi. Şu anda önümüzdeki ülke Finlandiya. Finlandiya ile ülkemizin yayınları arasındaki fark 2000. Geçebileceğimiz ülkeleri geçtik artık. Şu ana kadar kullandığımız tedrici iyileştirme yöntemleriyle önemli bir sıçrama yapmamız mümkün değil; dolayısıyla Türkiye dönüm noktasında. Daha yükseklere yer aramak istiyorsa, ekonomide ve pek çok diğer sektörde olduğu gibi, artık "kuantum sıçrayışları" anlamında yeni önlemler gerekiyor. Aksi halde Türkiye'nin bu 25. sırayı koruması bile başarı sayılabilir.

**BT:** Peki bu sıçramada TÜBİTAK'ın üstlendiği asıl işlev nedir? Bilimi üretmek mi, eşgüdümlemek mi, üretimini kolaylaştırmak mı?..

**Pak:** TÜBİTAK'ı 1963'te kuran değerli büyüklerimiz dünyadaki modelleri iyice araştırmışlar. Akademi modelleri varmış; bir Kuzey Amerika ve Batı Avrupa'daki akademiler, ve bir de Sovyet akademileri. Bunlar yapı olarak farklı. Batı dünyasındaki akademiler, bilimin ve bilim insanlarının ayrıcalıklarını tescil eden prestij kurumları. Doğu blokundakilerse, fabrika gibi, araştırma enstitüleri görünümünde olan, profesyonel bilim insanlarının çalıştığı yerler. Bir de konsey türü modeller var ki, bilimsel araştırmaları destekleyen, araştırma fonu yönetimi işlevlerini de yerine getiren yapılar. Uzun değerlendirmeler sonunda saptanan sorunların çözümünde en etkili olabilecek olan aracın konsey modeli olduğunda karar kılınmış. Kanunu hazırlarken öngördükle-



ri araçları da iyice tarif etmişler. O da temel felsefelerini yansıtıyor: Önce kendi belirlediği alanlarda araştırma yapacak, dışındaki üniversite ve araştırma kurumlarında faaliyette bulunan bilim insanlarına kaynak sağlayarak destek verecek, pozitif bilim alanlarında bilim adamı yetiştirecek bir kurum yaratmak.

**BT:** Bu işlevleri yerine getirirken TÜBİTAK'ın izlediği bir strateji, bir vektör var mı? Şu anlamda: Gelişmekte olan ülkelere özellikle ekonomik gelişmeye, üretime yönelik bilim öneriliyor. Oysa Pakistan asıllı Nobel ödüllü fizikçi Abdus Salam, gelişmekte olan ülkeler için kuramsal araştırmaların da çok önemli olduğunu vurguluyor.

**Pak:** Seçenekler iki tane değil. Üç, dörde de çıkabiliyor. Türkiye'de bunu ağırlıklı olarak hissetmek mümkün. Bilgi toplumu ve bilgi ekonomisi, enformasyon ekonomisi denen yeni modaliteye doğru kayılıyor. Elektronik ticaretten tutun artık pek çok sistemin İnternet'e girişi ve getirdiği yenilikler tüm yaşamımızı bir şekilde etkileyecek gibi. Onun için bütün politikaların, ekonomik politikalar kadar bilim ve teknoloji politikalarının da buna uyumlu bir biçimde değiştirilmesi lazım. Bizim gibi geriden gelip de olsa olsa iyi taklit, akıllıca taklit yapabilme durumunda olan ülkelerin dünyadaki fazları izlerken hata yapmamaları gerekiyor. 1990'daki büyük dönüşüm çok ciddi dersler öğretti. Kuzey Bloku çöktü. Kuzey Bloku'nun çökmesiyle ondan 15-20 sene önce başlayan Pasifik'teki yükseliş arasında ciddi karşılaştırmalar yapmak mümkün.

Dünyanın en iyi bilim insanlarının büyük çoğunluğu Kuzey Blokunda. Ancak bilgi üretim mekanizmasından toplumsal refaha dönüşebilme mekanizmalarının tüm araçları tarif edilmemiştir. Buna karşılık, aşırı örnekleri olsa da Pasifik kıyısında, Japonya, Kore, Singapur, Tayvan vb. ülkeler temel altyapıyı ihmal etmeden ekonomik refaha gidebilen araçların hepsini tarif ettiler.

Kore'yle biz 1960'lı yıllarda aynı bilimsel üretimdeymişiz. Aynı kişi başına GSMH düzeyindeymişiz: Yaklaşık 500 dolar. Aynı üniversite sayısında mıydık. Bilimsel yayın sayısı 500 ci-

varında. Şimdi onlar bizim kişi başına ulusal gelirimizin dört katındalar, yayın sayısında da aşağı yukarı dört mislindeler ve bunlar birbiriyle el ele gidiyor. Ama ayrıca 130 milyar dolarlık da bir ihracat hacmi var. Şimdi bunlar öylesine yakından ilişkili ki... Onlar inovasyon sistemini, firmalarını kurdular, o firmaları ayakta tutacak, ürün üretebilecek, piyasada rekabet edebilecek duruma getirmek için mali ve gereken diğer tüm mekanizmaları kurdular. Oradaki firmaların ulusal Ar-Ge sistemi içinde hem aktör olarak hem de finansör olarak payları yüzde 70 civarında. Türkiye'deyse bu firmaların payını, yeni getirdiğimiz bazı önlemlerle yüzde 30'a kadar çıkarabildik. 93'teki ülke incelemesini yaptığımızda %15 civarındaydı. Bakın iyi bir enstrümanın ne kadar etkili olduğunu göstermek için söylüyorum: 1995'te sanayiye Ar-Ge diye bir mekanizma



geliştirdik. 98'de bunu iyileştirecek yeni önlemler de aldık. Sanayideki o gizli Ar-Ge potansiyelini hayata geçirdik.

**BT:** Nasıl? Para aktarımı mı yaptınız?

**Pak:** Evet ama %100 değil. Piyasadaki firmalara, "eğer Ar-Ge yaparsanız, bunun maliyetinin yarısını devlet olarak vereceğiz" diyoruz. Ar-Ge yaptırarak, olumlu sonuçları görmelerine yardım ediyoruz, daha iyi ürünlerle piyasaya çıkmalarını, uluslararası piyasalarda rekabet edebilme koşullarını hazırlıyoruz. 1995'li yıllarda Türkiye Avrupa Birliği'nin kapılarını zorlar-ken Gümrük Birliği'ne girdi. Dünya Ticaret Örgütü'nün, GATT, Uruguay Round antlaşmasını imzaladı. Global

planın bir parçası haline geldi. Bu hem avantajlı, (silkinmek, yukarı doğru çıkabilmek için) hem de tehlikeli: Global pazarlara açılırken, kendi pazarınızı da global piyasaya açıyorsunuz. Dolayısıyla sizin piyasınıza giren daha kaliteli ve daha ucuz mallarla rekabet edememe durumu söz konusu. Türkiye için bu bir hayat memat meselesi. Artık anlaşıldı ki, ben 60 milyon tüketiciye daha iyi ve ucuz mal sunmak zorundayım. Bu da innovasyondan; yenilikçi hareketlerden geçiyor. O halde bunlara Ar-Ge yeteneği kazandırmak lazım.

**BT:** TÜBİTAK'ın kendi Ar-Ge'si ne durumda?

**Pak:** ULAKBİM'le başlamak isterim: İnterneti TÜBİTAK getirdi Türkiye'ye. Enformasyon toplumuna hazırlanma yolunda, çok fazla görülmeyen, ama maddi ve manevi külfeti yüksek büyük bir hizmettir. 1991 ve 92'deki yoğun çalışmalarıyla Türkiye'yi İnternet ailesine kattı. 23 Ekim 1992'de ilk bağlantı kuruldu. 5 Nisan 1993'de ilk hat kuruldu. 21 Nisan 1993'te ilk ateş yandı ve İnternet Türkiye'de genel kullanıma sunuldu.

Şimdi TÜBİTAK'ın 10 tane enstitüsü var. 8 araştırma grubu var, akademik Ar-Ge için uğraşan, TİDEB'i var sınai Ar-Ge için uğraşan, 2100 kişilik personeli var yaklaşık. Her yıl 1000'e yakın proje stokuyla akademik sektöre, 500'e yakın proje stokuyla sanayi sektörüne hizmet veriyor. Türkiye'de aşağı yukarı 1000'e yakın elit bilim insanının yetişmesine katkıda bulunmuş. 10 000'e yakın proje desteklemiş bir kuruluş. Ve bütün bunları devletten aldığı ve değişebilen, 30-40 milyon dolarlık bir yardımla yapıyor. 10 tane araştırma merkezi ve enstitüsü içinde MAM, BİLTEN, Ulusal Gözlemevi ve ÇİTTAGE'sine kadar geniş bir yelpaze var. O halde TÜBİTAK gerçekten Türkiye'de birkaç başka kuruluşla birlikte en ağırlıklı bilim ve teknoloji üretimini yapmış.

Örneğin Marmara Araştırma Merkezi (MAM) ne iş yapar. Orada aşağı yukarı teknolojinin bütün dallarında faaliyet gösteren enstitülerimiz var; uygulamalı araştırmalar yapıyoruz. Yani bilgisayar yongası da üretiyoruz, Malzeme Enstitümüzde en yeni seramik malzemeleri de üretiyoruz. Bunları piyasaya sürebiliyoruz. Üretici şir-

ketlerle ortaklıklar da kurmak dahil her türlü esnek yöntemi kullanıyoruz.

**BT:** Yani para da kazanılıyor.

**Pak:** Para kazanıyoruz. Örneğin Marmara Araştırma Merkezi'nde, ulusal bütçeden aldığımız kaynak dışında özgelir diyebileceğimiz miktarı %30'lara kadar çıkartabildik. Aynı kam-

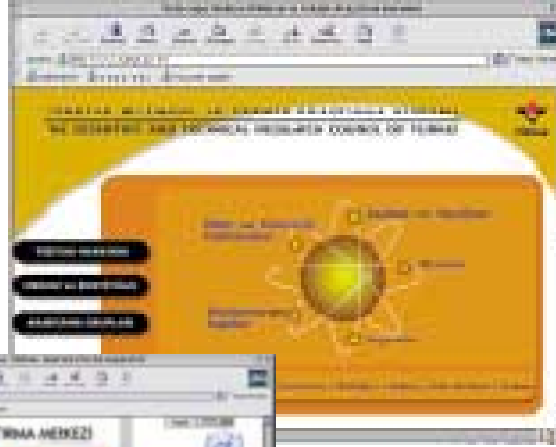
püste bulunan kriptoloji merkezimizde, silahlı kuvvetlerimizin ağırlıklı olarak yararlandığı, çok önemli, üretime yönelik projeler yürütüyoruz. Burada %80'e varan özgelirimiz var. SAGE adlı birimimizde, gene silahlı kuvvetlerimizle belli ölçüde işbirliği içinde füzeler ve optik araştırmalar yapıyoruz. En son olarak, geliştirdiğimiz bir füzeyi 100 km uzağa attık. Daha da geliştirmek, güdüm mekanizması da eklemek mümkün. Bütün bunlar, sözleşmeli araştırmalar dediğimiz, piyasa için bir gelir karşılığı yapılan araştırma hizmetleridir. Problem çözmeye, ürün yaratmaya ve ilgili üretici kuruluşlarla birlikte "üretime" yönelik olarak yaptığımız faaliyetlerdir. Temel araştırmalar yaptığımız bir temel bilimler araştırma enstitümüz var İstanbul'da; Feza Gürsey Enstitümüz.

**BT:** Araştırmalar fizik ağırlıklı mı?

**Pak:** Bu, oldukça yeni bir enstitü. Önce Marmara Araştırma Merkezi bünyesinde bir enstitü olarak işlev görüyordu. 1997'de bunu TÜBİTAK Başkanlığı'na bağlı bağımsız bir enstitü haline getirerek Kandilli'ye taşındık. Ağırlıklı olarak matematik ve kuramsal fizik alanında faaliyetler, araştırmalar ve yetiştirmeye yönelik periyodik çalıştaylar aracılığıyla yürütülüyor. Demek ki TÜBİTAK araştırmaları bağlamında çok geniş bir yelpazemiz olduğunu söylemek rahatlıkla mümkün.

**BT:** Üretilen bilim "karatahta bilimi" değil. Peki MAM, ABD'deki, Avrupa'daki büyük ulusal laboratuvarlarla karşılaştırılabilir mi?

**Pak:** Lawrence Berkeley Lab'a, Brookhaven'a benzeyen bir laboratuvar.



**BT:** Donanım açısından?

**Pak:** Donanım açısından oldukça iyi.

**BT:** Parçacık hızlandırıcısı?

**Pak:** Hızlandırıcımız yok. Çok küçük hızlandırıcılar var; bunlar deneysel akseleratörler değil. Bizim böyle büyük yüksek enerji projelerine ulus olarak girmemiz söz konusu değil; önemli projelere "taraf" olarak konsorsiyumlarla girmemiz söz konusu. CERN'de iki projede yer alıyoruz. TÜBİTAK Başkanlığı'na yapılan protokoller çerçevesinde. Bugünlerde Avrupa Uzak Ajansı ESA ile görüşmelerimiz sürüyor; üyelik için çabalarımız var. Avrupa Birliği'nin ortak bilim konseyi haline gelmek yolunda adımlar atan Avrupa Bilim Vakfı'nın yönetim kurulunda temsil ediyoruz. Pek çok uluslararası projede ikili ve çoklu düzeyde tarafız. NATO'dan oldukça büyük kaynaklarla "İstikrar için Bilim" ve "Barış için Bilim" programları bağlamında taraf olduk.

TÜBİTAK belli bir noktaya geldi. Büyük bir kuruluş; daha önemli roller oynamaya da aday bir kuruluş. Yenilerde de deprem konusunda, depremin bilimsel ve teknolojik bütün boyutlarından sorumlu, "Deprem Konseyi"ni kurup işletmekle sorumlu kıldık. Bu konuda, Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu'ndan, Türkiye için "mega proje" sayılabilecek üç proje için kaynaklar çıkarttık. Uluslararası

planda da Fransızlarla, Amerikalılarla, NATO ile bu büyük projelere yaklaşmak için ilişkilerimiz sürüyor.

Bu bağlamda TÜBİTAK, gerçekten önemli işler gören, ama daha da büyük işler görmeyi hedefleyen bir kuruluş. Az kaynakla çok iş yapmayı öğrenmiş, oldukça seçkin faaliyetleri olan ve seçkin insanları çalıştırabilecek düzeye gelmiş bir kurum. Ama bir şeyi atlamayalım: TÜBİTAK Türkiye'de bilimi

popülerize etmek bağlamında da çok, ama çok önemli işlevler görüyor.

TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi'nin Türkiye'nin en çok satan dergisi olması çok anlamlı.

Ama herhangi bir dergi 50 000 – 60 000 adet satmakla mı bu noktaya gelmeliydi. 60 milyonluk bir ülkede olması gerektiği gibi 1 milyon satarak bu noktaya gelmeliydi. Ama bu, ülkenin genel ayıbı. Bilim ve Teknik'le, hedef kitle olan her yaştaki gence bilimi taşıyabilme işini belli bir ölçekte yaptık. Daha da iyi yapmak durumunda olacağımızı biliyorum. Ama benim biraz da duygusal anlamda, daha da önem verdiğim bir program, Popüler Bilim Kitapları. Bunlar şu anlamda önemli: Benim yetiştiğim yıllar, ki biz 68 kuşağıyız, ülkemizde aydınlanmanın ara ara şaha kalktığı, patladığı yıllardı. Biz Hasan Âli'nin (Yücel) klasikleriyle büyüdük. Ödüllendirilmemiz gerektiği zaman bize bir demet klasik kitap verdiler. Plato'yla orada tanıştık. Poincare dizilerini üç-beş kez, küçükken, ortaokul ortamında okumaya çalıştım. "Bir gün acaba buna benzer bir şey yapılabilir mi?" Bu, sürekli gördüğüm bir rüyaydı.

TÜBİTAK'a yönetici olarak geldiğim 1990 Kasım'ından beri de hep aklımdaydı bu. Bunun yapılabileceğini gördük ve 1992-1993 yıllarında hayata geçirdik. Geldiğimiz nokta iyi (130 kitap); daha iyiye de götürmek mümkün. Popüler Bilim Kitapları programıyla Hasan Âli'nin klasikler programının devamını hayata geçirdik denebilir.





# 5 Mayıs'ta Gezegenler Toplanıyor

Ne zaman eşine az rastlanır bir gök olayı olsa, bilim dışı çevrelerce hemen birtakım tartışmalar başlatılır. İşte, bu gök olaylarından biri, 5 Mayıs günü gerçekleşecek. 5 Mayıs'ta, çıplak gözle görebildiğimiz beş gezegen (Merkür, Venüs, Mars, Satürn ve Jüpiter), Ay, Dünya ve Güneş hemen hemen aynı doğrultuya gelecekler.

Söylentilere bakılırsa, Dünya 5 Mayıs'ta "kıyamet gününü" yaşayacak. Tüm gezegenlerin, Ay'ın ve Güneş'in kütleçekimi biraraya gelecek ve bu olay yeryüzünde felaketlere yol açacak. Dünya'nın dönme eksenini kayacak, çok şiddetli depremler, fırtınalar olacak, her yeri sel basacak.

Bu inanışların temeli, biraz da astrolojiye dayanıyor. Astroloji, geçmiş çok eskiye dayanan, gezegenlerin, hatta yıldızların insanlar üzerindeki bir takım etkileri olduğunu savunan yanlış bir inanış. Ne yazık ki, günümüzde bile, birtakım çıkarlar uğruna, yıldız falcılığı gazete ve televizyon gibi bir takım iletişim araçlarının

da yer alıyor. Gerçekte gök cisimlerinin üzerimizdeki etkisi o kadar az ki, çevremizdeki eşyalar bile bizi onlardan çok daha fazla etkiler.

Yörünge düzlemlerinin birbirine yakın oluşu nedeniyle, iki ya da daha fazla gezegen sık sık gökyüzünde bir araya gelir. Bu tür buluşmalar, genellikle fazla bilimsel değer taşımasa da amatör gözlemcilerin en çok gözledikleri gök olayları arasındadır. Aslında bu, gerçek bir buluşma değildir. Bakış açımızdan dolayı, hemen hemen arka arkaya duran gezegenleri, yan yana duruyor gibi görürüz.

Bugün, bilgisayar programları sayesinde, Güneş sistemindeki dizilmeleri kolaylıkla hesaplayabiliyoruz. Oysa, bilgisayarların olmadığı dönemlerde bu tür hesaplamaları yapmak büyük emek gerektiriyordu. 5 Mayıs'taki dizilmeye dikkati çeken ilk kişi, 1000 ile 2400 yılları arasındaki dizilmeleri elle hesaplayan Belçikalı gökbilimci Jean Meeus oldu. Meeus'un bu hesaplamaları, bundan



yaklaşık 40 yıl önce, 1961'de ünlü gökbilim dergisi Sky & Telescope'da yayımlandı. Bu tarihten sonra, bu dizilme, pek çok gazete ve kitapta felakete yol açacağı iddalarıyla ele alındı.

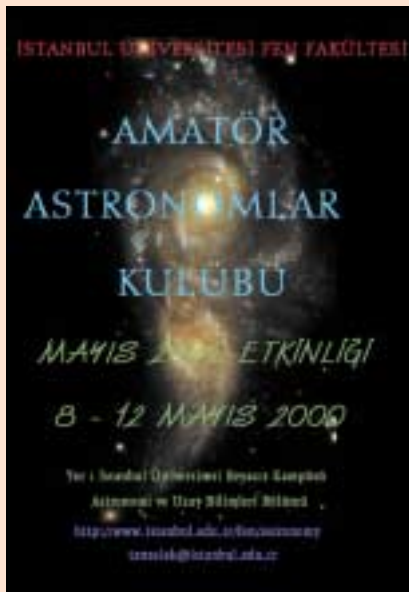
Peki, gezegen dizilmelerinin üzerimizdeki etkisi ne kadar? Aslında bu etki yok denebilecek kadar az. Dün-

## İstanbul'da Gökbilim Etkinlikleri

İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Amatör Astronomlar Kulübü (İÜFF-AAK) gelenekselleşmiş Mayıs Etkinlikleri'nin beşincisini hazırladı. Etkinlikler, 8-12 Mayıs 2000 tarihlerinde İstanbul Üniversitesi Gözlemevi'nde yapılacak. Etkinliklerde, amatör gökbilim ile ilgili seminerler, Güneş ve gece gözlemleri, video gösterileri yer alacak.

Seminerler kapsamında, Türkiye'deki Gözlemevleri, Gökyüzü Fotoğrafçılığı, Işık Kirliliği, Gökküre ve Görünen Hareket, Takımyıldızlar ve Gök Atlası, Amatör Gözlemler, Bilimsel Gözlemler, Değişen Yıldızlar, Teleskoplar, Güneş, Yıldızlararası Yolculuklar gibi konuların yanı sıra; Kozmolojik Evrim ve Neden Düşünmek İstemiyoruz adlı geniş perspektifli konular da var. Ayrıca gökbilim ile ilgili çeşitli kitap, poster ve resimlerin yer alacağı stantlar da etkinlik süresince açık olacak. Etkinlikler, İstanbul Üniversitesi Beyazıt yerleşkesinde yapılacaktır.

Tel: (212) 522 35 97'den Tansel Ak  
e-posta: tanselak@istanbul.edu.tr  
salis@isbank.net.tr  
Internet: <http://www.istanbul.edu.tr/fen/astromony>



## 4. Amatör Astronomlar Yaz Okulu

Ege Üniversitesi Gözlemevi ve Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü'nün İzmir'de düzenlediği Amatör Astronomlar Yaz Okulu'nun dördüncüsü bu yıl 3 Temmuz-12 Ağustos 2000 tarihleri arasında yapılacaktır. Bu yaz okullarının amacı, gökbilimi seven ve merak eden herkese bilimsel bir ortam içinde temel gökbilim eğitimi vermek; gece boyunca gözlem yaptırmaktır.

Yaz okulu, birer haftalık altı dönem olarak yapılacaktır. Okul, gökbilime ilgi duyan ve bu alanda en temel bilgilere hızlı bir şekilde ulaşmak isteyen 15 yaşından büyük herkese açıktır. Yaz okuluna katılmak isteyenler, bu dönemlerden kendileri için uygun herhangi bir dönem için başvuruda bulunabileceklerdir. Okula katılacaklar, kente 17 km uzaklıkta ve 632 m yükseklikteki Kurudağ'da bulunan Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde konuk edilecekler ve konaklayacaklar. Başvuru için belirlenen son tarih, 9 Haziran 2000'dir.

Adres: Ege Üniversitesi Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 4. Amatör Astronomlar Yaz Okulu, 35100 Bornova-İzmir  
e-posta: [severen@astronomy.sci.ege.edu.tr](mailto:severen@astronomy.sci.ege.edu.tr)  
Üniversite Tel: (232) 3884000/2322, Gözlemevi Tel: (232) 4411752

ya üzerinde etkisi en fazla olan gökcsimi Ay'dır. Bu da onun öteki gökcsimlerine oranla Dünya'ya çok yakın olmasından kaynaklanır. Ay'ın etkisi kendini en belirgin olarak gelgitlerle gösterir. Güneş, Ay'a oranla çok daha büyük bir gökcsimi olmasına karşılık, onun gelgit etkisi Ay'ınkinin yaklaşık üçte biri kadardır.

Öteki gezegenlerin Dünya üzerindeki etkilerini anlamak için, onların gelgit etkilerini Ay'ınkiyle karşılaştırabiliriz. Bu gezegenlerin, Dünya'ya en yakın oldukları konumdaki gelgit etkilerine bakalım. Merkür'ün gelgit etkisi Ay'ınkinin on milyonda üçü; Venüs'ünki yüz binde beşi; Mars'ınki milyonda biri; Jüpiter'inki milyonda altısı; Satürn'ünki on milyonda ikisi olur. Ancak, 5 Mayıs'taki durum daha farklı. Tüm gezegenler Güneş'in öteki tarafında; yani neredeyse Dünya'ya en uzak konumlarında yer alacaklar. Bu durumda, yakınlığı nedeniyle Dünya'ya (Ay ve Güneş'ten sonra) en fazla etkisi olan Venüs'ün etkisi, en ya-

büyük oranda onun parlak ışığında kayboluyorlar.

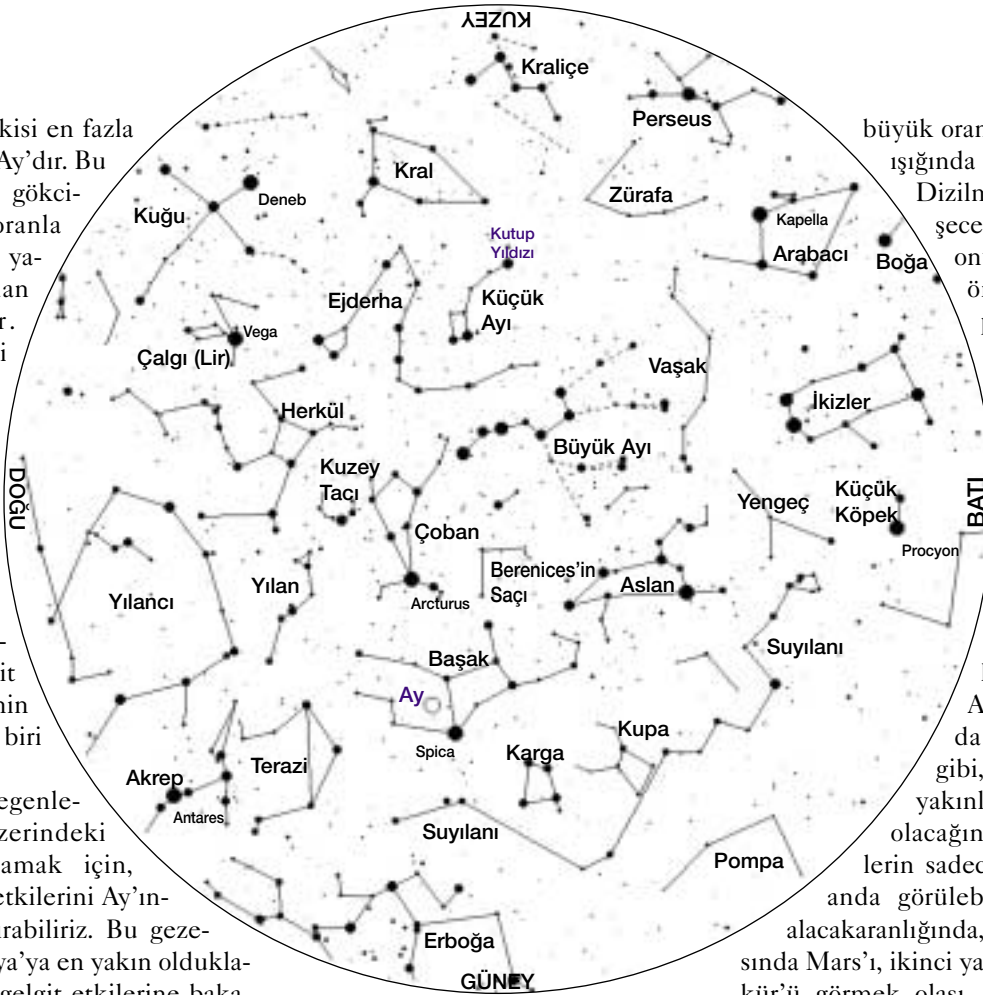
Dizilmenin gerçekleşeceği 5 Mayıs'ta ve onun birkaç gün öncesinde, beş parlak gezegen, gökyüzünde 27 derece çaplı bir alan içinde bulunacaklar. Ayın 27'sinde, bu alanın çapı daha da küçülerek 19,5 dereceye kadar düşecek.

Ancak, yukarıda da değindiğimiz gibi, Güneş de bu yaklaşmanın içinde olacağından, gezegenlerin sadece bir-ikisi aynı anda görülebilecek. Akşam alacakaranlığında, ayın ilk yarısında Mars'ı, ikinci yarısında da Merkür'ü görmek olası. Jüpiter ve Satürn'se, sabah gökyüzündeler; ancak, ikisi de Güneş'e çok yakın olduğu için ayın başlarında gözlenemeyecek. Ayın sonlarına doğru, bu gezegenler biraz daha iyi konuma gelecekler. Ancak, yine de rahat bir gözlem yapmak için henüz erken. Sabah gökyüzündeki bir başka gezegen de Venüs. Ancak, bu gezegeni görmek için de epeyce uğraşmak gerekiyor. Çünkü, o da Güneş'e çok yakın konumda.

Ötekilere oranla daha rahat gözleyebileceğimiz Mars, yaklaşık 1,5 kadır parlaklıkta. Gezegen, Mayıs'ın ilk haftalarında, Güneş battıktan yaklaşık bir saat sonra batıyor. Mars'ı gözleyebilmek için, Güneş battıktan yaklaşık 45 dakika sonra batı-güney-batı ufku üzerine bakmalısınız. Gezegen ufka çok yakın olacağından, yüksekçe bir yerden gözlem yapmalısınız. Ayın ilk haftasından sonra, gezegen Güneş'in parlak ışığında kaybolacak.

4 Mayıs'tan sonra, Ay, hilal evresinde olarak batı ufkunda yükselmeye başlayacak. Uydumuz, 4 Mayıs'ta yeniay, 10 Mayıs'ta ilkdördün, 18 Mayıs'ta dolunay, 26 Mayıs'ta sondördün evrelerinden geçecek.

Alp Akoğlu



15 Mayıs 2000 Saat 22:00'de gökyüzünün genel görünüşü

kın olduğu konuma göre yaklaşık 500 kez azdır.

Yukarıdaki değerlerden de anlayacağımız gibi, 5 Mayıs'ın korkulacak bir yanı yok. Şimdi, olayın bizi en çok ilgilendiren, gözlemsel yanına dönelim. Yaratığı etkiye karşılık, dizilme, gözlemsel bakımdan pek de tatmin edici nitelikte değil. Çıplak gözle gözlenebilen gezegenlerin tümü Güneş'in öteki tarafında kaldığından,



12 Mayıs, Güneş battıktan 40 dakika sonra



18 Mayıs, Güneş battıktan 40 dakika sonra



# 21. Yüzyılın Yörünge Araçları

**D**ÜNYA'nın çevresine uydu yerleştirmek, artık hem sıradan hem de basit bir iş haline aldı. Uzay çağını başlatan Rusya ve ABD'nin yanı sıra bugün Çin, Japonya ve Fransa'nın başını çektiği on kadar ülke, kendi geliştirdikleri roketlerle yörüngeye yük taşıyabiliyorlar. Ne var ki günümüz koşullarında geleneksel insansız roketler, artık pahalı ve verimsiz kalmaya başladı. Bunlarla Dünya yörüngesine bir uydu taşımanın maliyeti, kilogram başına on bin dolar dolayında. Uzay mekikleri, bu konuda roketlere göre daha güvenilir ama daha da pahalılar; kilogram başına yirmi bin dolara yakın.

Dünya çevresine yerleştirilen uydu sayısı her yıl, bir önceki yıldan daha fazla oluyor. Örneğin, yalnızca 1997'de 150 yeni uydu fırlatıldı. Bu sayı 1996'da fırlatılan uydu sayısının neredeyse üç katı. Uzmanlar, 2007'de, Dünya yörüngesindeki yalnızca iletişim uydusu sayısının 1200'ü aşacağını tahmin ediyorlar. Bunlara ek olarak, askeri ve sivil amaçlı daha birçok uydu olacak. Yörünge'deki etkinlikler yalnızca uydu yerleştirmekle sınırlı değil. Önümüzdeki on yıl içinde 50 dolayında bilimsel gözlemevinin uzaya gönderilmesi planlanı-

yor. Uluslararası Uzay İstasyonu'nun yapımı için 43 kez yörüngeye çıkılması gerek. Daha sonra da 15 yıl boyunca istasyona sürekli insan ve kargo taşınacak. Bütün bunlarla birlikte, patlamaya hazır bir "yörünge endüstrisi" de kapıda bekliyor. Dünya yörüngesindeki mikroçekim ortamında üretim yapma, uzay turizmi, yörüngede film çekme ve gösteri düzenleme, yörünge hastaneleri, uzun mesafeli hava taşımacılığının yörüngede yapılması gibi birçok alan,

uzay taşımacılığının ucuzlamasını ve güvenilirliğinin artmasını bekliyor.

Böyle bir durumda, teknolojik yenilikler içeren, güvenilir ve işletmesi ucuz fırlatma araçlarının geliştirilmesi, ticari anlamda büyük önem kazanıyor. Yüz milyarlarca dolarlık bu pazar, havacılık ve uzay şirketlerinin iştahını kabarttıkça kabartıyor. ABD'de on kadar özel şirket yaklaşık on yıldır yeni kuşak uzay araçlarının tasarım ve denemeleri üzerinde çalışıyor.

## Uzay Mekiği

Yirmi yıldır kullanılan uzay mekikleri, ABD'nin uzay taşımacılık sisteminin temel ögesidir. Hemen her türlü uzay araştırmasında ve uygulamasında kullanılırlar. Uzay mekiği, bugün için uzaya gidip geri gelebilen ve yeniden kullanılabilen, insanlı ilk ve tek araçtır. Bir bakıma, Amerikalıların "Ay yarışı"nı kazanmalarından sonra başlayan uzay istasyonu yarışının bir yan ürünüdür, uzay mekiği.

1969 yılının sonlarında, Ay'a inişin üzerinden daha birkaç ay geçmemiştir ki ABD'de yeni bir uzay taşımacılık sisteminin çalışmalarına başlandı. NASA, katı yakıtlı roketleri olan, yeniden kullanılabilen, insanlı bir uzay aracının





**Yeniden kullanılabilen, tek aşamalı ve insanlı uzay aracı projelerinden biri de Mc Donnell Douglas şirketinin yapmaya çalıştığı DC-X'ti. Ne var ki denemeler pek başarılı sonuçlanmayınca proje NASA'ya devredildi.**

maliyet ve tasarım çalışmalarına girişti. Bu araç Dünya yörüngesine yerleştirilecek bir uzay istasyonuna, mürettebat ve kargo taşıyacaktı. Böylece uzay mekiği düşüncesi gerçekleşmeye başladı.

İki yıl sonra NASA, uzay mekiği filolosunun üretimi konusunda Boeing şirketiyle anlaştı. Boeing şirketi ilk uzay mekiğini dokuz yıllık bir çalışmanın sonunda ancak 1981'de bitirebildi. Bu mekiğe *Columbia* adı verildi. *Columbia*, gerçekte 1792'de Kaptan Robert Gray komutasında, bugünkü Washington ve Oregon eyaletlerinin keşfinde kullanılan geminin adıydı.

1980'li yılların başında Sovyetler Birliği'nde de bir mekik projesi başla-

tılmıştı. Hatta, *Buran* (kar fırtınası) adlı bu mekiğin ilk deneme uçuşu pilotsuz olarak, yerden kumandayla yapılmıştı. Ne var ki gereken para bulunamadığı için bu önemli proje durduruldu.

Boeing daha sonra *Challenger*, *Discovery*, *Endeavour* ve *Atlantis* adlı dört uzay mekiği daha üretti. Tıpkı ilk mekiğe olduğu gibi sonra üretilen mekiklere de ABD tarihinde önemli görevler üstlenmiş gemilerin adları verilmişti.

*Columbia*, yörüngeye ilk yolculuğunu, 12 Nisan 1981'de yaptı. Bu ilk görev, 2 gün 6 saat sürdü. Uzay mekikleri, o günden bugüne değin, geçen

ayki son görevle birlikte, toplam 98 kez uzaya gittiler. Bu görevlerde çok önemli bilimsel ve teknolojik çalışmalar gerçekleştirildi. Örneğin, yörünge-deki mikroçekim ortamında tıbbın birçok alanında ve farmakolojide birçok deney yapıldı; çok sayıda uydu yörüngeye yerleştirildi; Dünya'daki yeni petrol yatakları ve madenler araştırıldı; Uluslararası Uzay İstasyonu'nun modülleri birleştirildi; çöllerin ortasındaki yitlik antik kentler ortaya çıkarıldı, vb.

Şu anda ABD'nin elinde dört uzay mekiği bulunuyor. İkinci uzay mekiği *Challenger*, ne yazık ki 28 Ocak 1986'da, mürettebatın tümünün ölümüyle sonuçlanan bir patlamayla yok oldu. Bu olaydan sonra mekik çalışmalarına bir süre ara verildi.

## Görev

Uzay mekiklerinin fırlatıldığı yer, NASA'nın Florida'daki John F. Kennedy Uzay Merkezi'dir. Kontrol merkezi fırlatma rampasından 3-4 km uzakta yer alır. Mekik fırlatma için hazırlanınca ek sıvı yakıt tankı ve onun iki yanındaki katı yakıtlı roketlerle birleştirilir. Sonra bütün sistem rampaya taşınır. Fırlatma sırasında katı yakıtlı ek roketler ve sıvı yakıt tankı çalışır. Mekik havalanır. Fırlatmadan yaklaşık iki dakika sonra katı yakıtlı roketlerin yakıtı tükenir ve mekikten ayrılırlar. Bu roketler paraşütlerini açarak okyanusa düşer; sonra da yeniden kullanıl-



**İlki 1981 yılında tamamlanan ve göreve başlayan uzay mekikleri, yeniden kullanılabilen, insanlı uzay araçlarıdır. Ne var ki tek aşamalı değildir. Kendi roket motorlarına ek olarak büyük bir sıvı yakıt tankı ve onun iki yanında yer alan ek katı yakıt roketleri bulunur. Tıpkı bir roket gibi kalkar ve uçar gibi inerler.**





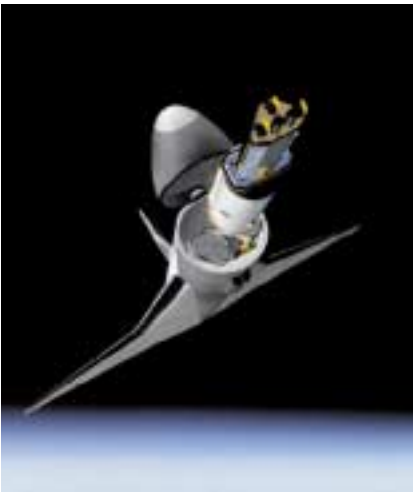
*Rotary Roket Şirketi'nin uzay aracı Roton, tıpkı klasik bir roket gibi fırlatılıyor. Dünya yörüngesine ulaşıp, yükünü bıraktıktan sonra hızla atmosfere giriyor. Yere inerken aracın önündeki büyük pervaneler açılıyor ve araç tıpkı bir helikopter gibi iniyor.*

mak üzere uzay üssüne götürülürler. Katı yakıt roketlerinin kopmasından yaklaşık sekiz dakika sonra büyük sıvı yakıtlı roketin yakıtı tükenir ve mekikten ayrılır. Bu roket de okyanusa düşer, ama yeniden kullanılmayacağı için toplanmaz.

Yörüngeye giren mekik, saatte 28 000 km'lik bir hızla Dünya'nın çevresinde dolanmaya başlar. Dünya çevresindeki bir turunu, yaklaşık 90 dakika da tamamlar. Bir görevde 8-10 kişilik bir ekip mekikle yörüngeye çıkar. Ekibin komutanını, pilotunu ve görevin uzmanı NASA saptar. Yörüngeye taşınan yük ile ilgili özel kişiler NASA dışından olabilirler; bunların astronot olması da zorunlu değildir. Mekikteki astronot ve bilim adamları her 45 dakika-

kada bir Güneş'in doğuşunu ve batışını görür. Uzay mekikleri Dünya'dan 250-950 km yukarıda ve 57° Kuzey ile 57° Güney enlemleri arasında çalışır.

Mekiğin görev süresi genellikle 10 gün olur. Ancak mekikte 2-3 günlük yedek oksijen, yakıt ve yiyecek bulunur. Çünkü iniş bölgesindeki olası kötü hava koşullarına karşı hazırlıklı olmak gereklidir. Görevi sona eren mekik atmosfere girer. Sürtünmeden dolayı dışı çok ısınır. Ama mekiğin dış yüzeyi ısıya dayanıklı özel karolarla kaplanmıştır. Bunların ısı yalıtımı o denli iyidir ki bir yüzündeki sıcaklık 1300°'yi bulurken öteki yüzüne çıplak elle rahatlıkla dokunulabilir. Fırlatma sırasında ya da iniş sırasında hasar gören karolar görevin sonunda yenilenir.



*Lockheed Martin ve Rotary Roket şirketlerinin yanı sıra, yeni kuşak uzay araçları üzerine çalışan iki başka şirket Kelly Uzay ve Teknoloji ile Kistler Havacılık ve Uzay'dır. İki şirketin tasarımları birbirinden oldukça farklı. Kistler'in tasarımı klasik roketleri andırırken, Kelly'ninki daha çok günümüz uçaklarına benziyor.*



Mekik 325-375 km/saat'lik hızla tıpkı bir uçak gibi iner.

Mekik, Kennedy Uzay Merkezi'nin pistine ya da California'daki Edwards Hava Kuvvetleri Üssü'ndeki kuru göl yatağına iner. Eğer iniş yeri olarak ikinci seçenek seçilmişse, mekik daha sonra NASA'nın mekik taşımada kullandığı özel bir Boeing 747 ile Kennedy Uzay Merkezi'ne götürülür.

Şu anda kullanımda olan dört mekikten her biri yılda en çok 7 kez kullanılabilir. Mekiklerin hem bu denli az kullanılabilir oluşu hem de uzaya yük çıkarma maliyetinin çok pahalı oluşu NASA'daki bilim adamlarını yaklaşık on yıldır yeni mekik tasarımlarına yöneltmiş durumda. Bunun için kimi özel şirketlerle ortak çalışmalara giren NASA yetkilileri, mekikleri yenilemenin çok pahalıya mal olacağını görmüşler. Bu nedenle NASA, mekikleri en fazla 2012 yılına değin kullanmayı planlıyor. O tarihte, her bir mekik, ömrü olan 100 uçuşu tamamlamış olacak ve artık mekiklerle yörüngeye yük taşımak da ekonomik olmaktan iyice çıkmış olacak.

## Yeni Kuşak Uzay Araçları

1993'te ABD'de Yeniden Kullanılabilir Fırlatma Aracı Teknolojisi Programı adında bir program başlatıldı. Bu, NASA, ABD Hava Kuvvetleri ve endüstri işbirliğiyle gerçekleştirilen bir



program. Programın amacı yeni kuşak yeniden kullanılabilir uzay taşımacılık sistemlerinde, işletme maliyetini düşürecek yeni teknolojiler geliştirmek. Bundan böyle NASA işletmeci değil müşteri olacak.

Ancak uzay mekiğinin yaptığı işleri yapacak, hem de daha güvenilir ve daha ucuza yapacak bir uzay aracı geliştirmek pek kolay değil. Ne var ki böyle bir araç geliştirdikten sonra kazanılacak para çok büyük. Bu aracı ilk olarak kim geliştirirse pazardaki en büyük payı da kuşkusuz o alacak. Bu nedenle, eskiden NASA'da çalışmış birçok mühendis ve bilim adamını bünyelerine katan on kadar özel şirket, çoktan bu işe soyunmuş durumda.

Şirketlerin geliştirdiği uzay aracı tasarımlarının büyük bir bölümü birbirine benziyor. Tasarım aşamasını bitirmek kuşkusuz önemli; ama asıl önemli olan, tasarımları yaşama geçirebilmek. Yani uzay aracını yapmak ve sonra da sınamak. Bunlar için de yine para gerekiyor, hem de yüz milyonlarca dolar. Şirketler arasında ancak ikisi şimdilik bu aşamayı geçebilmiş; Lockheed Martin ve Rotary Roket. Ancak Kelly Uzay ve Teknoloji adlı başka bir şirket de yakında yapım sürecine geçecek.

Bu şirketin uzay aracı, tıpkı bir uçak gibi hareket eden tek aşamalı bir araç. Tek aşamalı demek, bugünkü uzay mekiği gibi, fırlatıldıktan bir süre sonra uzay aracından ayrılıp yeryüzüne düşen yakıt tankları ya da roketlerin bulunmaması demek. Bir başka deyişle, bildiğimiz uçak kavramına daha yakın bir uzay aracı demek. Bu araç, günümüz mekiklerinden biraz daha küçük olacak ama daha fazla yük taşıyabilecek. Yörüngedeki işini bitirdikten sonra, yine tıpkı mekik gibi bir piste inecek. Şirket yöneticileri bu araçla yörüngeye yük taşıma maliyetini onda bir indirmeyi planlıyorlar.

California'daki Rotary Roket Şirketi'nin geliştirdiği uzay aracının adı *Roton*. Tek aşamalı bir roket motoru bulunan Roton'un fırlatma sırasında ek yakıt tankları ve roketlere gereksinimi yok. Biçimi koniyi andırıyor. Bir roket gibi kalkan Roton dönüşte büyük pervanelerini açıp tıpkı bir helikopter gibi piste konabiliyor. 1999'da deneme uçuşlarına başlayan Roton'un, ilk yörünge uçuşunu bu yıl

***Venture Star, uzay mekiği gibi yılda yalnızca yedi kez uzaya çıkmıyor; her hafta çıkabiliyor. X-33'se Venture Star için üretilmiş bir deneme aracı.***

içinde gerçekleştirmesi planlanıyor. Uçuş ve yer denemelerinin tamamlanıp, aracın ticari olarak kullanıma girmesiye daha 3-4 yıl kadar alacak.

## Venture Star

Şirket projeleri arasında en çok umut vaat eden proje, Lockheed Martin'in X-33'ü. Bu projede Lockheed Martin, NASA ile ortaklaşa çalışıyor. Şirketin amacı, tıpkı öteki projelerde olduğu gibi yörüngeye yük taşıma maliyetini onda bir düşürmek.

X-33, üçgen biçimli, dikine kalkan, insansız bir uzay aracı; yeniden kullanılabilir ve tek aşamalı. X-33'ün kanadı yok; yalnızca uçuş kararlılığını sağlayacak dümen ve kanatçıkları var. Gerçekte bu, bir deneme aracı. Çünkü, eğer X-33 tüm denemelerden başarıyla geçerse, şirket onun iki katı büyüklükteki *Venture Star*'ı üretecek. *Venture Star*'ın, X-33'ten farkı; boyutları, insanlı oluşu ve dört kat fazla olan maliyeti olacak.



Deneme uçuşlarında X-33 tıpkı bir roket gibi kalkacak, 95 km yükseğe çıkacak, bu sırada hızı, ses hızının 15 katına ulaşacak. Yeni araç yörüngeye hiç çıkmayacak hatta ek bir yük bile taşımayacak. Yalnızca belirli yüksekliklerde uçarak, ısı koruma sistemi, aerodinamik özellikler, otomatik uçuş gibi, araçta kullanılan yeni teknolojilerin sınanmasını sağlayacak. Sonra uçak gibi süzülerek tıpkı uzay mekiği gibi piste inecek.

*Venture Star*'ınsa yörüngeye çıkarırken ses hızının 25 katı bir hıza, yani yaklaşık 30 000 km/saat hıza ulaşabileceği planlanıyor. Sıvı hidrojen ve oksijen içeren yakıt tankları aracın içinde yer alıyor. Aracın ısı yalıtımı uzay mekiğindeki kırılgan seramik karolarla değil sağlam metallerle yapılıyor.

Kargo bölmesi: 15,25 m uzunluğunda 4,58 m genişliğinde ve 4,58 m yüksekliğinde olan *Venture Star*, alçak Dünya yörüngesine 25 ton yük taşıyabilecek. Uluslararası Uzay İstasyonu'naysa en çok 12 ton yük götürebilecek. Bunlar, uzay mekiğinin kapasitesinin neredeyse aynı. Bu özellikleriyle *Venture Star*'ın asıl hedefi Uluslararası Uzay İstasyonu'na mürettebat, oksijen ve malzeme taşımacılığının belkemiğini oluşturmak.

Önümüzdeki on yıl içinde Dünya yörüngesinde çok yoğun bir etkinlik gözlenecek. Öyle görünüyor ki bu etkinlikte farklı tasarımlarıyla yeni kuşak uzay araçları baş rol oynayacaklar. Ama bu uzay araçları eskiden olduğu gibi devletlere değil özel şirketlere ait olacak.

Çağlar Sunay

Kaynaklar  
<http://www.panix.com/~kingdon/space/markets.html>  
[http://www.boeing.com/defense-space/space/rss\\_shuttle](http://www.boeing.com/defense-space/space/rss_shuttle)  
<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Hangar/5421/gallery1.htm>  
<http://www.geocities.com/Yosemite/Geyser/6468/space/riv.html>  
<http://pioneer.arc.nasa.gov>  
<http://observe.ivv.nasa.gov>  
<http://x33.msfc.nasa.gov>

# Füzyon Deneylerinden Umutlu Haberler

**F**ÜZYON, yıldızların merkezlerinde gerçekleşen süreci, yeryüzünde oluşturmak üzere hidrojen çekirdeklerini birleştirerek enerji elde etme yöntemi (Bkz: Bilim ve Teknik, Sayı 388, ss 54-64). Bu amaç için geliştirilen deney reaktörleri, simit biçimli tepkime odaları içeriyor. Bunlara "tokamak" türü reaktörler deniyor. Manyetik füzyon da denen tokamak türü füzyon, döteryum ve trityum gibi ağır hidrojen izotoplarına dayanıyor. Süperiletken mıknatıslar, ısıtılarak plazma haline getirilmiş yakıtı (yani yüksüz atomlardan elektronların kopmasıyla oluşan serbest elektronlar ve protonlar), tepkime odasında çeperlere değmeden asılı biçimde tutuyor. Yakıt 100 milyon dereceye ısı-

tıldığında döteryum ve trityum çekirdekleri birleşerek yüksek enerjili nötronlar ve alfa parçacıkları (helyum çekirdekleri) yayıyorlar. Helyum plazmayı daha da ısıtıyor. Eğer yeterli sayıda alfa parçacığı varsa, plazma yanışı sürece, birleşme süreci devam edecek ve reaktör tükettiğinden daha fazla enerji üretecek. Şimdiye değin tükettiğinden fazla enerji üretmeyi, JET (Euratom), TFTR (Princeton) ve JT-604 (Japonya) olmak üzere üç füzyon makinesi sağlayabilmiş. Bir tokamak reaktöründe füzyon için muazzam sıcaklıklar gerektiğinden, plazmayı reaktör çeperine değip soğumadan, asılı durumda tutabilecek güçte manyetik alanları oluşturmak önemli bir sorun. Ancak İsviçreli fizikçiler, toroidal kabı bir mikrodalga kılavuzu

gibi kullanıp, bir tokamak içine güçlü mikrodalga demetleri göndererek güçlü ve sürekli bir manyetik alan oluşturmayı başarmışlar. Bu süreklilik, füzyona dayalı enerji santralleri hedefinin gerçekleşmesi yolunda önemli bir adım. Tabii, bu hedefin gerçekleşmesi için alınması gereken daha bir hayli yol var. Buluşlarını *Physical Review Letters* dergisinde (c 84, s 3322) yayımlayan İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü araştırmacıları, mikrodalga kaynağını yalnızca iki saniye süreyle işletebilmişler. Ancak ekipteki fizikçiler, daha uzun süreli mikrodalga kaynaklarının geliştiril-mekte olduğunu belirtiyorlar.

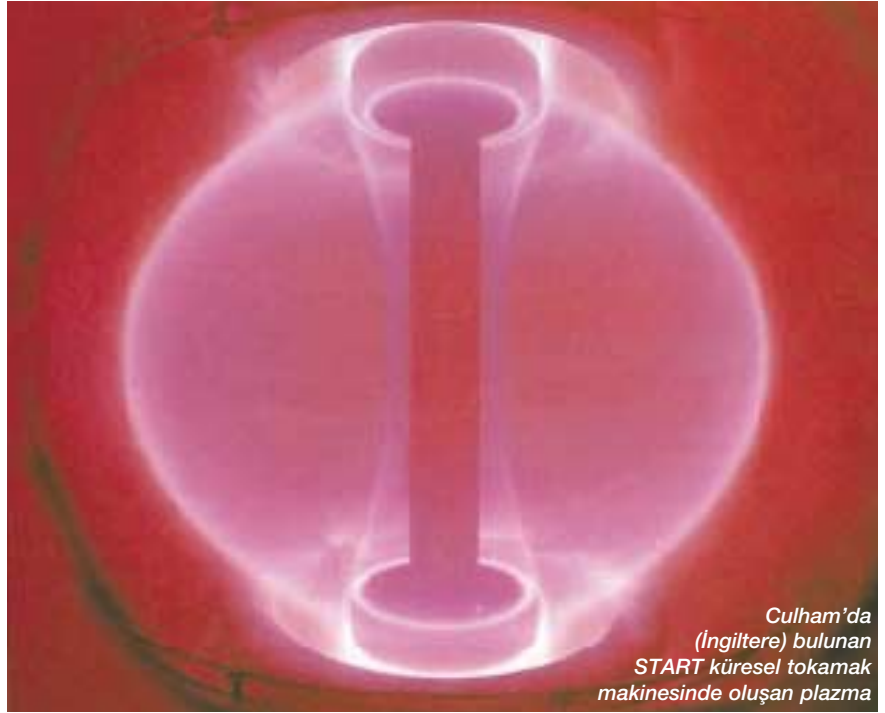
Füzyon alanında daha büyük projeleri yaşama geçirmek isteyenler de havlu atmış değil. Avrupalı ve Japon





Almanya'daki Max Planck Plazma fiziği Enstitüsü'nün Garching'de bulunan ASDEX füzyon reaktöründe, 2050 yılında füzyon enerji santralleri hedefine yönelik deneyler yürütülüyor.

Günay, P., Bild Der Wissenschaft



Culham'da (İngiltere) bulunan START küresel tokamak makinesinde oluşan plazma

lara inmesine karşın daha "küçük" (27 m yüksekliğinde) ve 400 megawatt enerji üretecek yeni bir modeli gerçekleştirmeye çalışıyorlar. ITER yöneticisi Robert Aymar'a göre, reaktör, gerçekleştirildiği takdirde, enjekte edilenin 10 katı enerji üreterek 500 saniye süreli bir tepkime seansında 400 megawatt güç üretecek. ITER'in orijinal tasarımıysa, 31.5 metre yüksekliğinde bir reaktörle, aynı sürede 1500 megawatt güç elde edilmesini öngörüyordu. Küçültülmüş haliyle makine, plazmayı ateşleyemeyecek. Ama Aymar için bu bir sorun olmadığı gibi gerekli de değil. ITER yöneticisine göre, plazma ateşlenmesi, girdiden 50 kat güç çıktısı sağlaması hedeflenen ticari füzyon reaktörleri için gerekli bir yükseltme faktörü. Küçültülmüş ITER ise, 10 katlık yükseltmeyle, nihai hedef için bir köprü oluşturacak.

Projenin gerçekleştirilmesini savunan öteki araştırmacılar da, türbülansın sorun olmayacağı görüşüne katılıyorlar. Genel kanı, ısıtılmış plazmanın kendi kendini yalıtma eğiliminin plazma yanması hedefine yardımcı olacağı biçiminde. Son deneyler de genel iyimserliği körüklüyor. Japonya'nın en büyük tokamak reaktörü olan JT-60U'da görevli araştırmacılar, sanal girdi çıktı eşitliği noktasının aşıldığını belirtiyorlar. Anlamı, makinede yakıt olarak yalnızca döteryum değil de enerji potansiyeli daha yüksek olan

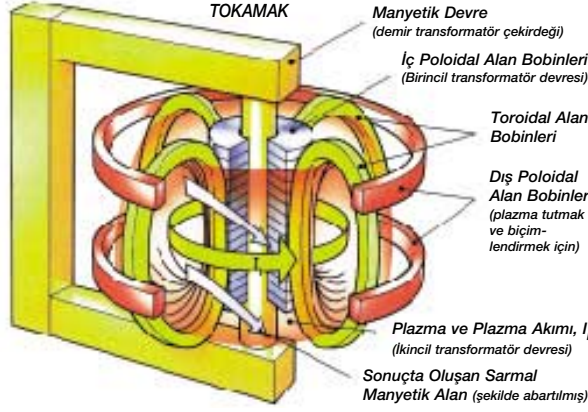
döteryum-trityum karışımı kullanılmış olması halinde girdi-çıkış dengesinin sağlanabilmesi, İngiltere'de bulunan Avrupa ortak füzyon reaktörü JET de, denge noktasını aşmış ve 16 megawatt güç çıktısı sağlamış bulunuyor.

ITER ekibini asıl düşündüren, plazma soğumasından çok, ABD'nin "siyasi" düşüncelerle desteğini çekmiş olması. Projenin savunucuları, ABD'nin füzyon enerjisine mesafeli duruşunu, bu ülkenin zengin petrol ve kömür yataklarına sahip olmasına bağlıyorlar. Oysa Japon araştırmacılar, ülkelerinin çok sınırlı enerji kaynakları nedeniyle füzyonu bir tür sigorta gibi gördüklerini söylüyorlar.

Avrupalı ve Japon nükleer enerji yetkilileri, ITER projesinin finansman stratejisini Haziran ayında belirleyecekler. Araştırmacılar, işlerin yolunda gitmesi durumunda ITER'in 15 yıl içinde kurulabileceğini ve sonuçların 25 yılda alınabileceğini söylüyorlar. Ancak füzyon topluluğunun canlı tutmaya çalıştığı umut, ABD'nin projeye yeniden katılması.

Geleneksel tasarımlı büyük tokamaklar plazma yakma hedefine doğru yaklaşırken, öteki bazı araştırmacılar, işin püf noktasının boyutta değil, geometride olduğunu düşünüyorlar. Klasik tokamak makinelerde plazma manyetik alanlarca "hapsediliyor". Manyetik alanlardan biri, simit biçimli tepkime odasını, yani simidi uzunla-

Tokamak manyetik alanı üç parçadan oluşur. Bunlardan ilki küçük çevre etrafında bulunan bir dizi bobin tarafından oluşturulur. Bu bobinler makinenin büyük eksenindeki toroidal manyetik alanı oluşturur. İkinci parça (poloidal alan) transformatorce plazma içinden geçmesi sağlanan büyük bir akım tarafından oluşturulur. Bunların bileşkesi, plazmayı vakum halkasının çeperlerinden uzak tutan bir sarmal manyetik alan oluşturur. Alanın son bölümü, plazmayı biçimlendirip kararlı halde tutan bir dizi çember bobin tarafından üretilir.



masına dolanan bir alan. Buna toroidal alan deniyor. Tepkime odasındaki yüksek plazma akımı da, ikinci bir alan oluşturuyor. Direksiyon simidine sarılmış koruyucu bir şerit gibi, toroidal eksene dik olan bu alana da "poloidal" alan deniyor. Bu iki alan etkileşerek sarmal (helical) bir alan oluşturuyorlar. Sarmal, mükemmel biçimde olmasa da, plazma içindeki iyon ve serbest elektronların dağılmasını engelliyor ve plazmayı vakum odasında çeperlere (olabildiğince) değmeden boşlukta asılı biçimde hapsediyor. "Küresel tokamak" denen bir tasarımdaysa, simit biçimli oda neredeyse küresel bir biçim alıyor. "Büyük çapı minimize edilmiş" simit biçimli odanın ortasından da akım taşıyan bobinler geçiyor. Bu küreye yakın biçimin önemi, manyetik alan çizgilerini görece düzgün hale getirmesi. Çünkü plazma içindeki parçacıklar, bu alan çizgilerini izleyerek hareket ediyorlar. Plazma sıcaklığı arttıkça, içindeki parçacıkların hareketi hızlandığından, bu yüksek enerjili parçacıklar, genel doğrultudan sapan "kötü" manyetik alan çizgilerini izleyerek kütleden kaçabiliyorlar. Bu da plazma içinde çalkantılara ve sonuçta, oda duvarlarına çarpma sonucu sıcaklık azalmasına yol açıyor. Küresel tokamak makinelerinin, daha yayvan biçimli klasik tokamaklara göre bir üstünlüğü, manyetik alan çizgilerindeki bu sapkın çizgilerin görece az olması, ya da daha kolay düzelebilmesi.

1995 yılında İngiltere'de devreye sokulan START adlı küresel tokamak makinesi görece küçük bir plazma kütlesi oluşturuyor. Plazmanın yarıçapı yaklaşık 30 cm, yüksekliğiye enine uzama katsayısıyla 106 cm. Ancak küçük boyutlarına karşın, 300 000 amperin üstünde plazma akımları taşıyabiliyor. Bu etkili hapis ortamında plazma

yoğunluğu ve sıcaklığı plazma kütlesi içinde yüksek değerlerde kalıyor ve ancak plazmanın sınırına birkaç santimetre kaldığında düşüyor. Toroidal alanın etkin kullanımı sayesinde START yüksek bir  $\beta$  değerine ulaşmış. Bu değer, bir plazma içinde termal enerjinin, manyetik enerjiye oranı. Füzyon güç yoğunluğu da  $\beta^2 B^4$  formülüyle tanımlandığından,  $\beta$  değeri önemli. START ekibi, deneylerde %40 gibi yüksek bir  $\beta$  değerine ulaşmış. Klasik tokamak makinelerindeki olağan  $\beta$  değeriye yalnızca yüzde birkaç düzeyinde. En güçlü makinelerde bile elde edilen değer yüzde 12'yi aşmıyor. START içinde elde edilen plazma sıcaklığı, büyük tokamakların performansına yaklaşıyor. Küresel tokamak içinde 300 eV (yaklaşık 3.5 milyon derece) sıcaklık elde edilmiş. Elde edilen plazma yoğunluğuyse, metreküpde  $6 \times 10^{19}$  (60 milyar kere milyar) parçacık. Plazma sıcaklığı, klasik tokamaklarda elde edilenlerden oldukça düşükse de, plazma yoğunluğu neredeyse aynı ölçülere erişiyor.

Küresel tokamaklarla yapılan deneylerin sonuçları, tüm plazma dinamiği için geçerli olabilecek ve plazma hapsi kuramı ve geleceğin füzyon enerji santral tasarımları için önem taşıyan bir bulguyu ortaya koymuş: Plazmanın, çalkantılı, zayıf tutulumlu bir düzeydeyken, kendiliğinden, kolayca yönetilebildiği yüksek tutulumlu düzgün moda geçmesi, plazmanın tepkime odasındaki hızıyla ilgili görünüyor. ABD'nin San Diego kentindeki General Atomics DIII-D tokamak makinesindeki sonuçlar, bu geçişin, genellikle plazma kütlesinin kenarlarındaki dolaşım hızında meydana gelen bir değişimden sonra gerçekleştiğini ortaya koymuş. Culham'daki START deneylerindeyse plazma do-

laşımının, çalkantıların durulmasından sonra hızlanmaya başladığı, yüksek düzeydeki tutulum ortamında da ivmelenmenin arttığı belirlenmiş.

START deneylerinin başarısı üzerine aynı geometride daha güçlü makineler de geliştirilmeye başlandı. Bunlardan biri, ABD'deki Princeton Üniversitesi'nde bulunan NSTX makinesi. Ötekiyse, Culham'da START makinesinin yerini alan MAST. Boyutları START'ın iki katı olan her iki makine de 1 milyon amperin üzerinde plazma akımı taşıyabiliyor. Devreye girmek üzere olan bu makinelerle gerçekleştirilecek olan deneyler, START'da elde edilen yüksek  $\beta$  değerlerinin, daha güçlü toroidal alanlarda da elde edilip edilemeyeceğini gösterecek. Ayrıca START makinesinde gözlenen etkin plazma hapsinin, daha büyük makinelerde de gerçekleşip gerçekleşemeyeceği ortaya çıkacak.

Klasik tokamaklarda olsun, küresel tokamak deneylerinde olsun gelişen aşama, sürekli füzyon hedefine doğru koşunun hızlandığını gösteriyor. Bu, aynı zamanda manyetik füzyonla, füzyonun başka bir yöntemi olan duragan (inertial) füzyon arasında süren yarışın seyrini de değiştirmeye aday. Duragan füzyon, bilye biçimli küçük yakıt toparlarının aynı anda farklı yönlerden lazerlerle bombardıman edilmesi yöntemine dayanıyor. Bu baskı altında yakıt bilyesi kendi içine çöküyor ve sıkışan ağır hidrojen atomları birleşiyor. Tokamaklarla sürdürülen deneylerin umulan sonuçları vermemesi ve özellikle ITER projesinin çıkmaza girmesi üzerine ABD'de araştırmaların odağı, bu duragan yöntemeye kaymıştı. Ancak bunun için sanılandan çok daha güçlü (ve o ölçüde pahalı) lazerler gerektiğinin anlaşılması ve tokamak tasarımlarında sağlanan gelişmeler, ilgiyi yeniden manyetik füzyon üzerinde toplamış görünüyor. Bu alanda şimdi fizikçilerin hedefi, plazma yanısını gerçekleştirmek. Yaklaştığı anlaşılan bu hedefe ulaşılması, belki de insanlığı bol, temiz ve ucuz bir enerji kaynağına sanılandan çok daha kısa bir sürede ulaştırabilecek.

Raif Gürdilek

#### Kaynaklar

Ariza, L.M., "Burning Times for Hot Fusion", *Scientific American*, Mart 2000  
Hot Doughnut, *New Scientist*, 8 Nisan 2000  
Snipes, J., A Good START for Fusion, *Physics World*, Nisan 2000



# Karanlık Maddenin Keşfi Hâlâ Karanlık

Evrendeki maddenin %90'ını oluşturdğu düşünölen karanlık maddenin varlığıyla ilgili ilk kanıtların bulunduğu savı, bilim dünyasında tartışmalara yol açtı. Karanlık madde, ışına yapmadığı için gözlenemiyor. Ancak büyük kütleçekim etkisiyle varlığını belli ediyor. Yıldızlar ve gaz bulutları gibi gözlediğimiz ışyan kaynakların kütlelerini topladığımızda, galaksimizi birarada tutmak ve yıldızların galaksi merkezi etrafındaki dolanma hareketlerini sağlamak için gereken kütleye göre epey eksik kaldığını görüyoruz. Gökadaların dış kenarlarında çok büyük hızlarla dolanan yıldızların uzaya dağılmamaları için gerekli kütleçekimini, karanlık maddenin oluşturdğu düşünölüyor. Bu madde, gökadalardı büyük bir küre gibi kuşatıyor. Gökbiliminde bu küre "karanlık hâle" diye adlandırılıyor. Bazı bilim adamları, karanlık maddenin genellikle soğumuş yıldız artıkları (beyaz cüceler), dev yıldızların merkezlerinin çökmesiyle oluşmuş çok yoğun nötron yıldızları, ya da nükleer tepkimeler başlatıp yıldız haline gelebilecek kütleye erişememiş dev gaz küreleri gibi sıradan maddeden oluştuğuna inanıyorlar. Bunlara Büyük Kütleli Küçük Hale Cisimleri (MACHO) adı veriliyor. Bazı gökbilimciler, uzaktaki yıldızların önünden geçerken yol açtıkları mikromercek etkisi sayesinde bu cisimlerden birkaçını belirlediklerini söylüyorlarsa da ölçümlerin duyarlılığı henüz tartışma konusu. Karanlık madde için önerilen aday türler arasında en gizemli olansa, Zayıf Etkileşimli Ağır Parçacık (WIMP) adı verilen tür.

İtalya'daki Gran Sasso Ulusal Laboratuvarı'nda Karanlık Madde Deneyi'nde (DAMA) görevli fizikçiler, 25 Şubat'ta uluslararası bir toplantıda yaptıkları açıklamada, yeraltı detektörüne giren parçacık sayısının mevsimlere göre küçük değişimler gösterdiğini, bunun da Samanyolu'nun büyük bir WIMP bulutu içinde dönmekte olduğunu kanıtladığını öne sürdüler. Ancak ABD'nin Stanford Üniversitesi'ndeki Soğuk Karanlık Madde Araştırması (CDMS) eki-

binde görevli fizikçiler, aynı toplantıya sundukları raporda böyle parçacıkların izine rastlayamadıklarını belirttiler.

DAMA ekibi, yerin 1 km altında bakır bir kutu içinde, her biri 1 kg ağırlığında 9 sodyum iyodür kristalinden oluşan bir dizgenin ürettiği ışınlamaları saymış. Bunlar, kristal içinden geçen olası WIMP'leri gösteriyor. Işınım sayıları dört yıl süreyle izlenmiş. Aranan, haziran ayında doruk noktasına ulaşan bir artış, sonra da aralıkta en düşük düzeyine inen azalış. Nedeni, gerçekten de gökadamız hareketsiz bir WIMP bulutu



içinde dönüyorsa, Dünya'nın (gökadaya birlikte dönüşü nedeniyle) saatte ortalama 220 km hızla esen bir WIMP rüzgârına çarpması gerektiği. Ancak Dünya'nın Güneş çevresindeki dönüşü nedeniyle mevsimlere bağlı olarak bu rüzgârın hızında küçük değişimler olmalı. Haziran ayında Dünya rüzgâra ters yönde hareket ettiğinden, WIMP rüzgârının hızı, ortalamadan saatte 15 km daha fazla oluyor. Aralıktaysa gezegenimiz rüzgâr yönünde hareket ettiğinden, rüzgâr hızı aynı oranda azalıyor. Bir motosiklet sürücüsünün yağmura karşı giderken daha çabuk ıslanması gibi, DAMA'daki detektörün, Dünya WIMP rüzgârına karşı giderken daha fazla çarpışma kaydetmesi gerekiyor. DAMA ekibi, ilk kez geçen yıl bildirdiği mevsimsel değişimlerin, artık kuşkuyla yer bırakmayacak kadar belirgin olduğunu açıkladı.

Öteki araştırmacılar daha sakınlı davranılması gerektiğini vurguluyorlar. Chicago Üniversitesi'nden evrenbilimci Michael Turner, mevsimsel değişimlere yeryüzüne daha yakın yerlerde ortaya çıkan parçacıkların, örneğin nötron gibi sıradan parçacıkların da neden olabileceği uyarısında bulunuyor. Araştırmacıya göre kesin bir savda bulunmadan önce her türlü "kirlenme" olasılığı tartışılıp değerlendirilmeli.

CDMS araştırmacılarıysa, kendi detektörlerinde saptadıkları 13 ışımanın tümünün de başıboş nötronlardan kaynaklandığından kuşku duymuyorlar. Detektör çok daha küçük ve şimdiye değin yalnızca 13 "olay" saptayabilmiş. Araç, toplam ağırlığı yarım kilogram olan, neredeyse mutlak sıfıra (-273°C) kadar soğutulmuş üç germanyum diskinden oluşuyor. Bir parçacık bu soğuk yarıiletken çarptığında araştırmacılar hem parçacığın düzenekten fırlattığı elektrik yüklerini, hem de yol açtığı sıcaklık yükselimini ölçüyorlar. Elektrik yüküyle sıcaklık arasında düşük bir oran, WIMP ya da nötron gibi ağır ve yüksüz bir parçacığın germanyum çekirdeklerinden birine çarpıp sektiğinin göstergesi. Bu imzayı taşıyan az sayıda çarpışma da, Stanford araştırmacılarına göre nötronlarca gerçekleştirilmiş görünüyor.

Turner'a göre DAMA sonuçları doğrulanсын ya da doğrulanmasın, karanlık madde avında son yakın görünüyor. Çünkü araştırmacıların çoğu, nötrino ya da oluşamamış yıldızlar gibi eskinin temel zanlılarının, evrende gözlenen madde eksikliğini kapatmakta yetersiz kaldığı üzerinde birleşiyorlar. Bu durumda açığı kapamak için temel aday WIMP'ler oluyor. Chicagolu evrenbilimci, önümüzdeki yıllarda daha duyarlı deneylerle aran kesinlikte sonuçlar alınabileceği konusunda güvenli konuşuyor: "Karanlık madde, 70 yıldır süren bir polisiye öykü; artık sanığın tutuklanması için zaman geldi."

Cho, A., "WIMPs at Last? Or More Wimpy Sightings?", *Science*, 3 Mart 2000  
Çeviri: Raşit Gürdilek

# Yeni Binyılın Tedavi Araçları Kök Hücreler

Kök hücreler (KH'ler) iki nedenle günümüzün bilim haberleri arasında yer alıyor: İnsan embriyonundan elde edilen KH'lerin hücre kültüründe üretilmesi başarılı ve erişkinlerden elde edilen belli bir dokuya ait KH'lerin bir diğer dokunun KH'lerine dönüştürülmesi mümkün oldu; örneğin sinir KH'leri kan KH'lerine çevrilebiliyor. KH'lerin hangi cins hücelere dönüşeceğini belirleyen iç ve dış sinyallerden bazıları belirlenmiş bulunuyor. KH'lerin içinde yaşadıkları mikroskopik çevreye "yuva" deniliyor. Şurası da anlaşıldı ki farklı dokuların KH yuvaları benzerlikler gösteriyor; bu sayede KH'leri doku naklinde kullanmak mümkün olacak.

Düşük yapmış kadınların düşürdüğü fetüs parçalarından ya da tüp bebek elde edilişi sırasında artan embriyonlardan hücre kültürü yoluyla elde edilen kök hücreler hem coşku, hem de dirençle karşılandı. Bunların gelecekte hastalık tedavisi için doku naklinde kullanılması olasılığı heyecan yarattı; fakat henüz çözümlenmemiş etik sorunlar bu heyecanın hızını kesiyor. Son zamanların en büyük buluşlarından biri, erişkin dokularının sanıldığından çok daha geniş bir farklılaşma gizilgücüne sahip olduğunun anlaşılması. Bugüne kadar bilinmeyen bu çok yönlülük, bu değişebilme gücü, bir canlının kendi dokularını çoğaltarak doku nakli yapmak umudunu doğurdu.

Eğer kök hücrelerin gizilgücünden tam yararlanmak ve bu sayede Parkinson hastalığı (titremeler ve hareket yavaşlaması) ya da kas erimesi (müsküler distrofi) gibi dejeneratif hastalıkları tedavi etmek istiyorsak, bu konulardaki bilgi boşluklarını doldurmamız. Herşeyden önce kök hücrelerin kök hücre olarak kalmasını ve zamanı gelince belli hücre tipleri oluşturmasını sağlayan iç kontrol mekanizmalarını bilmek zorundayız. Bu gibi iç kontrol mekanizmaları, KH'lerin normalde içinde kaldıkları mikroskopik ortamla (mikroçevre ya da yuva) yakından ilgilidir. kök hücrelerin barındığı cennet neresi? Bunlardan doğan hücreler, farklılaşmak ya da ölmek üzere bu cennetten nasıl dışarı çıkıyorlar?

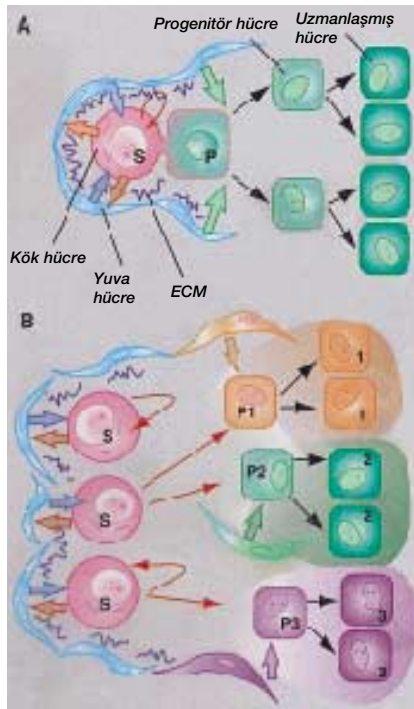
## Kök Hücre Nedir?

Kök hücre, bir canlının vücudunda çok uzun bir süre bölünmeye devam ederek kendini yenileyebilen ve bu sayede farklılaşmış hücreler oluşturabilen farklılaşmamış hücelere verilen ad. Kök hücreden doğrudan oluşan hücelere progenitor hücreler (PH), kök hücrelerle farklılaşmış hücreler arasında değişik farklılaşma evrelerinde olan geçiş hücrelerine de "çoğaltıcı transit hücreler" adı veriliyor (şekil 1). Çoğaltıcı transit hücrelerin birincil gö-

revi, kök hücrelerin bölünmelerinden doğan farklılaşmış hücrelerin sayısını çoğaltmak; bu sayede KH'ler sınırsız bölünme yeteneğine sahip olmalarına karşın yapmaları gerekenden daha az bölünme yapabilirler.

Kök hücreler, farklılaşmış hücrelerin artık bölünme yapmadığı ve az yaşadığı, fakat sürekli olarak yeniden oluşturulduğu kan ve üstderi gibi dokularda incelenmiş bulunuyor. Aslında bunlar karaciğer ve beyin gibi kendini yenileme gücü çok sınırlı olan organlarda da bulunurlar; ancak onları oralar da bulmak kolay değildir.

Kök hücreler dokularda diğer hücrelerden nasıl ayırt edilecek? Bazen dış görünüşleriyle ya da bulundukları yerle tanınırlar. Örneğin meyva sineği *Drosophila*'ların eşeysel organlarında, çevresel sinir sistemlerinde kök hücreler ve PH'ler, komşu hücelere göre çok belirli bir yön alırlar (şekil 2). Öte yandan birçok dokuda bunların yeri ancak yaklaşık olarak bellidir ve kök



**Şekil 1- Kök hücre iki türlü bölünme yapar: A- Kök hücre (S) asimetrik olarak bölünerek bir kök hücre ve bir progenitor hücre (P) oluşturur. P hücrenin çoğalma gizilgücü daha sınırlıdır; P hücre dış sinyallere cevap olarak farklılaşır. Kök hücre, etrafındaki yuva hücreleriyle etkileşim halindedir (renkli kalın oklar) B- Popülasyon asimetrisi. Kök hücreler (S) bölünerek yine kök hücreler ya da progenitor hücreler (P) oluştururlar. P'ler dış sinyallerin etkisi altında çeşitli hücreler (1,2,3) yapacak şekilde farklılaşırlar. ECM: ekstrasellüler matriks.**

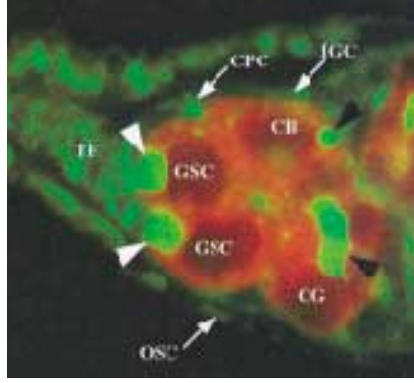


hücre kompartmanını ya da havuzunu belirlemek üzere, kendilerine moleküller etiketler takılır; bu etiketlere “işaretleyici” (marker) deniliyor. Bedende doğal olarak bulunan bazı işaretleyiciler kök hücrelerin bulunmasında yardımcı olabilir; örneğin üst deri kök hücreleri fazla miktarda  $\beta$ -1-integrin yaparlar ve mikroskop altında bunun boyanmasıyla tanınırlar (şekil 3).

### Kök Hücrelerin Bölünme Stratejileri

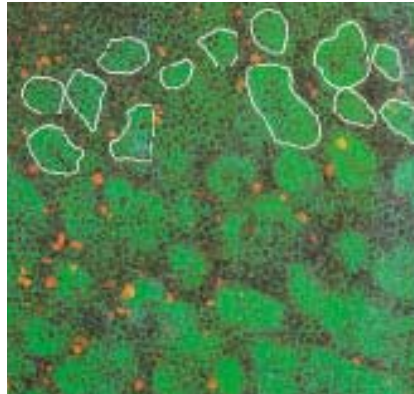
Kök hücreler (KH), farklılaşmış hücreler oluşturmak üzere iki çeşit bölünme yaparlar. 1) Asimetrik bölünme (invariant ya da değişmez bölünme); 2) Simetrik bölünme (düzenleyici bölünme) (şekil 1). Asimetrik bölünmede kök hücre ikiye bölünerek bir KH ve bir de ileride farklılaşacak olan progenitor hücre (PH) verir. Bu bölünmeye bu nedenle simetrik olmayan deniliyor; çünkü simetrik bölünmenin KH→KH+KH şeklinde olması gerekir; asimetrik bölünmedeyse KH→KH+PH durumu vardır. PH’ler ileride bölünerek farklılaşmış hücrelere dönüşeceklerdir. Tek hücreli canlılarda ve omurgasızlarda, örneğin *Drosophila* yumurtalıklarında, asimetrik bölünme örnekleri görülmüştür. Simetrik bölünmedeyse bir kök hücre, KH→KH+KH ya da KH→PH+PH olacak şekilde bölünür. KH+KH mı, PH+PH mı olacağını şans belirler; fakat ortalama alınır, bölünmeler sonucunda eşit sayıda KH ve PH oluştuğu görülür. Buna rağmen bu ikinci tip bölünmelerin sonucunda dokuda KH ve PH sayıları eşit değildir; buna “popülasyon asimetrisi” denir. Ortalama olarak eşit sayıda KH ve PH oluşmuşken dokuda KH ve PH sayılarının farklı oluşunun nedeni, doku gereksinimlerine göre KH ve PH bölünme hızlarının değişebilmesidir. Genellikle dokularda PH’lerin sayısı KH’lerden çok daha fazladır. Memelilerin kendini yenileyebilen dokularının çoğu ikinci tip bölünme yapar ve popülasyon asimetrisi gösterir.

Çok farklı olsalar da, bu iki strateji de geri kontrol (feedback) ve hücrelerarası etkileşim sistemleri içerirler. Hücre nüfusunun simetrik olmayışı çeşitli fizyolojik gereksinimlere yanıtı kolaylaştırır; bir yaralanmadan sonra kan ya da üstderi hücreleri gerektiğinde, bunlar daha çabuk oluşturulabilir.



### Kök Hücrelerin İç Kontrolü

Asimetrik hücre bölünmesinden doğan iki hücreden herbiri, ötekinden farklı bir gelişme gizilgücü taşır: bu iki şekilde sağlanır; hücre kaderini belirleyici öğelerin iki hücreye eşit olmayarak dağılımı, ya da çevreden gelen farklılaştırıcı etkiler. Yapısal proteinler ve özellikle hücre iskeleti (sito-skeleton), hücre kaderini belirleyici öğelerin bölüşülmesinde önemli rol oynarlar. *Drosophila* duyu organı öncül hücresinin asimetrik bölünmesi, birçok gen grubunca kontrol edilir; bunlardan biri *Insc* gen grubu. *Insc* proteini asimetrik bölünmenin en az üç evresini kontrol eder: hücre zarına bağlı hücre kaderini belirleyici moleküllerin, asimetrik dağılışı, haberci RNA’nın (mRNA) asimetrik dağılışı ve mitoz iğlerinin yönlendirilmesi. *Insc* proteininin merkez bölgesi, mitoz iğini ve yönlendirmede rol oynar. Bölünen öncül sinir hücrelerinde *Insc*’in asimetrik yerleşmesi hücre iskeletinin incecik liflerine (mikrofilament) sağlanır.



Şekil 3- İnsan üst derisinde popülasyon asimetrisi. Beta 1 integrinler yeşile boyanmış. Beyaz sınır çizilmiş hücreler, fazla integrin içeren epitel kök hücreleri. Aralarında daha az integrin içeren kırmızı çekirdekli “çoğaltıcı transit hücreler” görülüyor.

Şekil 2- Meyva sineği *Drosophila*’nın boyanmış yumurtalığında eşeysel kök hücreleri (GSC) yuvası. Yuvayı saran kılıf hücreleri yeşil (OSC). Kahverengi altalta iki kök hücrenin (GSC) içinde yeşil spektrosom görülüyor (beyaz ok başları). Kök hücreleri, farklılaşmış üç somatik hücre tipi çevreliyor: hepsi yeşil renkte terminal filament (TF), takke hücreler (CPC) ve yuva iç hücreleri (IGC). Üst kök hücrenin arkasında ondan oluşan sistoblast (CB) hücresi var. Sistoblast içinde spektrosom görülüyor (üst siyah ok). Onun da altında sistoblastın kistik şekli (CG) var. Bu kistik hücre dallanmış bir füzom içeriyor (alt siyah ok).

*Drosophila* yumurtalığında her kök hücre, asimetrik bölünme yaparak bir başka kök hücre ve yuvasından çıkarak sonunda olgun yumurta halini alacak farklılaşmış bir hücre yaratır. Bu iki hücre tipi farklılaşmış komşu hücrelerle etkileşim içindedir (şekil 2). Kök hücrenin asimetrik bölünmesini “spektrosom” denen bir hücre organcığı sağlar. Spektrosom hücre zarına bağlı hücre iskeleti proteinlerinden “spektrin”leri ve düzenleyici protein “siklin A” yı içerir. Spektrosom, mitoz iğine bağlanarak kök hücre bölünmesini yönlendirir. Spektrosom ayrıca kök hücre’nin kaderini belirlemede önemi olan moleküllerin yerini belirler ve onların PH’lere geçmesini sağlar.

### DNA Kopya (transkripsiyon) Faktörleri

*Drosophila*’da asimetrik kök hücre bölünmesini düzenleyen *Insc* gibi genlerin omurgalılarda türdeşleri bulunduyorsa da bunların kök hücre kaderini belirlemedeki rolleri belirsiz. Fakat DNA kopya faktörlerinin kök hücre kaderini belirlemedeki rollerine dair yeterli kanıt var. Örneğin kan hücreleri yapımında (hematopoez), evrim sırasında korunmuş çok sayıda DNA kopya faktörünün rol oynadığı biliniyor.

Son zamanlarda üst deri ve bağırsak epitelinde Tcf/Lef grubu kopya faktörlerinin önemi anlaşıldı. Her iki Tcf4 geninden yoksun farelerin incebağırsaklarında kök hücreler yoktu; her iki (alel) Lef 1 geni mutasyona uğramış farelerdeyse kıl ve bıyık oluşumu tam değildi.  $\beta$ -katenin, Tcf/Lef aracılı DNA kopyalanmasını etkinleştirir.

$\beta$ -katenin adlı proteinin fazlalığı kök hücre sayısını artırır.  $\beta$ -katenin, üst derinin boynuzsuz madde içeren hücrelerini (keratinositler) plüripotent yapar. (Plüripotent, çoğul gizilgücü olan demektir; plüripotent bir hücre çok çe-

şitli hücreler oluşturabilir. Kök hücre plüripotent bir hücredir; plüripotent keratinositler kıl kökleri (foliküller) ya da üstderi hücreleri oluşturabilirler; kıl köklerinden bazıları tümörleşebilir.

## Saatler

Bir kök hücre yuvasını terkettikten sonra eninde sonunda farklılaşacaktır; acaba tamamen farklılaşmadan önce kaç kez bölüneceğini belirleyen öğeler neler? Bölünmeyi hızlandıran ya da baskılayan maddeler oluşturan hücre-içi saatlerin olabileceği düşünülüyor. Hücre devri hızlandırıcılarına örnek olarak, *Chaenorhabitis elegans*'da cul-1 proteini, hücre devri baskılayıcılarına örnek olarak sıçanlarda p27/Kip1(p27) gösterilebilir; bu son maddenin birikmesi sıçan oligodendrosit (beyin destek hücresi) öncül hücrelerinin çoğalmasını kısıtlar ve farklılaşmasını artırır.

Üçüncü bir saat düzeneğiye, telomer (kromozom uç cismi) uzunluğu. İnsan dokularının çoğunda telomeraz etkinliği az ya da ölçülemez düzeyde. Telomerlerin giderek kısalması bir mitoz saati etkisi yaparak hücre bölünmelerini azaltır. Kök hücreler yaşlanmaz; çünkü telomeraz etkinlikleri yüksek-

tir. Telomeraz geni yokedilmiş birinci kuşak farelerde kan hücreleri yapımı normaldir ve bağırsak, erbezi ve üstderi bozuklukları yoktur. Fakat daha altıncı kuşağa gelmeden kan kök hücrelerinin yapımı azalır: erkek fareler kırsırlar; kıl dökülmesi başlar ve deri yaralarının epitelle örtülmesi gecikir.

## Kök Hücrelerin Dış Kontrolü

Kök hücrelerin çoğalmasını ve kaderini düzenleyen salgılar çok çeşitlidir. Bunlardan ikisi önde gelir: TGFβ'lar ve Wnt'ler. Wnt'ler, β-kateninleri içeren karmaşık bir yolla DNA kopyalanmasını etkinleştiriyor. Embriyondaki sinir kök hücreler farklılaşması TGFβ grubundan en az iki madde ister. Kan yapımı, melanin sentezi ve çocuk yapabilmek için kök hücre faktörü (SCF) ve onun bağlandığı tirozin kinaz c-Kit almaçı gereklidir.

### İntegrinler ve Hücrelerarası Madde

Hücrelerin hücrelerarası maddeye yapışması birçok almaçla sağlanır;

bunlardan en önemli integrinlerdir. Keratinositlerin MAP kinaz sinyaliyle farklılaşmaları ve üstderi kök hücrelerinin devamı için β1 integrinler gerekiyor. İntegrinler hücreyi dokuda gereken yerde tutarlar (bir gemiyi rıhtıma bağlayan halatlar gibi); integrinler olmazsa ya da değişirlerse kök hücre yuvasından kurtularak ya farklılaşır ya da apoptozla ölür.

### İç Ortamın Kontrolü

Yuva modeli şunu söyler: bir kök hücre ikiye bölününce hücrelerden yalnız biri yuvada kalır; diğeri yuvayı terkeder ve başka bir yuva bulamazsa farklılaşmak zorunda kalır. Asimetrik bölünme yapan dokularda oluşan iki hücreden birinin yuvadan nasıl atıldığını anlamak zor değildir; mitotik işi öyle bir yön alır ki hücrelerden biri yuva dışına yönelir ve dışarı fırlamak zorunda kalır (şekil 2). Düzenleme tipi kök hücre popülasyonlarında, kök hücre yuvası için kök hücreleri arasında rekabet olduğunu düşünmek işi aşırı basitleştirmek olur. Örneğin bir fareden diğerine kan kök hücreleri nakledilirse, verici kök hücrelerin alıcı kök hücre yuvalarına yerleşmesini,

## Kök Hücrelerinin Evrimi ve Gelişmesi

KH'ler embriyonal gelişmenin görece geç bir evresinde ortaya çıkarlar. Görevleri dokuları yenileyerek canlının ömrünü uzatmaktır. Son zamanlarda dokuya özgü sanılan erişkin KH'lerinin aslında birçok erişkin dokusu oluşturabilmek gizli gücü taşıdığı anlaşıldı.

KH'lerin kendilerinden direkt olarak oluşan progenitor hücrelerden (PH) iki temel farkı vardır: KH'ler çok uzun bir süre kendilerini yenileyebilirler ve farklılaşmak zorunda değildirler. PH'ler bir süre sonra bölünmeyi durdurur ve farklılaşırlar. Erişkin bir memelide KH'ler incebağırsaklarda görüldüğü gibi hızla bölünebilir ya da beyinde olduğu gibi sessiz olabilirler. KH'ler asimetrik bölünmeyle hem kendilerini yeniler, hem de ilerde başkalaşacak olan PH'leri oluştururlar. Memelilerde KH'lerin bölünmesi rastgeledir; yani şansa bağlı olarak KH ya da PH oluşabilir. Doğru KH bölünmelerinin sonuçlarını değil, hızını düzenler.

### KH'lerin evrimi

Acaba evrimde ilk tek hücreli canlı bir KH miydi? Hayır; çünkü bölünerek kendini yenileyebiliyordu ama başkalaşma yapamıyordu. Basit çok hücreli hayvanlarda hücreler KH özellikleri taşırlar; bir polip (hidra) kütlesi %2'ye inse bile kendini yeniler; ayrıca poliplerin her hücresi çok çeşitli görevler yapar (plüropotans). Son araştırmalar memeli ön beyindeki bazı astrositlerin KH özellikleri taşıdığını gösterdi.

Eldeki kanıtlar çok hücreliliğin hayvan ve bitkilerde ayrı ayrı evrimleştiğini gösteriyorsa da benzerlikler vardır. Örneğin *Drosophila*'larda eşeysel

hücre KH'lerini kontrol eden piwi geniyle Aribidopsis bitkisindeki sürgün KH'lerini kontrol eden ZWILLE geni türdeşdir. Bu gözleme göre hayvanlar ve bitkilerdeki KH'ler tek hücreli ya da çok hücreli ortak bir atadan evrimleşmiş olabilirler. Bitkileri epey göz ardı etmiş gibiyiz. Unutmamak gerekir ki gelişmiş havuç ya da tütün bitkisinin tek bir KH'sinden bütün bir bitki elde edilebiliyor. Memelilerin kan, beyin, bağırsak ve deri KH'leriyle bitkilerin yaprak ve çiçek oluşturan meristem (sürgün doku) hücreleri benzerdir. Bunların türdeş (homolog) olup olmadığı araştırılıyor.

### Gelişme

Memelilerin embriyonal KH'leri (EKH) denilince embriyondan alınıp hücre kültürlerinde büyütülen hücreleri anlıyoruz. Bunların plüripotent olduğuna kuşku yoktur. Farelerde gen yoketme ve gen değiştirme deneyleri bu EKH'lerle yapılıyor. EKH'ler gerçek KH'leri mi? Memelilerin diğer hayvanlardan büyük farkı, erkeklerin hayat boyu spermatogoni hücrelerinin KH'lerini taşımasıdır. Yumurtalıktaki yumurta hücreleri sayısı doğumda belirlenir ve hayat boyu aynı kalır; yani yumurta KH'leri yoktur. Erbezilerindeki spermatogoni hücreleri sürekli çoğalarak sperm hücreleri yaptıklarından, doğru bunlara KH'ler vermiştir.

Farede döllenmeden 7 gün sonra, embriyon besin kesesinin duvarlarında kan hücreleri yapan adacıklar belirir. 8. ve 10. günler arasında aort damarı yani odaklarda kan hücreleri yapımı başlar. 10. ve 11. günlerde fetal karaciğerin kan hücreleri yapmaya başladığı görülür. 15. günden sonra fetal

dalak ve kemikliği kan hücreleri yapımına katılır; bu odaklar en önemlileridir. Kan hücreleri yapımı artıkça kan KH'leri sayısı da artar. Yine farelerde embriyonal hayatın geç evrelerinde ön beyin KH'leri belirir. Memelilerde ön beyindeki yan karıncıkların ependim zarı altı bölgeleri yeni nöronların yapıldığı yerlerdendir. Burada oluşan yeni nöronlar, kemiricilerde glial yolları izleyerek alın lobundaki koku soğanlarına gelirler. Maymunlardaysa ependim altında yapılan yeni nöronlar bellek alanlarına göç ederler. Daha da ilginç 1999'da yapılan şu deneydir: erişkin ön beyin KH'leri, röntgen ışınları verilerek kemikliği hücreleri öldürülmüş erişkin konakçıların damarına verilmiş ve beyinden kaynaklanan bu KH'lerinin kan hücreleri yapmaya başladığı görülmüştür.

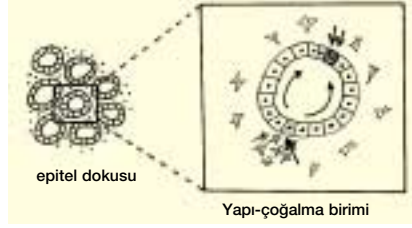
Bu son deneyin tersi bir deney de başarıyla sonuçlandı; kemikliği hem kan KH'leri, hem de destek doku (stroma) KH'leri içerir; destek doku KH'leri mezenkim orijini kemik ve kırık dokularına dönüşebilir. Erişkin farelerin kanına kanşık kemikliği kök hücreleri verildiğinde çok çeşitli dokular oluştu: beyinde yeni astroglia ve mikroglia denen destek hücreleri, dejenere edilmiş bacak kaslarında kas hücreleri ve karaciğerde yeni oval hücreler (bunlar karaciğer hücrelerine dönüşürler). Daha yeni olarak stroma KH'leri yeni doğmuşların yan karıncıklarına doğrudan enjekte edildiğinde farklılaşmış astroglia hücreleri oluştu. Kan KH'lerinin kas ve kas KH'lerinin kan hücrelerine dönüşebildiği de gösterilmişti.

alıcı kök hücre sayısının verici kök hücre sayısına oranı belirler. Bunun önemli bir sonucu şudur: Kan PH nakli yapılırken, nakledilen kök hücrelerine yer açmak için alıcının kök hücrelerini yuvalarından çıkarmaya gerek yoktur.

### Kök Hücreler Değişicidir

Erişkin insanlardan alınan kök hücrelerin diğer insanlara nakli sırasında bir şey öğrenildi: Bunlar bir doku tipinden bir başka doku tipine dönüşebiliyorlar. Örneğin vericinin A dokusu-na ait kök hücreler nakilden sonra alıcıda B doku tipi kök hücrelere dönüşebilirler. Genellikle A ve B dokuları embriyolojik bakımdan birbirlerine yakındırlar. Fakat bazen A ve B dokuları birbirine hiç benzememeyebilir. Örneğin sinir kök hücreleri, kan kök hücrelerine dönüşebilirler. Kök hücrelerin bu tip çarpıcı değişimleri üzerinde ancak tahminlerde bulunabiliyoruz. Kan hücreleri yapımıyla ilgili iki gözlem konuya biraz ışık tuttu. Birinci gözlem: Kök hücrelerin DNA'sında çok çeşitli dokular oluşturabilecek genler bulundu; yani her kök hücre, kendinde çeşitli dokuların kök hücrelerine dönüşebilme gizilgücünü taşıyor. Demek ki kök hücre plüripotentdir. Kök hücre kendi bünyesinde hangi dokunun genlerini etkinleştirirse o dokunun hücrelerini oluşturur.

İkinci gözlem: B lenfositlerin farklılaşması, Pax5 geni yok edilerek bloke edilirse, B lenfosit kök hücreleri çok çeşitli kan hücreleri yapacak şekilde farklılaşırlar. Demek ki kök hücre naklinden sonra bunlar kendilerine yeni bir yuva bulurlarsa, hedefledikleri farklılaşmadan tamamen farklı bir farklılaşma ya da yeniden programlanma yoluna gidebilirler. Birçok faktör bu olasılığı artırır. Örneğin bir kök hücrenin farklılaşma sinyallerine yanıt veriş, komşusu olan hücrelerin bu sırada farklılaşma yapmakta oluşuyla artar. Ayrıca komşusu olan hücrelerden emredici sinyaller almakta olan kök hücreler bu ortamdan çıkartılırlarsa, değişmelere uğrarlar; şöyle ki gelen sinyallere karşı duyarlılıkları, yüzey almaçları ve gen etkinlikleri değişir; böylece çok sayıda yeni sinyale duyarlı hale gelirler ve geldikleri yeni yuvada yeni sinyaller alarak yeni görevler edinirler.



**Şekil 4- Yapı çoğalma birimleri. Sol resim: Halka biçimi yapılar tüp biçimi bezlerin kesitleri. Sağ resim: Solda yuvası içinde bir kök hücre (kısa tek ok), sağda karşı kutupta apoptozla ölen bir hücre (kısa iki ok) görülüyor. Uzun oklar kök hücrenin bölünmesiyle oluşan hücrelerin ilerleme yönünü gösteriyor.**

## Epitel Dokusu Kök Hücreleri

Epitel dokularının çoğu kök hücre içerir. Bu hücreler doku onarımından ve dokunun yeniden yapılmasından sorumludurlar. Memeli dokularının %60'ı epitelidir. Epitel ya salgı yapar (tükrük bezleri, pankreas), ya emicidir (bağırsakların astar hücreleri), ya da yüzeylerin bütünlüğünü sağlar (deri). Deri ve bağırsak epitelindeki hücreler hızla yenilenir; buna karşı karaciğer ve pankreas epitelinde hücre yenilenmesi çok yavaştır, fakat onarım gerekince hücre yapımı hızlanır.

Bütün epiteller normal olarak ya da yaralanmadan sonra kaybolan hücrelerinin yerine yenilerini koyabilirler. Epitel kök hücreleri de, diğer kök hücreler gibi iki özellik taşırlar: Canlının hayatı boyunca kendini yenilemek ve farklılaşmış hücreler yapabilmek.

### Epitelyal Kök Hücrenin Görevi

Epitelyal kök hücrelerde daha embriyonal hayatta görev dağılımı yapılmıştır. Her epitelyal kök hücre ancak kendi epitel dokusunu oluşturabilir; diğer epitel dokularını oluşturamaz. Örneğin üstderi kök hücreleri, karaciğer kök hücrelerine dönüşemez. Bir hücreye daha embriyonal hayatta belli bir görev nasıl verilebilir? Bunun yanıtı şudur: Bu hücreye yapacağı göreve uyan DNA kopyalama (transkripsiyon) faktörleri verilmiştir; o artık bu DNA kopyalama faktörlerinin emrindedir; başka tür hücre yapamaz; DNA'ca tek bir hücre tipi yapmak üzere programlanmıştır. Epitelyal kök hücre DNA kopyalama faktörleri bilinmiyor.

Kök hücrelerin bölünmeleri yavaştır ve bu nedenle dokularda sayıları az-

dır. Buna karşı "transit hücreler" hızla bölünür ve sonlu bölünmelerden sonra mutlaka farklılaşırlar. Doğanın (evrimin) bu dahiyane planı sayesinde az sayıda kök hücreden çok sayıda farklılaşmış hücre elde edilir.

Üstderi epitel hücreleri birbirine yapışıktır. (Koruyucu deride böyle olması gerekir). Bu nedenle yüzeylerinde fazla miktarda hücre yapışma molekülleri ve  $\beta$  katenin taşırlar. Kıl kökünde sitokeratin 15 moleküllü kök hücre işaretleyicisidir. İncebağırsak epitelinin çoğalması TCF4 kopyalama faktörünü gerektirir; bu faktör Wnt sinyalinin cevap vererek  $\beta$  kateninle birleşir.

### Yapı Çoğalma Birimleri

Dokunun mikroskopik yapısıyla kök hücre etkinliği arasında kesin bir ilişki görülüyor. Dokuda kök hücreler bir yerde, farklılaşmış hücreler bir başka yerdedir. Örneğin ince bağırsağın iç yüzünde "villus" denilen 0,5-1,5 mm yükseklikte besin emici çıkıntılar ve bunların arasında kript (bağırsak bezleri, Lieberkühn bezleri) denilen çukurlar görürüz. Bağırsak KH'leri kriptin dibinde bulunurlar. Çoğaltıcı transit hücreler kriptin 1/3 üst bölümünde ve villuslardadır. En dipte en hızlı bölünen, en yüzeyde hemen hiç bölünmeyen -farklılaşmış- hücreler yer alır. Öteki epiteller de daima yapısal birimlerden oluşur. Şekil 4'de tüp biçimi dış salgı bezi epitelinde, kök hücre ile en yaşlı hücrenin bezin karşı kutuplarında olduğu görülüyor. Bez epiteliiyle hücreler arası madde (stroma) arası etkileşimler sonucu, halka biçimli bezin bir ya da birkaç hücresi kök hücre olarak kalır ve çoğalır. Burası yuvadır. Kök hücrenin karşı kutbunda apoptozla (programlanmış hücre ölümü) ölen en yaşlı hücre vardır. Kök hücreyle en yaşlı hücre arasında çoğaltıcı transit hücreler yer alır. Bu hücreler bölündükleri için, kök hücreden karşı kutba doğru ilerlerler. Diğer epitelyal dokularda da yapı-çoğalma birimleri olabilir; yani birkaç kök hücre, organın belli bir yapısının hücrelerini sağlayabilir. Örneğin; mide bezleri, tükrük bezleri, karaciğer lobülleri, böbrek nefronları.

### Multipotent ve Unipotent Hücreler

Çok çeşitli epiteller vardır (yassı, silindirik- kübik, kirpikli, bez vb). Bu



epitellerin hepsini yapma gizilgücünü taşıyan bir hücre multipotentdir. Yine ince bağırsağa gelelim. Burada 4 tip hücre vardır: Besin emici hücreler, sümük (mukus) yapıcı kadeh hücreleri, Paneth hücreleri ve serotonin vb yapıcı bağırsak iç salgı hücreleri. Bunların hepsinin multipotent tek bir hücreden kaynaklandığı kanıtlandı.

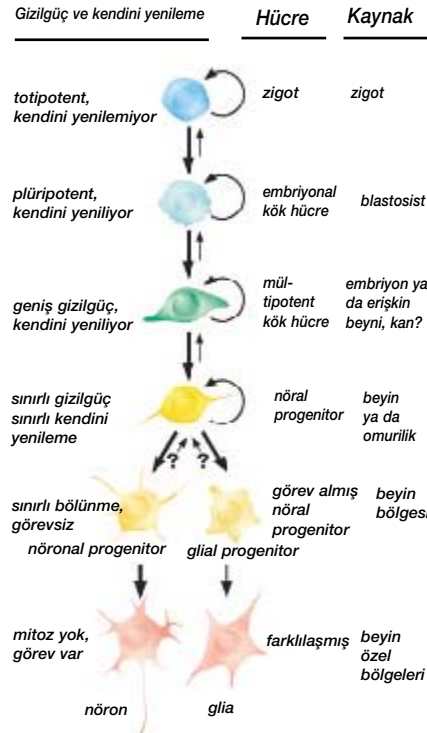
Başka dokularda da multipotent hücreler vardır: embriyonik hücreler hem üstleri, hem kıl kökü; hem karaciğer hücresi, hem safra kanalı hücresi; hem pankreas dış salgı hücresi, hem pankreas iç salgı (insülin) hücresi yapabilirler. Organlarda yaralanmalardan sonra multipotent hücreler belirebilir. Bunlar özel durumlarda safra kanalcıkları, karaciğer hücreleri, pankreas kanalları ve pankreas hücreleri yapabilir.

Doku tahribi yoksa kök hücreler genellikle ünipotentdir (tek gizilgüçlü); içinde bulundukları organın dokularından yalnız birini oluştururlar. Son zamanlarda ince bağırsak kök hücrelerinin %80-90'ının ünipotent olduğu, emici hücre ya da mukus hücresi yaptığı, ancak %10-20'sinin multipotent olduğu görüldü. (Kök hücre genel anlamda plüripotentdir; fakat bir dokuya yerleşmişse orada ünipotent olabilir).

### Metaplazi

Kök hücreleri genellikle içinde bulundukları organın dokularını oluştururlar. Yaralanmalardan sonra tuhaf bir olay görülebilir: bir organın kök hücreleri o organın dokuları yerine bir başka organın dokularını yapmaya başlarlar. Adeta yaralanma sonucu kök hücre şaşırmış ve görevini değiştirmiştir. Bir doku içinde normalde orada olmaması gereken bir doku oluşmasına "metaplazi" denir. Bu yabancı doku oluşması bir süre sonra durur; kök hücrenin aklı başına gelmiştir! Genellikle bir organda, embriyonda ona komşu olan bir organın dokuları görülür. Hiç de nadir olmayarak midede ince bağırsak epiteli, mesanede kalınbarsak epiteli, vaginada dölyatağı epiteli ve pankreasta karaciğer hücreleri görülebilir. Bu pratikte önem taşır. Örneğin, mide fitik (hiatus hernisi) yemek borusuna midedeki Hcl'in girmesine neden olur; bu tahrip sonucu yemek borusunda bir ada şeklinde mide epiteli oluşur (metaplazi); bu adada mide ülseri ve mide kanseri oluşabilir.

### Gizilgüçlü Sinir Kök Hücreleri



**Şekil 5- Nöron oluşturan memeli kök hücrelerinin sınıflandırılması. En üstte en ilkel, gizilgüç (değişik hücreler yapma gücü) ve bölünerek kendini yenileme yeteneği en yüksek hücre var. Aşağı inildikçe bölünme hızı, gizilgüçü ve kendini yenileme yeteneği azalıyor. Yukarı doğru ince oklar, hücrenin daha ilkel hale dönüşebileceğini gösteriyor.**

### Sinir Kök Hücreleri

İnsan dahil bütün memelilerin gerek embriyonik, gerekse erişkin sinir dokularında nöral (sinirsel) kök hücreleri (NKH) bulunur.

Bunlar şu özellikleri taşır: 1) Sinir dokusu yapabilir ya da sinir dokusundan elde edilmiştir. 2) Kendi kendini kısmen yenileyebilir. 3) Asimetrik hücre bölünmesi yaparak kendinden farklı hücreler de oluşturabilir. Sinir kök hücreleri, diğer dokuların kök hücrelerinden ya da daha ilkel (embriyonik) hücrelerden elde edilebilir (şekil 5). Totipotent (tam gizilgüçlü) sinir kök hücreleri canlı bir hayvanın dölyatağına konulursa, çevresel ve merkez sinir sistemleri de dahil bütün bir canlı oluşturabilir. Plüripotent (çoğul gizilgüçlü) olanları, plasantanın trofoblast hücreleri hariç, canlının her hücresini oluşturabilirler. Plüripotent kök hücreyle embriyonik kök hücre aynı şeydir; bunlar transgenik (genleri değiştirilmiş) hayvanlar oluşturmakta kullanıldığı gibi tıpta da kullanılabilecek.

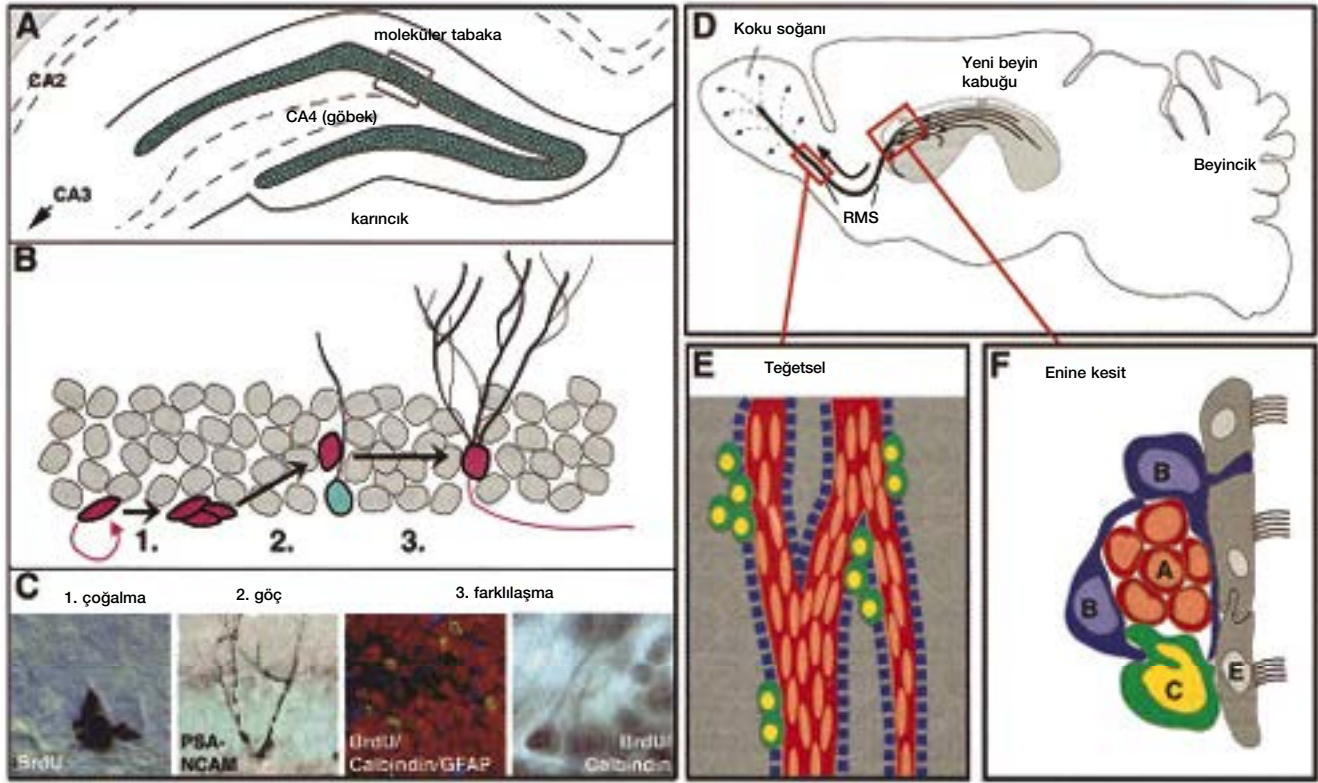
Kök hücreler sıklıkla içinde bulundukları organın adıyla anılırlar. beyin kök hücreleri, kan kök hücreleri vb.

Sinir kök hücrelerinin semender, polip(hidra), planarya yassı solucanları, balık vb gibi daha ilkel canlıların evrimsel artığı olduğunu düşünenler var. Bu ilkel canlılar vücutlarının eksilen bir bölümünü (polip, kuyruk, yüzgeç vb) yeniden yapabilirler. Bir başka görüşe göre de; beynimizin bellek ve öğrenme yükü giderek arttığından, doğa beyne sınırlı olarak kendini büyütme ve onarma yeteneğini vermiştir. Beyin çevreden de etkilenir. Günümüzün egemen görüşüye şu: Beyin davranışları kontrol eder, davranışlar da beynin yapısını değiştirebilirler.

Tüpte sinir kök hücreleri elde etmek için, fetüs ya da erişkin beyninin bu hücreleri içeren bölümü alınır. Sonra beyin epitel büyüme faktörü (EGF) ya da fibroblast büyüme faktörü 2 (FGF-2) uygulanır. Bunlar hücre sayısını artırır. Kök hücreler astrosit, oligodendrosit ve nöronlara karşı oluşturulmuş antikörlerle boyanarak tanınır. Bunların kök hücre olduğuna emin olmak gerekir; bunun için hücreler tüpte retrovirüslerle enfekte edilir. Retrovirüsler hücre DNA'sıyla bütünleşerek gelecek hücre nesillerine geçerler. Bu yöntemle tek bir hücreden oluşmuş kök hücre klonları tanınabilir; böyle bir klonun bütün hücrelerinde retrovirüs bulunacaktır. Çalışmaların çoğu kemiricilerde yapılıyorsa da son çalışmalarda insan fetüsü sinir kök hücreleri de kullanılmaya başlandı. Sinir kök hücreleri hücre kültüründe kültür kabının dibine tek tabaka olarak yapışır ya da sinirsel küreler (nörosfer) şeklinde kabın içinde yüzerler.

### Canlılara NKH Nakli

Yukarda anlatılan yöntemlerle tüpde elde edilen sinir kök hücreleri, ne olacağını görmek için beyne nakledilebilirler. Fetal kök hücreler, embriyon-da merkezi ve çevresel sinir sisteminin her yanına göç ederler. Bunlar erişkin sıçan beynine nakledilirlerse nöron ve glia olarak farklılaşırlar. Beyni tahrip edilmiş embriyonlara verilen fetal kök hücreler tahribat bölgesine göç ederek oradaki eksik hücrelerin yerini alırlar (gelecek için bir umut!). Bu akıl almaz dönüşebilme yeteneği yalnız embriyonal değil, erişkin sinir kök hücrelerinin



**Şekil 6-** A, B, C: erişkin dişli kıvrımında kök hücrelerin göçü. D: Aynı göç ependim altı RMS'de. Kırmızı dikdörtgenler E ve F'de büyütülmüş. E ve F: Ependim altı bölgeden kalkan nöronların RMS'de astrosit tünellerinden geçerek göçü. Kırmızı hücreler nöral progenitor hücreler Pembe hücreler astrositler, Yeşil hücreler öncül hücreler, A'daki küçük dikdörtgen B'de gösterilen tanecikli hücre tabakasını gösteriyor. B'deki sayılar C'de gösterilen 3 evreye karşılıktır.

de de görülür. Erişkin beyinlerinin hipokampus kıvrımından alınan sinir kök hücreleri tüpte çoğaltılarak hipokampusu geri verildiklerinde normal nöronlar ve glia oluştururlar. Bu hücreler beyinde uygun bir yere verildiklerinde RMS yolunu izleyerek koku soğanına göçerler (şekil 6). Aynı hücreler beyin nöron oluşturmeyen bir bölgesine (beyincik, çizgili cisim) verildiklerinde yalnız glia oluştururlar. Ama herhalde en ilginç şü: Farenin embriyonik ya da erişkin tip sinir kök hücreleri radyasyonla kemikliği öldürülmüş farelere verilirse, akıyvarlar, lenfositler ve diğer kan hücrelerini yapan kan kök hücrelerine dönüşürler. Demek ki sinir kök hücreleri, beyinde kendi alanlarının sınırlarını aştıkları gibi (hipokampus koku soğanına) beyin sınırlarını da aşarlar. Bu nakillerde şöyle bir güçlük var: Beyinden alınan sinir kök hücrelerinin bir bölümü tüpte çoğaltılırken farklılaşır; böylece yapılan hücre nakli, sinirsel kök hücre nakli olmayabilir. Bu güçlüğü önlemek için peşpeşe işaretlenmiş hücre nakilleri yapılır ve kendini yenileyen işaretli hücreler görülürse naklin başarılı olduğu anlaşılır.

Embriyon kök hücreleri sinir kök

hücrelerine dönüşebilir. Brüstle ve arkadaşları, fare embriyonik KH'lerini biraz farklılaştırarak oligodendrosit (sinirlerin miyelin kılıfını yapan glia hücresi) oluşturucu bir karışım elde ettiler. Bunlar oligodendrositleri yok edilmiş miyelinsiz sıçanların omuriliğine nakledildiğinde her yere göç ederek sinirlere miyelin kılıfı yaptılar. Böylece multipl skleroz gibi felçlerle seyreden kronik ve ağır bir nöral dejeneratif hastalığın tedavisi umudu doğdu; çünkü bu hastalıkta temel patoloji, akson miyelin kılıflarının kaybıdır.

#### Canlıda Nöral Kök Hücreler

Canlıda sinir kök hücreleri retrovirus bulaştırılarak ya da timidin gibi bazı maddelerle işaretlenerek tanınırlar. Retrovirusler yalnız bölünen hücrelere girerler ve o hücrelerden bölünmeyle oluşan bütün hücrelerde bulunurlar. Altman'ın erişkin sıçan beyinlerini timidinle işaretlediği öncü çalışmasından sonra erişkinlerde yeni sinir hücreleri oluşmasının en iyi örnekleri ötücü kuşların ön beyinde bulundu. Ötüş öğrenilmesini sağlayan alanda (neostriatum) yaygın olarak yeni nöronlar oluşması ve göç etmesi gözlemlendi.

#### Kök Hücreleri Düzenleyen Faktörler

Bugün memeli beyinde nöron bölünmesinin en sık olduğu iki alan biliniyor: 1) Yan karıncıkları astarlayan ependim zarı altındaki beyin dokuları (subventriküler zon = SVZ); (1999'da H.G. Khun ve C.N. Svendsen, Almanya'da Regensburg Üniversitesinde kök hücrelerin aslında ependim zarı hücreleri olduğunu gösterdiler). 2) Hipokampus alanının dişli kıvrımındaki (girus dentatus) subgranüler bölge (SGZ). SVZ hücrelerinin bir bölümü sinir kök hücreleridir ve bunlar yüzeylerinde astrositlerin işaretleyicisi olan GFAP molekülünü taşırlar. Sinir kök hücreleri astrositlerle akrabadırlar. Beynin 3. karıncığını astarlayan ependim hücrelerinin de sinirsel kök hücre olduğu gösterildi.

SVZ PH'leri yan karıncıklardan koku soğanına kadar uzun bir yol (RMS) boyunca göç ederler. (Şekil 6) PH'ların üzerinden geçebileceği ışınal glia hücreleri olmadığından, "zincir göç" adı verilen yeni bir hücre davranışına rastlanır. Göç eden PH'lar özel astrositlerin oluşturduğu bir "tüneller" in içinden geçerler. PH'lar tüneller

den bir tutkala (PSA NCAM) bulunmuş olarak geçerler.

Sıçan ve farelerde her gün, varolan her 2000 nöron için 1 yeni nöron oluşur. Nöron oluşumu (nörogenez) hızı yaşlanmakla düşer; fakat yaşlı kemirici ve insanlarda, dişli kıvrımda nöron oluşumu devam eder. Ölen nöronlarla yeni oluşan nöronlar arasındaki oran çevreden etkileniyor, hayvanlarda “zenginleştirilmiş bir çevre” nöron yaşamını büyük ölçüde uzatıyor; belli bir şey yapmayı öğrenmek de aynı etkiyi yapıyor. Daha da beklenmedik olan şu: kendi isteğiyle belli egzersizler yapmak dişli kıvrımda nöron hayatını uzatmakla birlikte uzun vadeli belleği de kuvvetlendiriyor.

Böbrek üstü bezinin kabuk hormonlarının (glükokortikoidler) nörogenezi baskılayıcı etkisi çok belirgin: bu bezin çıkartılması nöron çoğalmasını arttırıyor, bu hormonların ilaç olarak verililişyse nöron ölümünü hızlandırıyor. Glutamat beyindeki sinir iletim maddelerinden biri; glutamat almaçlarının örneğin MK-801 verilerek bloke edilmesi, nörogenezi çok arttırıyor. Bazı aminoasitlerle deneysel olarak şakak lobu tipinde sara nöbetleri oluşturulması dişli kıvrımda nörogenezi hızlandırıyor; ancak bu artış sara

nöbetleri pahasına olduğundan arzu edilmiyor.

Vücutta büyüme faktörleri denilen moleküller var; bunlar hücre çoğalmasını hızlandırıyorlar. Örneğin erişkin sıçan ve farelerde beyin yan karıncıklarına epitelyal büyüme faktörü (EGF) verililiş, SGZ’de nöron artışı yapıyor; SGZ’deyse yapmıyor; fakat SGZ’de glia/nöron oranını yükseltiyor; yeni doğmuş hayvanların kanına fibroblast büyüme faktörü (FGF) verililişyse nöron sayısını önemli ölçüde arttırıyor; bunun mekanizması bir giz. Beyinden elde edilen sinir besleyici (nörotrofik) faktörün farelerin yan karıncıklarına verililişyse koku soğanındaki nöronları çoğaltıyor. Bilim, nöronları çoğaltıcı maddeler peşinde; çünkü bugün sinir sistemi hastalıkları için çok az şey yapılabilir.

Bu sonuçları şöyle toplayabiliriz: Fare, sıçan ve insanların fetal ya da erişkin dokularından alınan sinir kök hücreleri, embriyon ya da erişkinlerin tahrip olmuş ya da normal beyinlerine nakledilebiliyor ve orada uzun mesafelere göç edebiliyor. Beyne verilen bu yeni nöronların orada yaşayabildiği ve yayıldığı bir gerçekse de görev yapıp yapmadıkları henüz bilinmiyor. Bu hücre nakillerinin tedavide kullanıla-

bilmesi için bu sorunun yanıtlanması gerek. Kök hücrelerin istenilen doku ya yönlendirilmesi için gen mühendisliği tezgâhlarından geçmesi gerekebilir. Bir de “komşu” faktörü var; verilen hücrelerin komşuları olan hücrelerce eğitilmesi gerekiyor; bu sağlanmadan yapılan nakil başarısız olabilir. “Fesleğen ektim, gül bitti” hesabı, bazen kan kök hücreleri beyin hücrelerine ve beyin kök hücreleri kan hücrelerine dönüşebiliyor. Bu gerçek tedavide kullanılabilir.

Belki “ne çok şey bulunmuş” diyorsunuz. Ama henüz yanıt bekleyen şu sorulara bir bakın: Sinir kök hücreleri neredeler; beyinde mi, kanda mı yoksa her ikisinde mi? Bir sinir kök hücrelerini diğer kök hücrelerden nasıl ayırt edebiliriz? Mitoz yaptırıcı etkenler (mitogenler), kanser yaptırıcı genler (onkogenler) ya da tüpde izole edilmek, kök hücrelerin gizli güçlerini değiştiriyor mu? Beyinde ve omurilikte nörogenezin ne zaman ve nerede olacağına bir kısıtlama var mı? Bir sinir kök hücrelerinin simetrik ya da asimetrik bölünmesini, nörona ya da gliaya dönüşmesini, etkisizleşmesini ya da ölmesini sağlayan etkenler nelerdir? Erişkin beyine verilen yeni nöronların görevleri nelerdir? Bir gün gelecek, ölümsüzleştirilmiş kök hücreleriyle dokular, organlar ve dolayısıyla canlılar çok daha uzun süre yaşatılabilir mi? Bu buluşlar kötüye kullanılabilir mi? Örneğin geri zekâlıların nöronlarını ileri zekâlı olanlara naklederek toplumları aptallaştıracak savaş yöntemleri bulunacak mı; ya da bunun aksi yapılarak dahiler toplumu elde edilecek mi? Bu gibi çalışmalar ulusal ve uluslararası çok sıkı etik kontroller altında. Yine de kuşku yok ki kök hücrelerin insanlığa getireceği yararlar, zararlarından çok fazla olacaktır. Şimdilik şöyle teselli bulalım: kök hücreler varken insanlığın kökünü kazımak kolay olmayacak ve kök hücreler tıp tarihine altın harflerle yazılacak.

Selçuk Alsan

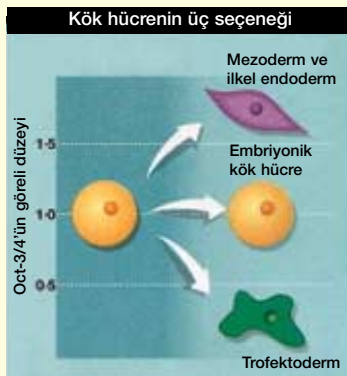
## Kök Hücreler İçin Kılavuz Protein

İki yıl önce insan embriyon kök hücrelerinin (EKH) üretimi için geliştirilen bir teknik, uzmanlaşmış hücreler, hatta nakledilebilecek organlar için sınırsız bir kaynağa kavuşma yolunda umutlar doğurmuştu. Ancak araştırmacılar, bu kök hücrelere yön veren biyokimyasal komutları tam olarak belirleyebilmiş değillerdi. Şimdi bu amacın gerçekleşmesi yolunda önemli bir adım atılmış gibi görünüyor. ABD’li araştırmacılar, fare embriyon kök hücreleriyle yürüttükleri deneylerde Oct-3/4 adlı bir “kapıcı” proteinin farklı miktarlarının, bir kök hücreyi plasenta, beden dokuları ya da yeni kuşak bir EKH oluşturmaya yönelttiğini keşfettiler.

EKH’leri uzman hücrelere dönüştüren protein sinyaller, büyük çeşitlilik ve karmaşıklık gösteriyor. Üstelik her nakilde gerekli milyonlarca hücreyi elde edebilmek için araştırmacılar insan EKH’lerini üretmenin daha kolay bir yolunu bulmak zorundalar. Günümüzde insan EKH’leri, yapay ortamda ancak fare hücreleriyle karıştırıldıkları zaman çoğalırlar. Ayrıca gelişmelerinin bir noktasında, geriye dönerek “trofektoderm” denen ve plasenta oluşturan hücrelere dönüşme eğilimi taşıyorlar.

Edinburgh Üniversitesi’nden Austin Smith ile Osaka Üniversitesi araştırmacılarından Hitoshi Niwa, gen etkinliklerini düzenleyen bir kopyalama faktörü proteinini olan Oct-3/4’ün, bu süreçte rol oynadığını düşünmüşler. Genetik mühendisliği yöntemleri kullanarak fare EKH’lerini değişik düzeylerde Oct-3/4 üretecek biçimde programlamışlar. Sonunda bu proteinin kritik düzeydeki bir miktarının, EKH’leri, uzmanlaşmadan çoğalacak bir durumda tuttuğu ortaya çıkmış. Bu düzeyin üzerindeki protein, EKH’leri mezoderm ve ilkel endoderm denen, beden hücreleriyle embriyonun hücre kesesini oluşturan dokular oluşturmuş. Daha alt düzeylerde aynı protein, EKH’leri trofektoderm haline getirmiş.

Avustralya’nın Monash Üniversitesi’yle, Singapur Üniversitesi araştırmacılarından kurulu aynı bir ekipse, insan EKH’leriyle yaptığı deneylerde, bunların da Oct-3/4 ürettiğini belirlemiş. İki araştırmanın, insan EKH’lerinin kültürde üretilmesinde karşılaşılan sorunların, özellikle de trophektoderm’e dönüşme eğiliminin aydınlatılmasına yardımcı olacağı düşünüyor.



**Kaynaklar**  
Int J Biochem Cell Biol 1999 Oct; 31 (10): 1037-51  
10- Bioessays 1999 Aug; 21 (8): 625-30  
“Kök Hücreler Özel Sayısı” *Science*, 25 Şubat 2000  
*New Scientist*, 8 Nisan 2000  
Robbins Pathologic Basis of Disease. Cotran-Kumar-Collins, Saunders Co., 6th ed. 1999  
Wintrob’s Clinical Hematology, G. Richard Lee ve ark. Williams-Wilkins, 1999. 10th ed. I. ve II. ciltler.



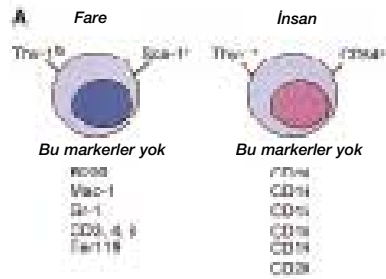
# Kök Hücrelerin Tıpta Kullanımı

Kök hücre (KH) ve onun ilk nesli olan progenitor hücre (PH) ilk defa 1945’de sivil halkın atom bombasının öldürücü dozlarına maruz kalmasıyla gündeme geldi. Radyasyonla kemik iliği yokedilmiş fareler kemik iliği nakli yapılarak ölümden kurtarıldı. Kemik iliği nakli, kan kök hücreleri aracılığıyla bütün kan hücrelerini yeniden oluşturabiliyor. 1961’de Till ve McCullough dalakta plüripotent (çeşitli hücre soyları oluşturmak gizilgücünü taşıyan) kan kök hücreleri bularak bunlara “dalak koloni yapıcı hücreleri” (CFU-S) adını verdiler. Bunlar hematopoetik (kan yapıcı) kök hücreleriydi (HKH). Kan yapıcı kök hücrelerin özellikleri 1) Kendini yenileyebilmek 2) Çeşitli kan hücre soyları oluşturmaktı.

Bu deneyler kan yapıcı kök hücrelerin varlığını kanıtladıysa da onların elde edilmesini sağlamadı. Bunlardan bazılarının kimliği, yüzeylerindeki işaretleyicilerin, yani kimlik belirtici moleküllerin, floresan monoklonal antikorlarla birleştirilmesiyle tanındı. İşaretleyici taşıyan ve taşımayan hücreler, floresan hücre ayırma tekniğiyle ayırt edildi. Daha sonra belli bir işaret profiline sahip plüripotent klon yapıcı kan ya-

pıcı kök hücreler olduğu gösterildi (klon= aynı hücrenin defalarca bölünmesiyle oluşan hücreler topluluğu) (Şekil 1). Bu hücrelerin bir altkütmesi kendini sürekli olarak yenileyebiliyordu; bunlara “uzun vadeli hematopoetik kök hücreler” (UV-HKH) adı verildi; bunların hepsi radyasyondan koruyucuydu ve fare kemik iliğinde bunlardan başka radyasyondan koruyucu hücre yoktu. Daha sonra insanlarda da

Şekil 1- Fare ve insan hematopoetik klon yapıcı multipotent hücrelerinde yüzey markerleri

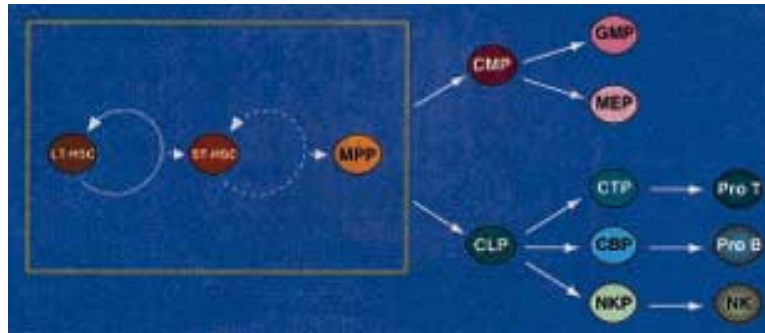


klon yapıcı kan yapıcı kök hücreler ve progenitor kan-lenf hücreleri olduğu gösterildi.

Şekil 1’de izole edilen fare ve insan kan yapıcı kök hücrelerinin yüzey işaretleri görülmüyor. Daha sonraları kan yapıcı kök hücreler arasında CD4 yüzey işareti bulunanların çoğunlukta olduğu gösterildi. Bunlar bazı boyaları (Hoechst 33324 ve rodamin) hücre dışına atmakla tanınırlar. İnsan kan yapıcı kök hücreleri AC133 monoklonal antikoruna ile de tanınıyor.

Lösemili ve kanserli hastalarda yüksek doz radyasyon (radyoterapi) ya da ilaç (kemoterapi) kullanarak vücuttaki bütün tümör hücreleri öldürülebilir; fakat ne yazık ki bu sırada hastanın kemik iliği hücreleri de ölürler. Kan, kemik iliğinde kan yapıcı kök hücreler tarafından yapıldığından, bunlar yok olunca hiçbir kan hücresi yapılamaz ve

hasta ölür. Kemik iliği nakli yapmak, hastaya canlı kan yapıcı kök hücreleri nakletmek demektir; bu nakil sayesinde bu gibi hastaların kemik iliği ve dolayısıyla bütün kan hücreleri yeniden oluşabilir ve hasta ölümden dönebilir. Ne kadar fazla sayıda kan yapıcı kök hücre verilirse hastanın kemik iliği o kadar çabuk normalleşir.



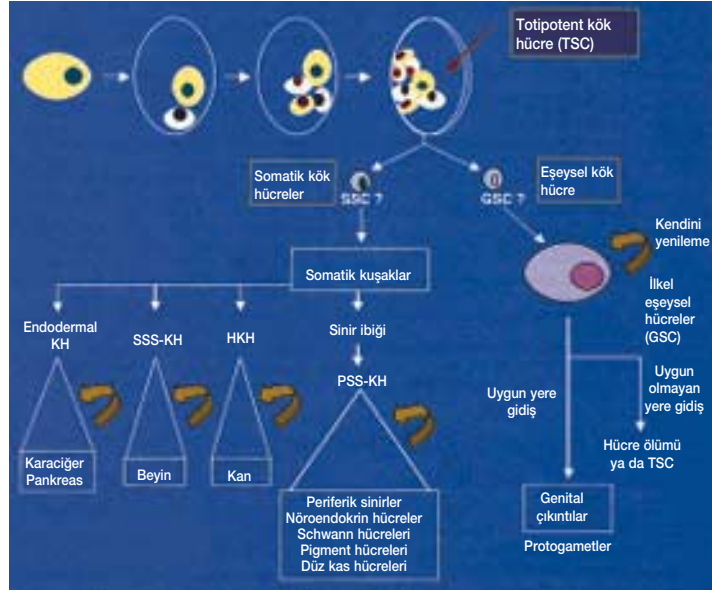
Şekil 2- Farede hematopoetik kök hücre farklılaşması. Şekilde LT-HSC, uzun vadeli hematopoetik kök hücre; ST-HSC, kısa vadeli hematopoetik kök hücre; MPP, multipotent progenitor hücre; GMP, granülosit-monosit progenitor hücre; MEP, megakaryosit eritroid progenitor hücre; CTP, T lenfosit progenitor hücre; CBP, B lenfosit progenitor hücre; NKP, doğal katil progenitor hücre; NK, doğal katil hücre; pro-T, T lenfosit öncül hücresi; pro-B, B lenfosit öncül hücresi. Bütün bu hücreler yüzey markerleriyle ayırtedilebilirler.

# Kök Hücre Kavramının Genişletilmesi

Omurgalılarda döllenmiş yumurta, yani zigot, totipotent (tam gizilgüçlü) bir kök hücredir; plasta dahil, her organı yapabilir. Zigottan, kese biçimi embriyon (blastula) oluşur; blastulanın “iç hücre kütlesi” denilen hücre yığını hücreleri, totipotent kök hücreleridir. Embriyonal kök hücreler “iç hücre kütlesi” hücrelerinden oluşurlar. Embriyonal kök hücrelerin yeni doku ve organ oluşturabilmesi, belli doku ve organları yapabilecek kök hücreler elde edilebileceği umudunu uyandırdı. Fakat bugün için iç hücre kütlesi hücrelerinin doku ve organ oluşturmak üzere nasıl programlandığını bilmiyoruz.

Omurgalılarda organları ve dokuları embriyonal ektoderm (dış deri), mezoderm (orta deri) ve endoderm (iç deri) tabakaları yapar. Bilinmeyen nokta şu: Acaba her doku kan yapımında olduğu gibi kendi kök hücre ve PH'lerini kullanabiliyor mu? (Şekil 3). Mantıken hepsi değilse bile, doku ve organların çoğu, kök hücre ve PH'lerden yapılıyor ve onarım için hayat boyu içlerinde kök hücreler taşıyorlar. Eğer bu tez doğruysa kan yapma sisteminin yenilenmesi ve onarılmasından öğrenilen dersler, diğer organ sistemlerinde de yararlı olacak.

Sıçan embriyonlarından sinir kök hücreleri (NKH) izole edilmiş, bunlar hücre kültürlerinde çoğaltılmış ve aralarından fetal merkezi sinir sistemi (MSS) kök hücreleri (MSS-KH'ler) seçilmiş bulunuyor. MSS-KH'lerin varlığı bu hücrelere retrovirüsler sokularak gösterildi. MSS-KH'lerin beyne nakli, MSS mikroçevresine göre nöron ya da glia (sinir destek dokusu) verir. Erişkin beyninde nörogenez, dişli kıvrımda ve yan karıncıkların ependim zarı altı bölgesinde devam eder. MSS-KH'ler, kültürde çeşitli sinir hücrelerinden oluşan sinir kürecikleri (nörosfer) şeklinde yüzerler. Bu sinir küre-



Şekil 3- Totipotent kök hücrenin (TSC) eşeysel olan ve olmayan progenitor hücreler yapısı. Totipotent kök hücreleri ilkel eşeysel kök hücrelere (GSC) ve somatik (eşeysel olmayan) kök hücrelere (SSC) ayrılır. Soldaki organa ve dokuya özel kök hücreler, klinikte organ ve doku naklinde kullanılacaktır. Sağdaki eşeysel kök hücrelerin ileride organ ve doku yapımında kullanılması planlanıyor.

cikleri, bağışıklık eksikliği olan yeni doğmuş farelere ya da bağışıklık sistemleri baskılanmış erişkin sıçanlara verilirlerse hem nöron hem de glia yapmaya başlarlar.

Kas oluşmasının (miyogenez) kök hücreleri, uydu hücrelerdir; bunlar deri ve kan damarı kök hücreleriyle zenginleştirilebilirler.

Birçok sıra dışı hücre nakilleri yapılmış bulunuyor: 1) Sinir kök hücrelerinin kan yapısı; 2) Kas uydu hücrelerinin kan yapısı; 3) Kemik iliği ve kan kök hücrelerinin kas ve damar yapısı; 4) Kan kök hücrelerinin sinir dokusu ya da karaciğer oluşturması. Bu değişimlerin nasıl olduğuyse bugün için gizini koruyor.

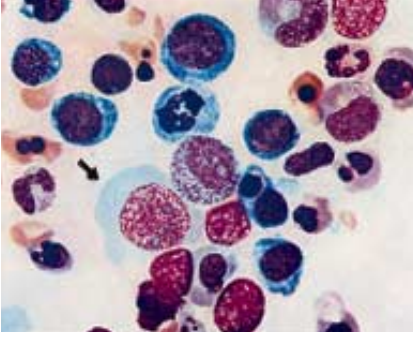
## Klinikte Kök Hücre

Kemik iliği nakli (KİN) şu amaçla bulundu: bir kanserli hastaya çok yüksek dozda radyoterapi ya da kemoterapiyle bütün kanser hücreleri öldürülebilir. Ancak yukarıda belirtildiği gibi, bu yüksek dozlar doğal olarak hastanın kemik iliğini de öldürür. Kemik iliği ölmüş bir hasta fazla yaşayamaz; çünkü ne oksijen taşıyıcı alyuvarlar, ne de bağışıklığı sağlayıcı akyuvarlar yapabilir. Bu hastalar ancak ilik nakli yapılarak hayatta tutulabilirler. İlk başarılı nakil özdeş ikizlerin birinden ötekine yapıldı; özdeş ikizlerin DNA'ları aynı olduğu için doku HLA (human le-

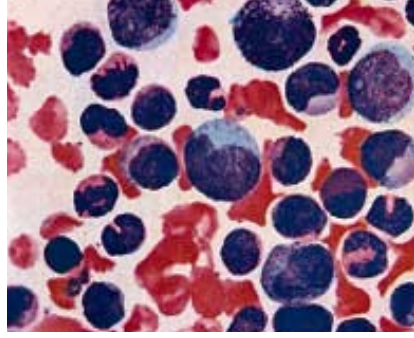
ucocyte antigen-insan lökosit antijeni) grupları da aynıdır; bu nedenle nakledilen iliğin alıcı tarafından reddi ya da verici hücrelerin alıcıya karşı tepki gösterişi söz konusu değil.

Hastanın kendi kemik iliğinin kendine verilmesine “otolog kemik iliği nakli” deniyor. Bu tip nakle şu hastalıklarda başvuruluyor: Kan kanserleri (lösemi), lenf bezi kanserleri (lenfom), plazma hücre kanserleri (multipl miyelom) ve meme kanserleri. Bu tümörler kanser ilaçlarına duyarlı iseler de hastaların ancak bir bölümü tümör hücrelerinden tama-

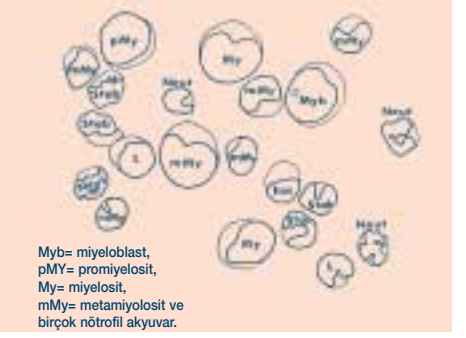
men temizlenebilir. Neden? Bir kere birçok hastada kanser tekrarlıyor; demek ki verilen tedavi, kanser hücrelerini tamamen yoketmiyor. Ayrıca nakledilen kemik iliğine çoğu defa kanser hücreleri bulaşmış oluyor; bunun nedeni verilen radyasyon ve ilaç tedavisinin yetersiz oluşu. Nakledilecek kemik iliğinden CD34+ Thy+ hücrelerin (kan kök hücrelerinin) ayrılması, kanser hücrelerinin ayıklanmasını sağlıyor. Kuşkusuz kanserlilerde otolog kemik iliği nakli, kanserin henüz iliğe yayılmadığı erken bir evrede yapılmalıdır. Ayrıca nakille birlikte, bedenin tümör hücrelerine karşı bağışıklığını arttıracak bir tedavi de uygulanmalıdır. Tümörlerle savaşan temel bağışıklık hücreleri T lenfositlerdir. Tümör hücrelerinin yüzeyinde, doku grubu antijenleriyle (HLA antijenleri) tümöre özgü antijenler ve tümör peptidleri birlikte bulunurlar. Örneğin T hücre almaçları, melanomlarda (ben kanseri) HLA-A2 doku antijeni ile birlikte bulunan melanomun MAGE peptidini tanırlar. T hücreleri kimden alınırsa alınsın, bu tanıma olayı değişmez; böylece T hücre almaç geni naklederek tümöre karşı bağışıklığı arttırmak yolu açılmış durumda. Belli HLA-tümör peptid komplekslerini tanıyan T hücreleri, yeni bir teknikle (floresan -MHC-peptid tetramerleri) ayırtedilebilirler. Böylece kan yapıcı kök hücre naklinden sonra, uygun bir



**Şekil 4. Kemik iliğinde hematopoetik kök hücresi**



**Şekil 5- Kronik miyeloid lösemide kan yayması. Akyuvarların genç şekilleri kemik iliğinden kana geçmiş. Akyuvar sayısı 500 000/mm<sup>3</sup>. Normali 11 000/mm<sup>3</sup>.**



Myb= miyeloblast,  
pMy= promiyelosit,  
My= miyelosit,  
mMy= metamiyelosit ve  
birçok nötrofil akyuvar.

T lenfosit alması enjekte edilerek tümöre karşı bağışıklık artırılabilir. Daha başka bağışıklık tedavileri de düşünülmektedir. Genleri değiştirilmiş tümör hücreleriyle aşılama ya da tümöre karşı oluşan T hücre cevabını arttırmak ve uzatmak.

## Aynı Türden Kan Yapıcı Hücre Nakli

Aynı türden olan canlılar arasındaki doku nakline “allogeneik”, tek yumurta ikizleri arasında olana “singeneik” deniyor. Kanser tedavisinde allogeneik kan kök hücre nakilleri kullanılabilir; çünkü aynı türden bir başka canlıya (örneğin insandan insana) yapılacak bu kan kök hücre nakillerinde, otolog nakillerde olduğu gibi kanser hücreleriyle bulaşmak olasılığı yoktur.

Fakat bu tip kök hücre nakillerinde bir pürüz ortaya çıkıyor: Kemik iliği hücreleri arasında T lenfositler de bulunur. Vericiden nakledilen T lenfositleri, konakçının bütün dokularına karşı bağışıklık reaksiyonu oluştururlar; buna “gref-konakçı bağışıklık hastalığı (graft-versus-host disease= GVHD) deniyor. Kan, kan ürünleri (alyuvarlar, trombosit, granülosit ve hatta plazma) ve kemik iliği, canlı T lenfositleri içerirler. Nakledilen T lenfositleri alıcının kanında çoğalarak GVHD başlatırlar. Grup uygun nakil yapıldığından, alıcı, vericinin T hücrelerini yabancı kabul etmez; bu nedenle onlara saldırmaz; aksine çoğalmalarına izin verir. Fakat 1-2 hafta sonra vericinin T lenfositleri alıcının dokularını yabancı kabul ederek onlara şiddetle saldırırlar. Sitokinler (interlökin-1, interlökin 2, tümör nekroz faktörü veya TNF)

GVHD’i şiddetlendirir. Akut GVHD’de en büyük tahribat şuralarda görülür: deride epiteliyal kök hücreleri, ince bağırsakta kript hücreleri, kıl kökleri ve karaciğerde küçük safra kanalları. Dokular lenfositlerle kaplanmış ve apoptozla hücre ölümü meydana gelir.

Bunların sonucu olarak akut GVHD’de deri döküntüleri, bağırsak bozukluğu ve sarılık görülür. Kan nakline bağlı GVHD’de bütün kan hücreleri azalır (pansitopeni). HLA uygun kardeşten kemik iliği nakli yapıldıktan sonra GVHD oranı % 50’dir; ölüm olabilir. GVHD tanısı deri biyopsisiyle ya da alıcı kanında verici lenfositlerini özel tekniklerle göstererek konulur. Etkili bir tedavisi yok; prednison, antitimosit globulin ve siklosporin bazen iyi gelebilir. En iyisi GVHD’den korunmak. Bugün en sık uygulanan korunma, ilik naklinden sonra bağışıklık azaltıcı ilaçlar, örneğin siklosporin ve metotreksat vermek. Kronik GVHD, ilik naklinden 60-400 gün sonra başlar: Zayıflama, deri ve iç organ lezyonları, göz ve ağız kuruması var. Tedavi edilmezse ölüme biter. Prednison ölümleri % 20’ye düşürüyor.

Vericideki T lenfositleri yoketmek ışınlama, monoklonal antikorlar, soya lektinleri ve özel santrifüjlerle T lenfositleri ayırmakla olası; fakat bu GVHD’i önlemek için iyi bir çare değil. Örneğin bunu yapmak kronik miyeloid lösemilerde hastalığın tekrarını % 50 artırıyor ve aplastik anemide gref reddini sıklaştırıyor. Göbek kordonu kanı, kan kök hücrelerince zengindir ve kemik iliği yerine nakledilebilir; bununla GVHD daha az görülüyor. Kemik iliği nakli başlıca şu kan hastalıklarında kullanılıyor: akut ve kronik lenfoid ve miyeloid lösemi, lenfoma (lenf bezi kanseri), aplastik anemi (ili-

## Kan Yapıcı Kök Hücrelerin Biyolojisi

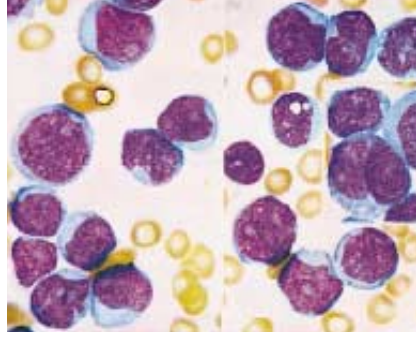
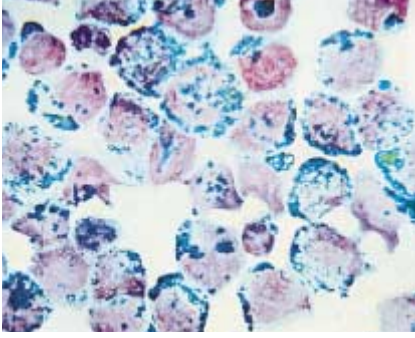
Farelerde UV-HKH’ler kısa vadeli HKH’ler ve bunlar da multipotent progenitor hücreler (MPP) yaratırlar (Şekil 2). HKH’lar ilk önce embriyonun besin (vitellus) kesesi içindeki kan adacıklarında bulunmuştur; embriyonal HKH’lerinin nakliyle bütün kan hücreleri oluşturulabilir. HKH’ler embriyonun kendisinde de mevcuttur. HKH’lar daha sonra fetüs karaciğerinde, dalağında ve kemik iliğinde de bulundular. Genç erişkin farelerde UV-HKH’lerin % 8’i rastgele ikiye bölünür; kandaki hücre sayısını normal tutabilmek için, varolan kemik iliği hücrelerinin ortalama yarısı UV-HKH’ler olmalıdır. HKH’ler MPP’lere dönüştükçe bölünen UV-HKH sayısı artar; çok yaşlı farelerde UV-HKH’ların çoğu bölünme yapar.

Bölünen HKH’lar dört farklı gelişme gösterirler: 1) Kendilerini yenilemek; 2) Farklılaşmak; 3) Apoptozla (programlanmış hücre ölümü) ölmek; 4) Göç etmek. Kan hücreleri yapıcı organlarda HKH’ların oranını bu dört öge belirler. HKH’lerde gen mühendisliği yoluyla gen değişikliği yaparak apoptoz önleyici Bcl-2 geninin etkinleştirilmesi kemik iliğinde HKH sayısını artırır. Bcl-2 geni etkinleştirilmiş HKH’ler radyasyonla ve kanser ilaçlarıyla kolay kolay ölmezler; bu, tedavi açısından çok önemlidir.

HKH’ler birincil kan hücreleri yapıcı yataklar arasında hayat boyu göç edip dururlar. G-CSF (granülosit koloni stimülan faktörü; granülosit= tanecekli akyuvar) gibi sitokinlerin, yani kan hücrelerince salgılanan çoğalma faktörlerinin, yalnız ya da hücre azaltıcı ilaçlarla birlikte verilmesi, HKH’lerin kemik iliğinden kana geçmesine neden olur; bu sayede nakil için HKH’ler kandan toplanabilir. HKH’lerin doğal ya da uyanılmış seferberliği, HKH’lerin mitoz yaparak çoğalmalarıyla başlar; bundan sonra, G1 HKH’ler ikincil kan yapma bölgelerine dağılırlar.

Şekil 2’de hücre oluşturma gizilgücü sınırlı (oligopotent) progenitor hücrelerin farklılaşma yolları görülmektedir. HKH iki türlü hücre oluşturur; lenfoid progenitor hücre (LP) ve miyeloid progenitor hücre (MP). MP’ler iki türlü farklılaşır: 1) Megakaryosit-eritrosit progenitor hücreler (MEP); 2) Granülosit-monosit progenitor hücreler (GMP). [megakaryosit=kanda pıhtılaşmayı sağlayan trombositleri (kan pulcukları) oluşturan kemik iliği dev hücresi; eritrosit= alyuvar; granülosit= tanecekli akyuvar; monosit= fagositoz yapıcı iri akyuvar.] Bu farklılaşmış progenitor hücrelerin hiçbirini farklılaşmamış hale geçemez ya da kendini yenileyemezler.





**Şekil 6-** Kronik miyeloid lösemide kemik iliği nötrofil miyelositlerle (genç akyuvarlarla) istila edilmiş. Tanecikler peroksidadaz ile maviye boyalı (solda). **Şekil 7-** Akut lenfoblastik lösemi. Alyuvarlar arasında çok sayıda genç lenfosit (lenfoblast) hücreleri görülmüyor (sağda).

ğin kaybı sonucu kansızlık), makroglobulinemi, doğuştan immün yetmezlikler, bazı kalıtsal hemoglobin bozuklukları. Dünya’da 200’den fazla ekip yılda 2000’den fazla ilik nakli yapıyor ve bunlar Uluslararası Kemik İliği Nakli Arşivi’nce kaydediliyor. Aplastik anemide kemik iliği nakli % 87 başarılı. Yüksek doz bağışıklık azaltıcı ilaçlar ve tüm vücut ışınlaması ilik naklinde reddi azaltıyorsa da GVHD’i, zatürreeyi ve ölüm oranını artırıyor.

### İlik Naklinde Doku Uygunluğu

HLA uygun kardeş olmayan vericilerden yapılan kemik iliği nakli % 23 başarılı oluyor. ABD’de 1986’dan beri Ulusal İlik Verici Programı kardeş olmayan, fakat HLA’sı çok benzer olan vericilerin adreslerini verebiliyor. Nakil 40-50 yaş altında en iyi sonuçlar veriyor. Kronik miyeloid lösemide (KML) hastalığın 1 yıldan az sürmüş olması, 35 yaş altında oluş ve sitomegalovirüs olmayan alıcı ve verici ile HLA uygun kardeşten ilik nakil % 70 üstünde tam iyileşme sağlıyor.

KML’de allogeneik ilik nakli yapılanların % 15-20’sinde hastalık tekrarlar. Nakilden sonra GVHD görülünlerde tekrarlanma, görülmeyenlere göre daha azdır; buna gref-versus- lösemi (GVL) reaksiyonu deniyor. Singeneik (özdeş ikizler arasında) ilik nakli yapıldığında allogeneik nakle göre GVHD oranı çok düşük, fakat tekrarlanma oranı (GVL) çok daha fazladır. Tekrarlanmasını önlemenin en iyi yolu nakil yapılmış hastaya verici lenfositleri vermektir; doz  $5 \times 10^7$  hücre /kg olmalıdır. Bu doz tekrarlanmayı azaltır ve GVHD’i önleyebilir.

KML’de beyazların % 75’i nakil için uygun bir verici bulabilir. HLA uygun verici bulamayanlarda şu yollar

denenebilir; otolog ilik, periferik kan kök hücreleri, uygun fakat akraba olmayan vericiler ve uygun olan ve olmayan göbek kordonu kan hücreleri.

Nakil için HKH’ler “sitaferiz” tekniğiyle kandan seçilir. Önce kemo-terapi ve sitokin (kök hücre faktörü, İL-6, İL-8, G-CSF ya da GM-CSF (granülosit ya da granülösit-monosit koloni stimulan faktör) ve VLA 4 ve VCAM-1 gibi yapışma faktörleri verilerek HKH’ler kemik iliğinden kana sevk edilir ve oradan özel bir makineyle toplanır. Bu hücreler dondurularak saklanır ve eritilerek damara verilir.

Kemik iliği naklinde HLA uygun olmayan ilik genellikle reddedilir. HLA doku antijenleri, alyuvar gruplarından (A, B, AB ve 0) farklı olarak çok çeşitlidir (polimorfizm). Bu nedenle akraba olmayanlar arasında HLA uygunluğu nadir görülüyor. İyi bir nakil için HLA-A, HLA-B ve HLA-DR1 antijenleri uygun olmak zorunda. Kardeşler arasında bile HLA uygunluk oranı % 25’tir. HLA uygunluğu olan kardeşler arasında bile “minor HLA” uyumsuzlukları olabilir. Minor HLA uyumsuzlukları gref reddinin ve GVHD’in önemli nedenleridir. HLA uygunluğuna karşın graft-versus-host (GVH) (grefin konakçıya bağışıklık tepkisi) ve host-versus-graft (HVG) (konakçının grefe bağışıklık tepkisi) ancak bağışıklık sistemini baskılayan (immüno-süpressif) yo-

ğun bir tedaviyle önlenabilir; o zaman da kronik bağışıklık ketlenmesi riskleri doğar: Enfeksiyon ve tümör artışı ve AIDS’e benzer bir durum.

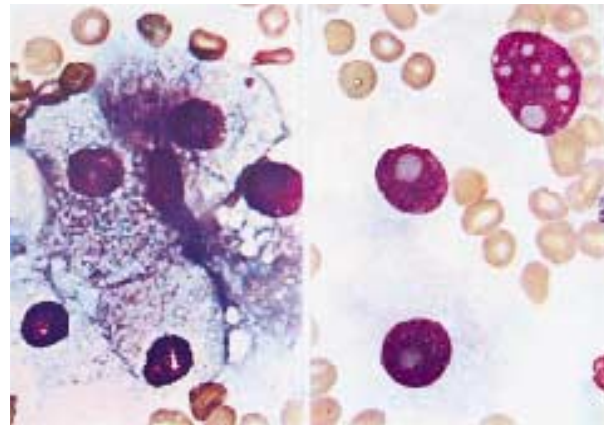
Verici, T hücre içermediği zaman nakil kolay tutmaz; T hücre içeren nakil tutar; fakat GVHD’a neden olur. T hücrelerinin grefi “kolaylaştırdığı” söylenebilir. Kan kök hücrelerini kolaylaştırıcı T lenfositlerle beraber vererek GVHD olmadan kemik iliği nakli yapılabileceği umuluyor.

Kanserli olmayan hastalarda KİN yerine yüksek doz kan kök hücreleri vermek yeterlidir. Klinikçiler kan kök hücreleri naklinden sonra “verici lenfosit infüzyonu” (VLI) yaparlar. KML’de VLI’den sonra birçok hasta remisyona, yani geçici iyileşme dönemine girer.

Allogeneik kan kök hücre ve PH’lerinin nakli kanser dışında da kan-lenf sistemini düzeltebilir. Örneğin çocukların “ağır kombine bağışıklık yetmezlikleri”nde ve hemoglobin bozukluklarında tedavi olarak allogeneik kan kök hücre nakilleri ya da genleri düzeltilmiş otolog kan kök hücreleri nakliyle kusurlu enzimler ve globinler onarılabilir.

### Allogeneik Kan Kök Hücreleri Naklinin Devamlı Gref Toleransı Yaratışı

1950’li yılların sonlarından beri biliniyor ki ışınlanmış konakçılara allogeneik ilik nakli yapıldığında konakçıda verici organ ve dokularına karşı bir ömür sürecek bir tolerans belirir; yani konakçı, bu vericinin hücre, doku ve organlarını ömür boyu yabancı kabul etmez. Bunun nedeni açık: Konakçının kan yapma sistemi kısmen ya da tamamen verici kök hücrelerinden oluşmuştur. Böylece örneğin alıcıya



**Şekil 8-** Kemik iliğinde kanser hücreleri. Solda mide kanserinin, sağda akciğer kanserinin kemik iliğini istila etmiş hücreleri.

verici kan kök hücreleri ile birlikte verici kalbi nakledilirse konakçı bu kalbi reddetmez; çünkü konakçının kan kök hücre HLA grubuyla vericinininki aynıdır (her ikisi de aynı canlıdan alınmıştır).

### Otoimmünitede Allogeneik Kan Kök Hücre Nakli

Otoimmün hastalıklar (bir canlının bağışıklık sisteminin o canlının hücrelerini yabancı kabul edişi) genellikle genetik bir durum. Özellikle T hücrelerinin organ ya da dokuya özel antijenlere duyarlılık kazandığı tip I diyabet (pankreasın insülin yapıcı Langerhans adacıkları başlıca hedefleridir) ve multipl skleroz (sinirleri sarmalayan miyelin kılıfları hedefleridir) gibi hastalıklar bu gruba düşerler. Farelerde normal vericilerden lenf sistemleri tahrip edilmiş diabetojenik konakçılara kan kök hücreleri nakli, devam etmekte olan diabet yapıcı T hücre cevabını durdurabilir. Konakçı, verici Langerhans adacıklarının nakline tolerandır (onu reddedemez). Demek ki kan KH nakilleri, otoimmüniteyi yok edip nakledilecek KH, doku ve organ greflerine tolerans yaratabilir.

### Kan Hücresi Olmayan Kök Hücrelerin Nakli

Son zamanlarda kültürde çok sayıda MSS-kök hücreleri büyütüldü; bunlar acaba nöral ve glial onarım yapabilecekler mi? Bugün insanların Parkinson hastalığında ve bunların hayvan modellerinde, tedavi amacıyla adrenal bezin orta bölümü (medulla), fetal ortabeynin alt yüzü ve teratomlar gibi dopamin yapıcı dokular deneniyor. Kemirici MSS hücre soyları (ki bazen v-myc ile ölümsüzleştirilmiş MSC-kök hücreleri içerir) farelerin nörodejeneratif genetik hastalıklarının (miyelin yok edici -demyelizan-hastalıklar; beyin gangliosidozu vb.) tedavisinde denendi. Multipl sklerozda devam edegelen T hücre yanıtı, allogeneik kan kök hücreleri nakli ya da güçlü bir bağışıklık baskılayıcı yöntemle durdurulabilir. Bu hastalıkta miyelinin tekrar oluşması için bunlar yetmeyebilir ve nörojenik kök hücreler, onlardan oluşan oligopotent (sınırlı gizilgüçlü) hücreler ve miyelin yapıcı glianın (oligodendrosit) öncül hücreleri de verilmek zorunda. Benzer hücre nakilleri, beynin damar

tıkanmalarında ve yaralanmalarında da kullanılabilir.

Hepatoloji dergisinin Ocak 2000 sayısında Newyork Üniversitesi Tıp Fakültesinden Dr. N.D. Theise ve Yale Üniversitesinden Dr. Diane Krause'nin önemli bir çalışması yayımlandı: Farelerde kemik iliği naklinin karaciğer hücreleri oluşturması. Bu çalışmada dişi farelerin kemik iliği radyasyonla tahrip edildikten sonra erkek farelerden kemik iliği nakli yapıldı. 6 ay son-



**Şekil 9- Kalıtsal kas erime hastalığı (Duchenne tipi müküler distrofi) Omuz, kol ve bacak kasları adeta yokolmuş. Ayaklar bir yay çizecek şekilde biçimini yitirmiş. Hastalık 3 yaşında başlamış. Hasta 17 yaşında. Yürüyemiyor. Bugüne kadar tedavisi olmayan ve erken ölüme yol açan bu hastalık kaslara kas kök hücreleri (uydu ya da satelit hücreler) nakledilerek tedavi edilebilecek. Verilen kök hücreler yeni kaslar yapacak ve hasta yürüyebilecek.**

ra farklılaşmış karaciğer hücrelerinin % 2.2'sinin verilen kemik iliğinden türediği gösterildi. Verici hücreleri, erkeklere özgü Y kromozomu bulunarak tanındı. Bu deney klasik embriyolojiyi altüst etti; çünkü karaciğer, embriyonun endoderm ve kemik iliği mezoderm tabakasından oluşur ve klasik embriyolojiye göre bu iki tabaka birbirlerinin organlarını oluşturamazlar. Hücre farklılaşması embriyolojik kökenle sınırlandırılmaz. Bu deney klasik kök hücre ve farklılaşma kavramlarını da sarstı. Ayrıca sanıldığı gibi karaciğer hücrelerinin kemik iliği hücrele-

rine dönüşmesi için karaciğerin toksinlerle vb. harabiyeti de gerekli değil. Aslında normalde de kemik iliğinden karaciğere yavaş fakat sürekli bir kök hücre nakli var. Bu deneyin iki sonucu şunlar: Karaciğer naklinin yerini kemik iliği nakli alabilecek ve nakledilen ilik hücreleriyle kalıtsal hastalıklarda gen tedavisi mümkün olabilecek. Daha önce de kemik iliğindeki kan kök hücrelerinin farklılaşmış kas hücresi yapabildiği ve yaralanmış akciğeri onarabildiği gösterilmişti. Dr. Teise şöyle diyor: "bu hücrelerin sürekli olarak karaciğer hücreleri olup olmayacağını bilmiyoruz; yolculukları başka organlarda da bitebilir. Ama şuna eminiz: Bir canlının her hücresinde aynı DNA bulunur ve bir kök hücre uygun bir mikroskopik çevrede kendini değiştirebilir".

Nature Medicine tıp dergisinin Kasım 1999 sayısında, St. Louis'deki Washington Üniversitesi Tıp Fakültesi araştırmacılarının önemli bir deneyi yayımlandı. Omuriliği yaralanmış sıçanlara fare embriyonu kök hücreleri nakledildiğinde bunlar eksilen nöronların yerini aldılar; felçli sıçan iyileşti ve yürümeye başladı. Araştırmacılar kök hücre naklini omurilik yaralanmasından 9 gün sonra yaptılar; oysa klasik bekleme süresi 24 saati aşmaz. Bu, insanlarda 8 saate karşılık geliyor; yani insanlarda omurilik yaralanmalarında hücre nakilleri ancak ilk 8 saatte yapılırsa başarılı olabilir. ABD'de her yıl 250 000 omurilik yaralanması oluyor ve bu sayı her yıl 10 000 artıyor. Kök hücre nakli omuriliğin tümörlerinde, dejeneratif ve genetik hastalıklarında da başarılı olabilecek. kök hücreler genleri en kolay değiştirilebilen ya da yok edilebilen hücreler arasında bulunuyor. Nakledilecek kök hücreler, gen mühendisliği yöntemleriyle değiştirilerek büyüme faktörleri yapan ve baskılayıcı salgıları yok edilmiş bir hale getirilebilirler. Bu buluş Parkinson hastalığı ve multipl skleroz gibi dejeneratif sinir sistemi hastalıklarının tedavisi için yeni ufuklar açıyor.

ABD Ulusal Sağlık Enstitüsü (NIH) özel sektör için serbest, kamu sektörü için (etik nedenlerle) yasak olan kök hücre araştırmalarının sıkı bir etik kontrol altında tamamen serbest bırakılmasını istemeye hazırlanıyor.

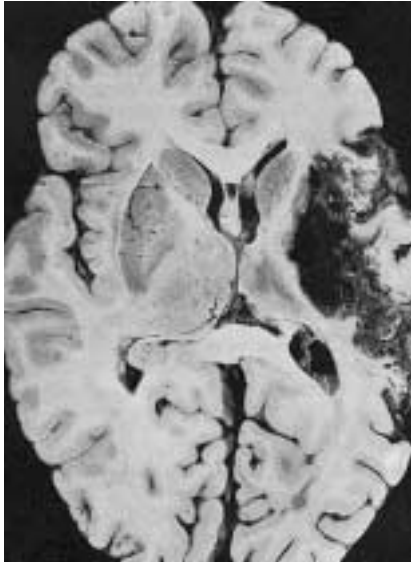
1999 Kasım'ında ABD'de Baylor

Tıp Fakültesi araştırmacıları Proceedings of the National Academy of Sciences tıp dergisinde şu ilginç araştırmayı yayımladılar: erişkin farelerden alınan kas hücreleri, kemik iliği radyasyonla tahrip edilmiş bir başma fareye nakledildiklerinde çeşitli kan hücrelerinin farklılaşmış şekillerini oluşturdular. Alıcıda yeni oluşan kan hücrelerinin % 56'sı kas hücrelerinden oluşmuştu. Kas hücrelerinin kan hücrelerine dönüşme olasılığı, kemik iliği hücrelerine göre 10-14 kat fazla. İlginçtir ki birinci alıcılardan ikinci bir alıcıya nakledilen kas hücreleri kemik iliğinde hâlâ kan hücreleri yapma özelliklerini koruyorlardı. Nasıl büyük adamları ailesel kökenleri değil, yaşadıkları toplum yaratıyorsa (Abraham Lincoln okumamış bir çiftlik yamağıydı) kök hücreleri de aileleri (embriyonal kökenleri) değil içinde bulundukları mikro-çevre yaratıyor. Kemik iliği nakli için (ki kolay verici bulunmuyor) yeni bir kaynak bulunmuş oluyor: Kas.

Kasım 1999'da İngiltere'de Kraliyet Bilim Derneği (Royal Society), hükümeti "dondurulmuş kök hücre bankaları" oluşturmaya çağırdı. Ünlü Science bilim dergisi kök hücre araştırmalarını 1999'un "dönüm noktası" ilan etti. Embriyonal kök hücreler en güçlü kök hücrelerdir (erişkin doku kök hücrelerinden daha güçlü). İnsan embriyonlarının araştırmada kullanılmasına, her ne kadar canlı olsa da yaşama olasılığı olmayan embriyonlar alınıyorsa da, bazı çevreler dinî ve etik açılardan nefretle karşı çıkıyorlar. Erişkinlerde kasta, beyinde, kanda vb. bulunabilecek kök hücreler ancak saflaştırılıp çoğaltıldıktan sonra kullanılacaklar.

Florida Üniversitesi araştırmacılarından immünolog profesör A. B. Peck, Kasım 1999'da Nature dergisinde tek bir pankreas kök hücreleri enjeksiyonuyla farelerdeki şeker hastalığını tamamen tedavi ettiğini yayımladı. Verilen kök hücreler diabetik farelerde insülin yapmaya başladılar. 7-10 gün içinde kan şekerleri normalleşti. Verilen kök hücreler, fare embriyonlarından alınmış hücrelerin tüpte Langerhans adacıkları (pankreas içindeki insülin yapan bölgeler) evresine kadar büyütülmesiyle elde edildiler. Verilen pankreas kök hücreleri pankreasın Langerhans adacıkları görevini yapı-

yorlar. Operasyon yok; iğne derialtına yapılıyor. Tek bir pankreas kök hücresi kültürde, insülin ve dış salgı yapıcı normal büyüklükte bir pankreas da yapabiliyor! Daha önce benzer deneyler kan ve deri kök hücreleriyle yapılmıştı. Fakat ilik kök hücreleri tüpde büyümeye devam edemez; vücuda geri verilmeleri gerekir. Daha önce (1990 başlarında) aynı araştırmacı, tüpde büyütülen pankreas dokusunu diabetik farelerin böbreğine nakledince (yalancı pankreas) diyabetin iyileştiğini yayımlamıştı. Maymun ve insanlardan insülin adacıklarının nakli üzerinde deneyler devam ediyor.



**Şekil 10- Sağ beyin yarım küresi içine kanama.** Beynin enine kesitinde sağ beyinde kan pıhtısı görülüyor. Bu hasta yaşarsa ömür boyu felçli kalacaktır. Bugün beyine nöral kök hücreleri naklederek bu gibi felçlerin tedavisi umudu doğmuştur. Nöral kök hücreler bölünerek normal nöron ve glia (destek) hücreleri oluşturacak ve beyni onaracaktır. Bundan sonra felçli hasta yürüyebilecek.

Neuron tıp dergisinin Şubat 1999 sayısında Boston Çocuk Hastanesinden ve Harvard Tıp Fakültesinden nöroloji doçenti J. Macklis ve Rockefeller Üniversitesi'nden C. Scharff ve F. Nottebohm ilginç bir gözlem yaptı. Her sonbahar kanaryaların beyindeki ötme merkezindeki nöronlar ölür ve kuş dilsizleşir. Kışın bu alandaki nöronlar yeniden oluşur ve ilkbaharda kanaryalar yeniden ötmeye başlarlar. Zebra ispinozlarında bu mevsimsel devir yoktu. Bu özellik başka beyinlere de nakledilemez mi? Memeli beyininde yalnız koku soğanında, hipokampusta ve yan karıncık ependim zarı altında yeniden büyüme yeteneği bulunur. Zebra ispinozlarında ötme

nöronlarının bir bölümü tahrip edilirse ötme durur; fakat 3 ay sonra ötüş az çok geri döner; burada beyinde yeni nöronların kendiliğinden oluşabildiğini görüyoruz.

Filedelfiya Çocuk Hastanesi'nden A. W. Flake, doğuştan kan hastalıklarının tedavisinde döllyatağı için kan kök hücreleri nakli üzerinde çalışıyor.

İsviçre'de Kantonsspital Basel'de J. Passweg ve ekibi HKH'ler nakliyle kendine bağışıklık (oto-immünite) hastalıklarında immün tolerans oluşturulmasına, yani T lenfositlerin doku hücrelerini yabancı gözleyle görmemesine çalışıyor. Bu tip çalışmalar romatoid artrit (sakatlayıcı romatizma), lupus eritematosus (kırmızı kurt hastalığı), multipl skleroz (sinirlerin miyelin kılıfının kaybı sonucu felçler) ve İTP (otoimmün trombosit azalığı) üzerinde yapılıyor.

Karaciğerin virüsler (hepatit virüsleri), toksinler ve ilaçlarla tahribinde ve genetik hastalıklarında karaciğer nakli yapılıyor. Bu nakil yeni ölmüş bir verici gerektirir ve uzun bekleme listeleri vardır. Karaciğer naklinde HLA uygunluğu sağlamak zordur; bu nedenle alıcının bağışıklık sistemi ilaçlarla etkisizleştirilir. Bunun yerine bir kardeşden alınan karaciğer kök hücreleri ya da progenitor hücreler de kullanılabilir.

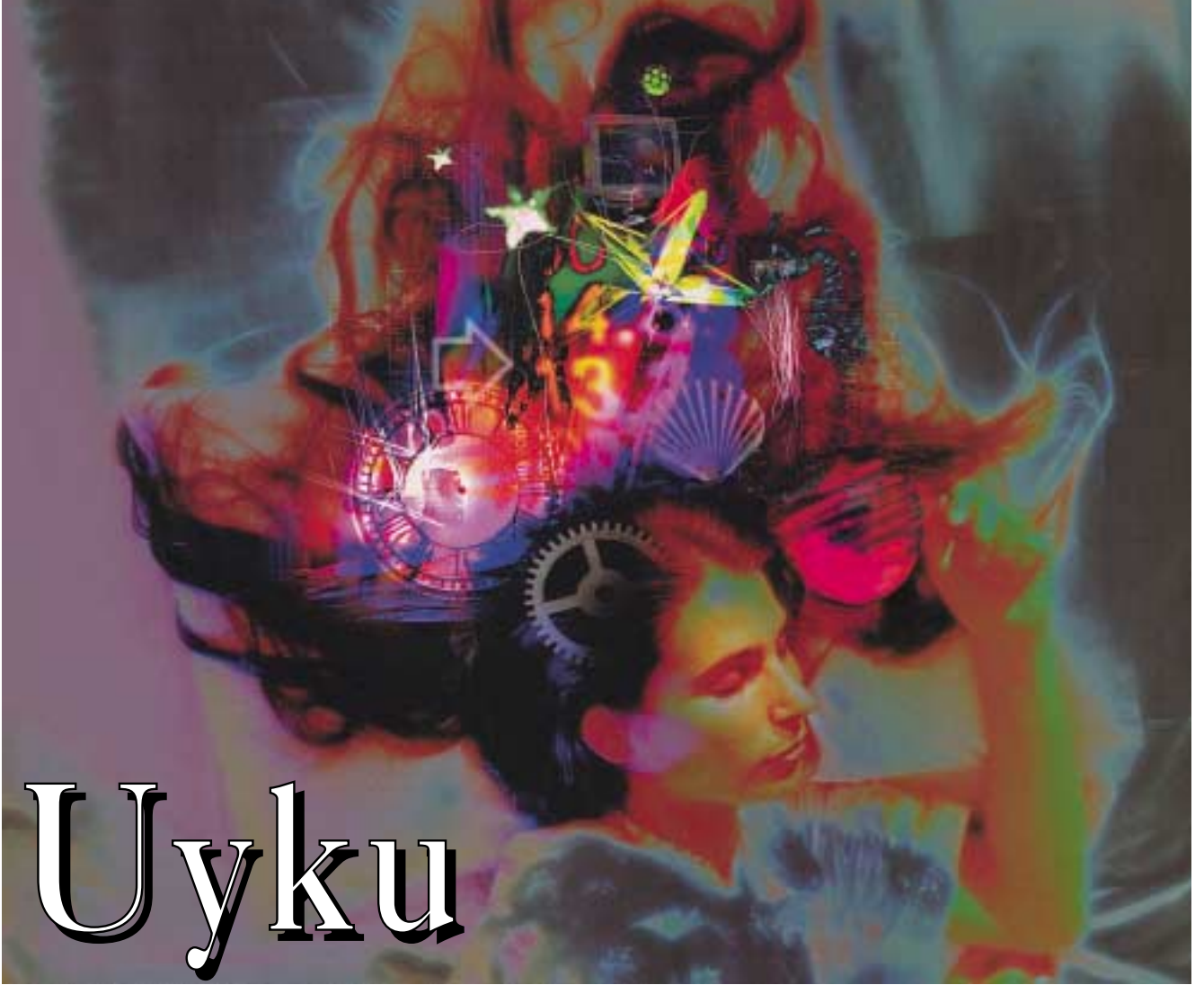
Kas yaralanmalarında ve kas erimesi hastalığında (musküler distrofi) uydu hücre denilen kas kök hücreleri kullanılabilecek; bu henüz deneme evresinde. Ne yazık ki kalp krizi (enfarktüs) sonucu ölen kalp kası hücrelerinin yerine henüz yenisi konulamıyor; çünkü kalp kası uydu hücreleri henüz bulunamadı.

Gelecek 20 yıl kuşkusuz kök hücre nakli dönemi olacak; birçok organ naklinin yerini daha ucuz ve kolay olan kök hücre nakli alacak. Bunun için kök hücre biyolojisi ve immünolojisi üzerinde tıp dünyası vargücüyle çalışıyor.

Selçuk Alsan

Kaynaklar:  
Science, 25 Şubat 2000  
Wintrob's Clinical Hematology, G. Richard Lee ve ark., Williams-Wilkins, 1999, I ve II. ciltler  
<http://unisci.com/stories/2000/0103003.htm> (Unisci)  
<http://wsiwgyj/50/http://www.usnews.com/usnews/issue/991213/stem.htm> (U.S. News)  
<http://unisci.com/stories/19994/1207995.htm> (Unisci)  
[http://news.bbc.co.uk/1/health/sci/tech/newsid\\_661000/661299.stm](http://news.bbc.co.uk/1/health/sci/tech/newsid_661000/661299.stm) (BBC News 18.11.99)  
<http://unisci.com/stories/20001/0301001.htm> (Unisci)  
<http://unisci.com/stories/20001/0224002.htm>  
Schweiz. Med. Wochenschr. 1999 Nov 20; 129 (46): 1733-9  
Curr Opin Hematol 1999 Nov; 6(6):400-5





# Uyku

## Öğrenmenin Mayası mı?

Memeliler ve kuşlar yaşamlarının uzunca bir süresini uykuda geçiriyor. Günde 8, haftada 56, ayda 240, yılda 2920 saat... Yaşamımızın yaklaşık üçte biri uykuda geçiyor. Gözlerimiz kapalı, kaslarımız gevşek, soluk alışverişi düzenli. Dışarıdan çok sakin geçirilen bir süreymiş gibi görülse de uyku süresince beyin son derecede etkin. Eskiden bunun tam tersi düşünülürdü ve uyku sırasında tıpkı vücut gibi beyin etkinliklerinin de azaldığına inanılırdı.

Bilim adamları neden uyku uyuduğumuzu, rüyalarımızı ve belleği uzun yıllardır inceliyorlar. Ancak, uykunun birçok yönü hâlâ sır olarak kalmayı sürdürüyor. Uykusuzluğun ne gibi zararları olduğu da çok merak edilen konulardan biri. Son yıllarda yapılan bazı araştırmalar, uyku uyumayan farelerin vücutlarının sıcaklık dengesinin 2-3 hafta içinde bozulduğunu ortaya koymuş. İnsanlardaysa uykusuzluğun düşünme becerilerini, duyguları ve motivasyonu olumsuz etkilediği belirlen-

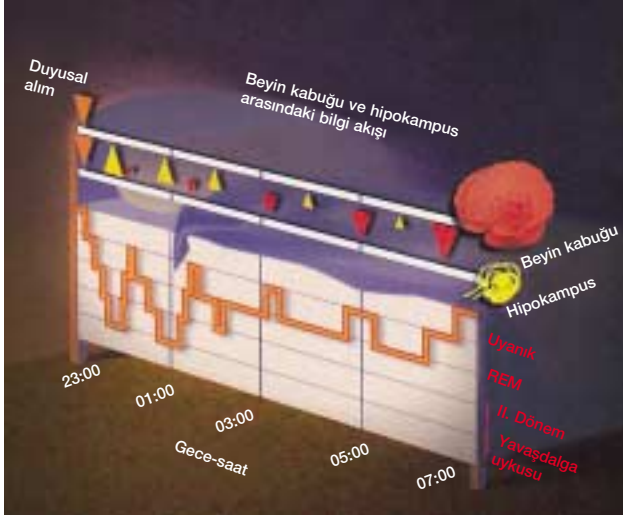
miş, ancak bu durumun nedenleri konusunda henüz pek bir açıklama yok.

Uyurken vücut hareketleri azalır ve yavaşdalga uykusu denen evrede metabolizma hızı düşer, protein sentezi artar; böylece fiziksel bir yenilenme sağlanmış olur. Ancak uyku uyurken neden bilinçsiz olduğumuzu açıklayan bir bulgu henüz yok. Bazı araştırmacılar, sinir hücrelerinin REM uykusu sırasındaki etkinliklerine bakarak belleğimizi güçlendirmek için uyuduğumuzu ileri sürüyor. Bir başka grup araştırmacıysa rüyaların, kurtulunması gereken zihinsel atıklar olduğunu düşünerek unutmak için uyuduğumuzu söylüyor. Ancak, bu iki görüşü birleştiren bir başka bakış açısı daha var. Bu bakış açısına göre, uyku sırasında bize gereksiz olanları unutturuyoruz, gerekli olanları da işliyoruz.

Uyurken, hatta rüya görürken, günlük yaşamımızdaki olaylarla ilgili olarak belleğin yenilendiği görüşü giderek yaygınlaşıyor. Geceleyin bir tür-

lülü çözemediğimiz bir problemi sabah kalkınca kolayca çözüverdiğimiz olmuştur. Başka bir zaman, bulmaca çözerken anımsamadığımız bir sözcüğü sabah kalktıktan sonra anımsamışızdır ya da yüzüne bakıp adını çıkaramadığımız bir kimsenin adını çıkarmışızdır. Belki de pek çoğumuzun aklına takılmıştır uyurken teypten dinlediğimiz şeylerin aklımızda kalıp kalmayacağı, yani uyurken duyduklarımızı öğrenip öğrenemeyeceğimiz. Gündelik yaşamda karşılaştığımız tüm bu durumlar, "Acaba uyurken öğrenmeyi ya da problem çözmeyi sürdürüyor muyuz?" sorusunu akla getiriyor. İşte, bu soruların peşinden giden bazı araştırmacılar bakın neler bulmuşlar:

Harvard Tıp Fakültesi Psikiyatri Bölümü'nden Robert Stickgold, öğrenme, becerilerin gelişmesi ve belleğimizdeki bilgilerin özümlemesi için birbiri ardına oluşan yüzeysel ve derin uyku dönemlerinin gerekli olduğunu düşünüyor. Hatta öğrenmenin belirli



## Uyku Evreleri

Bir gece uykusu, REM (Hızlı Göz Hareketleri) uykusunun ve bir dizi Non-REM uykusunun 90 dakikalık döngüsünden oluşur. Uyku araştırmacıları bu dönemleri beyin dalgalarındaki, göz hareketlerindeki ve kas gerginliğindeki farklılıklardan tanırlar. Rüya-lar, çoğunlukla REM uykusu sırasında görülürler. Bunun ardından oluşan Non-REM uykusu iki ayrı dönemden oluşur. Daha yüzeysel olan I. ve II. Dönem ve daha derin olan yavaşdalga uykusu. Yavaşdalga uykusunun da III. ve IV. olmak üzere iki dönemi vardır. Bir uyku döngüsü yaklaşık 90

dakika içinde REM ve Non-REM uykularının olduğu bir dönemdir. Gece ilerledikçe REM dönemleri daha uzun olur. Yine bu saatlerdeki Non-REM uykusu çoğunlukla II. Dönem uykusu biçimindedir.

Harvard Tıp Fakültesi'nden Robert Stickgold, birbirini izleyen bu REM ve Non-REM uykularının gündüzden bellekte kalanları uzun süreli depoya aktarırken, anlamlarını ararken ve onları daha önceki bellek birikimiyle ilişkilendirirken hipokampus ve beyin kabuğu arasında bir dizi "konuşma" yapıldığını düşündürüyor.

aşamalarının uyku olmadan gerçekleşmeyeceğini de ileri sürüyor. Uyku evrelerinin öğrenmeyle ilişkili görüneni olan REM uykusu çokça rüya gördüğümüz bir uyku biçimidir. Laboratuvar fareleri arasında, uyanık oldukları saatleri labirentte yiyecek bulmayı öğrenerek ya da yeni birtakım etkinliklerde bulunarak geçirenlerin daha çok REM uykusu uyudukları belirlenmiş. Ayrıca, labirentte yiyecek bulmayı öğrendikten sonra, REM uykusu uyumasına izin verilmeyen farelerin labirentteki başarılarının düştüğü de saptanmış.

İsrail'de, Rehovot'taki Weizmann Bilim Merkezi'nden Avi Karni, bir araştırma sırasında deneklere bilgisayarda bir eğitim uygulaması yaptırdı. Bu uygulama sırasında deneklerin bilgisayar ekranının tam ortasında görünen bir harfe bakarken, arka planda gördükleri desenin düşey mi, yoksa yatay mı olduğunu söylemelerini istiyordu. Bunu hiç yapmamış deneklerin bunu başarmaları 100 milisaniye sürüyordu ve bu denemeler sırasında denekte bir gelişme gözlenmiyordu. Ancak, bir gece uyuyup ertesi sabah yeniden bu uygulamayı yapmaya çalışan deneklerde başarıma süresi 15 milisaniye daha kısa oluyordu. Üstelik de bu gelişme birkaç yıl sonra bile kalıcı oluyordu. Karni, bu uygulamadan sonraki gece deneklerinin REM uykusu uyumalarına izin vermeden bir deneme daha yaptı. Ne zaman REM uykusu başlayacak olsa, onları uyandırdı. Bu koşullar altında deneklerde hiçbir gelişme gözlenmedi. Araştırmanın sonuçları REM uykusunun önemli olduğunu gösteriyordu.

Bundan sonra Stickgold, deneklerin REM uykusu uyumalarının engellenmesinin, öğrenme sürecinin tümünü mü yoksa yalnızca temel bir aşamasını mı durdurduğunu bulmak istedi. Bunu bulmak için Karni'nin uygulamasından birkaç gün sonra, kaç denekğin gelişme gösterdiğini belirlemek üzere harekete geçti. Ancak, deneklerin REM uykusu uyumalarını engellemek yerine, deneklerin her bir uyku evresinde ne kadar süre geçirdiklerini ve bunların derinliklerini ölçtü. Onun varsayımına göre, REM uykusu uzun olanlar daha çok öğreneceklerdi, tıpkı farelerde olduğu gibi. Ancak, araştırmasının sonunda, en iyi öğrenenlerin yalnızca en uzun REM uykusunu uyuyanlar olmayıp, aynı zamanda REM uykusunu gecenin son iki saatinde uyuyanlar ve en derin uyku olan yavaşdalga uykusunu ilk iki saat içinde uyuyanlar olduklarını da buldu. Stickgold'a göre bu, öğrenme sürecinin hem yavaşdalga uykusu hem de REM uykusuyla ilişkili olduğunu gösteriyordu. Stickgold, yalnızca altı saat uyku uyuyan deneklerde hiçbir gelişmenin gözlenmediğini söylüyor. Eğitim uygulamasından sonra gece boyu uyumayan deneklerin hiçbir şey öğrenemedikleri de ortaya çıkan gerçekler arasında.

Uyku, öğrenmenin tüm biçimleri için gerekli gibi görünmüyor. Stickgold, uykunun bir şeyin "ne" olduğunu öğrenmekten "nasıl" olduğunu öğrenmekle ilgili olduğunu düşünüyor. Bu durumda, bir telefon numarasını 50 saniye sonra unutuyorsanız uykunun size pek bir faydası yok. Ancak bir piyano parçasını çalmayı öğrenirken notaların dizilişini anımsamakta zorluk

çektiyseniz, sabah uyandığınızda notaları anımsama şansınız var. Stickgold bir grup arkadaşıyla yaptığı bir başka çalışmada rüyaların öğrenmeyle ilişkisini incelemiş. Çalışma sırasında, bir bilgisayar oyunu olan Tetris'i öğrenen deneklerin gördükleri küçük rüyalar incelenmiş. Tetris öğrenmeye çalışan deneklerin çoğu, uykuya daldıktan sonra oyunda kullanılan blokları rüyalarında görmüşler. Gördükleri görüntüler özellikle oyunun en çarpıcı, en belirleyici özellikleriyle ya da kurallarıyla ilgiliymiş. Örneğin, deneklerden biri oyunda onu en çok zorlayan taşı görmüş rüyasında. Stickgold'un bir gözlemine göre, en çok rüya görenler oyunu öğrenmeye başlarken en az bilgi sahibi olanlar, yani öğrenme uygulaması sırasında en çok şeyi öğrenenler olmuş. Deneklerden birinin, çocukken değişik bir uyarlamasını oynamış olduğu bu oyunla ilgili rüyaları çocukluğundan kalma müzikler ve renkli taşları da (yapılan uygulamada oyunun taşları renksizmiş) içeriyormuş. Stickgold bu bulgunun, beynin bellekteki eski anıları yeni öğrenme deneyimleriyle de kaynaştırdığını gösterdiğini düşünüyor.

Stickgold'un bir başka çalışmasında tırmanma, kano, kayak ve bisiklet gibi becerilerle birkaç gün uğraşan deneklerin yukarıda sözü geçenlere benzer rüyalar gördükleri de belirlendi. Ontario'daki Trent Üniversitesi'nden Carlyle Smith, Stickgold'un yalnızca birtakım ilişkileri ortaya çıkardığını, ancak tam bir neden-sonuç ilişkisinin belirlenemediğini söylüyor. Bu düşüncesinden hareketle Smith, yavaşdalga uykusunu ve REM uykusunun öğren-



meyle ilişkisini ayrı ayrı incelemek üzere bir çalışma yapıyor. Onun bu çalışması hem REM hem de Non-REM (REM olmayan) uykularının becerilerin öğrenilmesi bakımından önem taşıdığını gösteriyor.

Almanya'daki Bamberg Üniversitesi'nden Werner Plihal ve Jan Borg öğrenme için en önemli uyku evresinin, ne öğrendiğimize bağlı olarak değiştiğini söylüyorlar. Onlar, yaptıkları çalışmada deneklerin yavaşdalga uykusu uyumaları engellendiğinde, uzaysal ilişkilerin kavranması ve sözcükler arasında çağrışımlar yaratılmasının daha zor başarıldığını buldular. Beyinde bu tip işlevleri gerçekleştiren yer hipokampus olduğundan, gözler bu çalışmadan sonra hipokampusu çevrildi. Hipokampus, uzaysal bellekle ilgili bilgilerden ve günlük olarak yaşanan olaylardan gereklilerini kaydeder. REM uykusu yalnızca hipokampusla ilgisi olmayan, beceri öğrenme işlevi açısından daha önemli görünüyor. Hipokampusun, alınanların tümünü depolayamayacağını söyleyen Smith, hipokampustaki kısa süreli bellekteki bilgilerin daha kalıcı olan uzun süreli belleğe, yani beyin kabuğuna aktarılması için uykunun önem taşıdığını ileri sürüyor. New Jersey'de Newark'taki Rutgers Üniversitesi'nden Gyorgy Buzsaki'ye göre, bu iş yavaşdalga uykusu sırasında yapılıyor. Buzsaki çalışmalarını ilerlettiğinde, REM uykusu sırasında bilgi akışının tam ters yönde de olabildiğini gördü. Buzsaki, bir gece uykusunu hipokampusla beyin kabuğu arasındaki söyleşmelerle geçirdiğimizi düşünüyor.

Yakın zamanda Pullmann'daki Washington Eyalet Üniversitesi'nden Gina Poe'nun yaptığı bir

araştırmada beyin kabuğunun hipokampusu ne tür bilgiler gönderdiği belirlendi. Poe, çalışmasında hipokampustaki hücrelerin REM uykusu sırasındaki elektriksel etkinliklerini kaydetti. REM uykusu sırasında hipokampustaki hücrelerin etkinliği, saniyede 4-10 kez düzenli yükselmeler ve alçalmalar gösterir. Buna teta ritmi denir. Bu, tıpkı fareler uyanırken ve çevreyi keşfederken onlarda gözlenen ritme benzer. Poe, fareler yeni bir labirenti öğrenmeye başladıktan birkaç gece sonra beyin kabuğunun elektriksel etkinliklerinin teta ritmine benzerlik göstermeye başladığını belirledi. Poe, bu durumun, sinir hücreleri arasında iletişimi sağlayan sinaps bölgelerinin güçlenmesini sağlayarak belleği yenilemeye yaradığını düşünüyor. Bu yenilenme işinin REM uykusu sırasında olmasının nedenini de Poe, sinapsları güçlendirmek için gerekli olan ve kimyasal iletişimi sağlayan asetilkolin miktarının bu evrede en yüksek düzeyde olması olarak görüyor. Bundan

sonraki süreç içindeyse öğrenilenlerin beyin kabuğuna tümüyle depolandığını ve hipokampustan silinecek hale geldiğini düşünüyor.

Stickgold ve Poe yavaşdalga uykusu sırasında başka şeylerin de olabileceğine inanıyorlar. Bu konuda yapılan çalışmalar, yavaşdalga uykusu sırasında enerji düzeyinin yeniden yükseltilmesi ve protein yapılması yönünde daha çok kanıt ortaya koymaya başladı. Poe'ya göre, beyinde yeni sinir hücresi bağlantıları, yani öğrenme oluştuktan sonra, eğer protein yapımı engellenirse ya da az enerji sağlanırsa öğrenilenlerin kalıcı hale geçmesi zorlaşır.

REM uykusuna ve rüyalara dönecek olursak, Stickgold ve arkadaşları, bu uyku evresinin yalnızca öğrenilenlerin aktarımıyla ilgili olmadığını, aynı zamanda bellekte eskiden depolanmış bilgilerle yeni depolanan bilgiler arasındaki ilişkileri de bulmaya yaradığını düşünüyorlar. İşte, uykudan uyandığımızda akşamdan çözümü yarım kalmış bir problemi sabah çözebilmemizin nedeni olarak da eski ve yeni bellekteki bilgilerin birbiriyle ilişkilendirilmesini görüyorlar.

Stickgold, tüm bu bulgular bir bütün olarak ele alındığında şöyle bir benzetme yapılabileceğini düşünüyor: Bir gecelik uyku bir terapistle geçirilen beş seansa benzer. Hipokampus günün anılarını depolamış bir hastadır, beyin kabuğuysa terapisttir. İlk olarak yavaşdalga uykusu sırasında, hipokampusta depolanmış o günün anılarını tekrarlayarak neler olduğu hakkında konuşurlar. REM uykusu sırasında beyin kabuğu yanıt verir ve bu bilgilerin birbiriyle tutarlı olup olmadığına birlikte bakarlar. Daha uzun yavaşdalga uykusu daha uzun açıklama demektir. Bu her iki bellek sistemi karşılıklı konuşarak, bellekteki bu anıların ne anlama geleceği konusunda ortak bir düşünceye varırlar.

Uyku araştırmacıları çalışmalarını var güçleriyle sürdürürken, Stickgold'un hepimize önerisi sekiz saatlik uykuyu ihmal etmememiz.

Zuhal Özer

Konu Danışmanı: Hamdullah Aydın  
Prof.Dr., GATA Psikiyatri Ana Bilim Dalı

Kaynaklar

Phillips, H., "Unchain your mind", New Scientist, 25 Eylül 1999.  
<http://www.sciam.com/0796issue/0796infocus.html>  
<http://bisleep.medsch.ucla.edu/SRS/srs/vertes.htm>





# 2000 Dünya Matematik Yılı

2000 yılı Uluslararası Matematikçiler Birliği IMU ve UNESCO tarafından “Dünya Matematik Yılı” olarak ilan edildi. Yıl boyunca, bilim ve teknolojinin temel taşı ve insanlığın ortak kültürünün vazgeçilemez bir bölümü olan matematiğin önemini ve yararını topluma anlatmak için tüm dünyada matematikçiler konferanslar verecek, makaleler ve kitaplar yazacak. Oysa matematik hakkında matematikçi olmayanlar için makale yazmak ya da konferans vermek hiç de kolay değil. Hele matematik araştırmalarının derin sonuçları olan teoremleri ve uygulamaları matematikçi olmayan okurlara veya dinleyicilere gerektiği gibi aktarabilmek özen ve ustalık gerektirir. Matematik sanki etrafına aşılması zor duvarlar örerek matematikçi olmayanları kendi gizemli bahçesinden uzak tutmayı seçmiştir. Bu duvarların ardında neler olduğunu pek merak etmeyiz. Araştırmalarında matematikten yararlanan bilim insanları bile çoğu zaman matematiği salt bir araç olarak algılar. Tıpkı bir mikroskop, bir bilgisayar ve hatta bir vinç gibi. Sanatçılar içinse matematik kendi dünyalarının çok uzağında, soğuk, karanlık ve cansız bir nesnedir. Oysa, yirminci yüzyılın büyük düşünürlerinden Bertrand Russell matematiğin en yüksek sanatın gösterebileceği kesin kusursuzluğa erişebilen, yüce bir güzelliği olduğunu yazmıştır.

Matematiğin önemini anlatmanın bir yolu da matematiğin uygulamalarından söz etmektir. Günümüzde fizik, kimya, biyoloji gibi doğa bilimlerinin yanı sıra, mühendisliğin hemen her alanında, ekonomide hatta dilbilimde matematik yaygın olarak uygulanır oldu. Doğa bilimlerinde matematiğin uygulanışı çok gerilere gider. Galileo, zamanımızdan dörtüzyıl kadar önce “doğanın yüce kitabı yalnızca onun yazıldığı dili bilenlerce okunabilir; bu dil de matematiktir” demiştir. Ancak çoğu zaman matematikçi uğraştığı problemin, ispat etmeye çalıştığı teoremin doğa bilimlerinde veya başka alanlardaki uygulamalarına aldırılmaz. Matematiğin gizemli bahçesi onun için yeterince zengindir. Matematikçi olmayanları dışarıda tutan o yüksek duvarların ötesinde neler olduğunu matematikçi de pek merak etmez; ama yaratılan matematik kuramları birgün gelir doğanın bir temel yasasının keşfinde baş rolü oynar. Onyedinci yüzyılın başlarında Kepler, gezegenlerin hareketlerini açıklayan üç ünlü yasa açıkladı. Astronomide devrim yaratan bu yasalardan birincisi her gezegenin yörüngesinin bir elips olduğunu, Güneş’in de bu elipsin bir odağı üzerinde olduğunu söyler. Kepler bu

çalışmasında Appollonius’un “Konikler” adını taşıyan eserinden yararlanmıştı. Appollonius bugün Antalya’nın doğusunda kalıntılarını gezebildiğimiz Perge şehrinde M.Ö. 200 yıllarında yaşamış antik çağın en önemli matematikçilerinden biriydi. “Konikler” aslında sekiz kitapçıktan oluşan; çember, elips, parabol ve hiperbollerini içeren eğriler topluluğunu sistematik bir biçimde inceleyen bir başyapıttır. Perge’li Appollonius bu yapıtında koni kesitlerini analitik yoldan da tanımlamıştır. Bir düzlem üzerinde sabit bir noktadan sabit uzaklıkta hareket eden bir noktanın bir çember çizdiğini biliriz. İki ayrı sabit noktadan uzaklığının toplamı sa-

bit kalacak şekilde hareket eden bir noktanın yörüngesiye elipstir. Bu iki sabit noktaya da elipsin odakları denir. Perge’li Appollonius’un sekiz kitabından sonuncusu kayıptır. İlk yedi kitapsa önce Yunanca’dan Arapça’ya, sonra da Arapça’dan Latince’ye çevrilerek yazılışından onsekiz yüzyıl sonra Kepler’e ulaşmış ve gezegenlerin hareketini açıklayan doğa yasalarının keşfinde baş rolü oynamıştı. Appollonius ise koni kesitlerini incelerken bu kuramın gerçek hayatta uygulanabilirliğini pek düşünmemiştir.

Bugünün dünyasında karmaşık ve soyut bir düşünceyle, bir öğretiyi karşılaştığımızda “peki bunun bana ne ya-



Karl Friedrich Gauss



**Cahit Arf**

rarı var?" diye sorup, kendimizce daha yararlı, daha gerçek dünyaya ait işlere dönüveririz. Matematikçiye "yarar" veya "uygulanabilirlik" aramadan çalışır; ama Appollonius örneğinde olduğu gibi, yarar veya uygulama çok sonraları ortaya çıkar. Riemann, Gauss ve Bolyai gibi matematikçiler tarafından ondokuzuncu yüzyılda geliştirilen eğrisel uzay geometrisi, daha sonra görelilik kuramını açıklamak için Einstein tarafından kullanıldı. 1830'larda Galois ile başlayarak gelişen ve o zamanlar soyut matematiğin doruğu olarak nitelendirilen gruplar kuramı bugün modern fizikte yaygın olarak kullanılmakta. Matrisler kuramı, icadından altmış yıl kadar sonra Heisenberg tarafından kuantum mekaniğinin matematiksel modelini kurmak için kullanıldı. Bu matematik kuramlarının hiçbirisi bir "yarar" gözetilerek geliştirilmemişti. Oysa her biri gerçek dünyayı anlamak, doğanın temel bir yasasını ifade etmek için çok pratik birer

alet haline geldi. Nobel ödüllü fizikçi Wigner, "matematik dilinin fizik yasalarının ifade edilmesine elverişli olması mucizesi, anlayamadığımız, harikulâde bir lütuftur" diye özetlemiş bu olguyu.

Doğayı anlamaya çalışan bilimciler, durmaksızın gerçeğin peşinde koşarlar. Gerçekse yakalanmaz bir türlü. Doğa bilimlerindeki "gerçek" aslında pragmatiktir. Örneğin bir fizikçi elindeki kuramı, gerçeği bilinen olgularla, gözlemlerle karşılaştırır ve deneylerle sınar. Eğer doğayla kuram yeterince uyuşmuyorsa, "daha doğru" bir kurama, yeni bir gerçeğe doğru arayışlar başlar. Doğa bilimcisinin uğraşı hep daha doğru olanın peşinde koşturur. M.S. birinci yüzyılda Ptoleme, merkezi dünya olan bir evren modeli ortaya attı ve yüzyıllarca bu model "doğru" olarak kabul gördü. Onaltıncı yüzyılda Kopernik bu modele karşı çıktı. Kepler ise merkezi Güneş olan, gezegenlerin güneşin etrafında elipsler çizerek döndüğü evren modelini gözlemlere dayanarak açıkladı. Kepler'in yasalarından yo-

la çıkan Newton, yerçekimi yasasıyla gök mekaniği diye bir bilim dalını yarattı. Ancak Newton'un gök mekaniği, Güneş'e en yakın gezegenimiz olan Merkür'ün yörüngesi hakkındaki gözlemleri açıklamakta yetersiz kaldı. Einstein'ın görelilik kuramı, Newton yerçekimi yasasını değiştirince Merkür'ün hareketini de kapsayan yeni bir doğruya kavuştuk! Sanki doğanın gerçekleri tam yakalandıklarında kılık değiştirip elimizden kurtulan masal perileri gibi bizleri peşinden koşturuyor.

Yarın yeni gözlemlerle ya da deneylerle değişmeyecek gerçekler arıyorsanız, onu matematikte bulursunuz. Matematikte "doğru", zamanla değişmez. Dünya Matematik Yılı'nda matematiğin yaşgününü kutluyor olsaydık, pastamızın üzerine herhalde ikibinbeşyüz tane mum sıdırmak zorunda kalırdık. Milet'li Thales'in üçgenler ya da Perge'li Appollonius'un elipsler hakkındaki ikibinikiyüz yıllık teoremleri, bugün de gerçek. Gene o çağlardan bize miras kalan asal sayıların sonlu tane olmadığını ifade eden teoremin ispatının duru ve yalın güzelliğini bugün bile algılayabiliriz. Matematik insan zekasının binlerce yıldır, taş üstüne taş koyarak yükselttiği yüce bir yapı, görkemli bir anıt. Bu anıtın alt sıralarında yer alan bir taş bugün biraz tozlu olabilir, ama üzerini şöyle bir silerseniz o eski taşın sağlamlığı ve güzelliği bugün de gözlerimizi kamaştırır. Matematik birikimseldir, kalıcıdır. Akıp giden zaman içinde kaybolmaz ve değerini yitirmez.

Tosun Terzioğlu

Sabancı Üniversitesi, Türk Matematik Derneği Başkanı



**Leonhard Euler**

# Popüler Matematik Eğlence, Mantık ve Bilmece Kitapları

- **Bil Bakalım**, Bilim ve Matematik Bulmacaları. Yuri B. Cheryok ve Robert M. Rose, Çeviri: Hatun Özgür, Fen Kitapevi, Ankara; Sarmal Yayınevi-İstanbul, 1996. 222 sayfada birbirinden güzel fizik ve matematik temeline dayanan bulmacalar ve yanıtları.

- **Matematikçi Gazete Okuyor**, Prof. Dr. Allen Paulas (Temple Üniversitesi Matematik profesörü) Çeviri: Celal Kapkın. Evrim Yayınevi, 1999, 241 sayfada 5 Bölüme ayrılmış, toplumsal hayatla ilgili, düşündürücü, herbiri 1-2 sayfalık bilmece yazılar. Politika, ekonomi, yaşam biçimi, iş hayatı, bilim, tıp, çevre, besin, spor vb. konuları işleniyor.

- **Matematik ve Korku**, Popüler Matematik Yazıları-I. Prof. Dr. Ali Nesin. Genişletilmiş 3. baskı. Düşün Yayıncılık, 1994. Aziz Nesin'in, hemen hepsi oğlu Ali Nesin'in (ABD'de California Üniversitesi Matematik profesörü) mektuplarından oluşan, 56 sayfalık önsözü ve 225 sayfada, matematik ve mantık temeline dayalı bilmece ve yanıtları. Bazı başlıklar: Evliliğin matematiği, Bu Ne Biçim Seçim, Matematiğin Emekleme Çağı (Eski Çağ Matematiğinden örnekler); Bachelard ve Möbius, Bertrand Russell Paradoksu, Hilbert, Gödel, Pisagor, Sihirli kareler.

- **Matematik ve Mizah**, Prof. Dr. Allen Paulos. Çeviri: Aliye Kovanlıkaya, Sarmal Yayınevi, 1996. 110 sayfa içinde mizahî bir zemin üzerinde matematik öğretici bir kitap. Aksiyomlar, olmayana ergi, asal sayılar, Öklit dışı geometri, paradokslar öğretiliyor.

- **Matematik ve Doğa**, Prof. Dr. Ali Nesin, Düşün Yayıncılık, İstanbul, 1995, 209 sayfa içinde hem matematik öğretici, hem de eğlendirici ve dinlendirici problemler ve yanıtları. Bol şekil ve karikatürler. Bazı başlıklar: Zenon'un Paradoksları, Konken Partisi, Şapkadan Güvercin Çıkarmak, Cemal Amca Kaç Kez Şeş Attı, Gizli Duvarlar, Blöfün matematiği, Ramsey teoremi vb..

- **Önermeler Mantığı**, Prof. Dr. Ali Nesin, Düşün Yayıncılık, İstanbul,



1994. 160 sayfa içinde çok öğretici matematiksel mantık konuları. Bazı başlıklar: Tümevarım, Kanıt ve teorem, Her Teorem Bir Hepdoğrudur, Her Hepdoğru Bir Teoremdir, Hangi Sözcükler Önermedir vb.

- **Kim Korkar Matematik'ten**, Prof. Dr. Nazif Tepedelenlioğlu, 6. baskı. Sarmal Yayınları, İstanbul, 1993. Ali Nesin'in önsözüyle, eğlendirerek, sıkmadan, bilmece sorarak matematik öğreten bir kitap. Yanıtlar var. Bazı başlıklar: İrrasyonel sayılar, Fibonacci Dizisi, Altın Oran, Pi'nin öykü-

sü, Ortaçağ Arapları, Takvim, Algoritma vb.

- **Altın Oran**, Mehmet Suat Serpil. Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul, 1988. Eskiçağlardan bu yana devam edegelen ve çok çeşitli uygulamaları olan altın oran 114 sayfada bol resim ve örneklerle anlatılıyor. Bazı başlıklar: Altın Dikdörtgen, Eşit Açılı Sarmal, Çokgenlerde Altın Oran, Çokyüzlülerde Altın Oran, Altın Oran ve Fibonacci Dizisi, Doğa ve Altın Oran, Sanat ve Altın Oran.

- **Düşünme Kutusu**, I ve II. Doç. Dr. Selçuk Alsan. Gün Yayıncılık. 4. baskı, 1995, 208 sayfada 371 mantık, matematik - zeka bilmece ve yanıtları. Bazı başlıklar: Uzak Yaratıcı, Tek Yönlü Ev, İslanmayan Adam, Kibrit Oyunları, Çince, Bunlar da Ne?, Satranç Problemleri vb. II. kitap: Mantık-matematik-zeka bilmece ve yanıtları. Bazı başlıklar: Uzak Mantığı, Bağ-

## Bir Milyon Dolar İster misiniz?

Yapacağınız, 2'den büyük her çift sayının, iki asal sayının toplamı olduğunu kanıtlamak. Örneğin,  $24 = 11 + 13$  gibi. Bunun böyle olması gerektiğini, ilk kez 1742 yılında, Rus çarlık ailesine öğretmenlik yapan Prusyalı matematikçi Christian Goldbach ileri sürmüştü. Bu nedenle "Goldbach Varsayımı" diye adlandırılıyor. Asal sayıların özelliği, yalnızca kendileriyle, ya da 1'le bölünebiliyor olmaları. İnsanın "Ee, ne var bunda" diyesi geliyor; ama bir milyon dolar ödülü de boşuna koymamış olsalar gerek... Küçük sayılar için iş kolay. En fazla birkaç saniyenizi alır. Ancak çift sayıları sonsuza kadar uzatabilirsiniz ve her biri için aynı kuralın geçerli olduğunu kanıtlamak için ya hepsini teker teker inceleyeceksiniz, ya da tümü için geçerliliği su götürmez bir kanıt bulacaksınız. Ne yapalım; matematikte "herhalde" yok. İlle de kesinlik istiyor. Ortada öyle ödül falan olmadığı halde, çeyrek binyıldır matematikçiler bu işle uğraşmışlar, ama ortaya kanıtı getirip koyan olmamış. Süper bilgisayarlar da varsayımın geçerliğini, şimdiye kadar 400 trilyon sayısına



kadar doğrulamışlar. Ama bu, daha büyük bir sayının iki asal sayının toplamı olarak ifade edilemeyeceği anlamına gelmiyor. Aranan kanıtı en çok yaklaştıran, Chen Jing-Run adlı Çinli bir matematikçi. Her çift sayının, bir asal sayıyla, iki asal sayının çarpımının toplamı olduğunu kanıtlamış. Örnek:  $24 = 3 + (3 \times 7)$ . Ama bu da yeterli değil. Bu durumda iş size kalıyor. Kendine güvenen, kanıtı Faber and Faber adlı İngiliz ve Bloomsbury USA adlı Amerikan yayın grubuna gönderebilir. Yalnız kağıdı kalemi hemen ele almanız gerekiyor. Kanıt 15 Mart 2002 tarihine kadar saygın bir matematik dergisinde yayınlanmak, ve sponsorların belirleyeceği altı kişilik bir jüri tarafından onaylanmak zorunda.

Ödülün amacı promosyon. Adı geçen kuruluşlar, Apostolos Doxiadis adlı matematikçinin yeni romanı "Petros Amca ve Goldbach Varsayımı" adlı romanını yayınlıyorlar. Aslında ödülü verecek olan, yayınevleriyle iş yapan sigorta şirketi. Şirket yetkilileri, belirtilen süre içinde birinin geçerli bir kanıtı ortaya çıkması olasılığını hesaplamakta zorlanmış, ama anlaşılabilir bir şekilde pek de yüksek görmemiş. Yayınevleri, bir yandan ödülün yaratacağı satış artışının hesabını yaparken, bir yandan da altı kişilik jürinin beklenen "çözüm" yağmuruyla nasıl baş edeceğini düşünüyor.

Science, 31 Mart 2000



dat Faciası, Firavun Mezarı, Hanoi Kulesi, Dedektif Olabilir misiniz, 12 Bilye ve Yamyamlar, Hint Fakirinin İkilemi vb. Tangramlar. Satranç Problemleri.

- **Düşünme Kulesi**, Doç. Dr. Selçuk Alsan, Sarmal Yayınevi, İstanbul, 2. baskı, 1996. Kapak Flaman ressam Hieronymus Bosch'dan: "Zevkler Bahçesi", 300 sayfada 434 mantık-matematik-zeka bilmecesi ve yanıtları. Bazı başlıklar: Fareler şehri, Möbius bandı, Dahiler Satrancı, Trenlere Manevra Yaptırmak, Dedektif Olabilir misiniz, Bilge Yargıç, Asılan Adam paradoksu, Casus Yuvası vb.

- **Matematiğin Gizli Dünyası**, David Wells, Çeviri: Doç. Dr. Selçuk Alsan, Sarmal Yayınevi, İstanbul, 1997. Matematiğin bugüne kadar hiç duymadığınız, okulda öğrenmediğiniz yönleri. 470 sayfada birkaç yüz şekil ve bir o kadar problem ve yanıtları. Bazı başlıklar: Üçgenlerin Gizli Dünyası, Bir Bilim Olarak Matematik, Sezgi ve Hayal Gücü, Kesinlik, Kanıt ve Aydınlatma, Matematik ve Gerçeğin Aranması, Yeni Matematik Oyunları vb.

- **Geometrinin Gizli Dünyası**, David Wells, çeviri: Doç. Dr. Selçuk Alsan, Sarmal Yayınevi, İstanbul, 1998, 352 sayfa. A'dan Z'ye alfabetik olarak bütün geometri teorem ve kavramları sıralı olarak veriliyor. Bazı başlıklar: Kardiod (yürek eğrisi), Düğümler, Altın Oran, Apollonius teoremi, Arşimed çokyüzlüleri, Feuerbach Teorem vb.

- **Liselerarası Matematik Yarışması Soruları ve Cevapları**, 1969-1983. Genişletilmiş 5. Baskı TÜBİTAK, BAYG, 1983.

- **Sayılar Teorisinde İlginç Olimpiyat Problemleri ve Çözümleri**, Prof. Dr. Halil İ. Karakaş ve Doç. Dr. İlham Aliyev. TÜBİTAK, 1998, 2. baskı.

- **Analiz ve Cebirde İlginç Olimpiyat Problemleri ve Çözümleri**, Prof. Dr. Halil İ. Karakaş ve Doç. Dr. İlham Aliyev TÜBİTAK, 1998.

- Beş Altın Kural, J. Casti (Sabancı Üniversitesi Yayınevi) Bu kitapta 1900'lerin önemli beş matematik kuramı ve bunların uygulamaları ayrıntılı biçimde, zengin örneklerle anlatılmakta.

- **Konikler**, A. Nazmi İlker ve Nazım Terzioğlu, Şirketi Mürettebiye Basımevi, İstanbul, 1966, 3. Baskı. Matematik Dünyası dergisinin hediyesi. 168 sayfada elips, hiperbol ve parabol soru ve yanıtları. Pascal ve Brianchon teoremleri, koniklerde doğrultman, kutup ve kutup doğrusu, çap ve merkez.

- **Matematik Tarihi**, İletişim Yayınları. Marcel Boll. 125 sayfa.

- **Matematiğin Aydınlatıcı Dünyası**, Sinan Sertöz, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, No: 36, 1996, 10. baskı.

- **Bir Matematikçinin Savunması**, G.H. Hardy, ibid No: 3, 1996, 9. baskı. Ünlü matematik profesörünün matematiğe bakışı.

- **Bir Gölgenin Peşinde** (Rakamların Evrensel Tarihi), G. Ifrah, ibid, No: 18, 9. Baskı.

- **Çakıl Taşlarından Babil Kulesine**, G. Ifrah, ibid, No: 23, 7. baskı.

- **Sıfırın Gücü**, G. Ifrah, ibid, No: 42, 6. baskı.

- **Matematik Sanatı**, J.P. King, ibid, No: 49, 7. baskı. Matematiğin estetik yönü.

- **Hint Uygarlığının Sayısal Simgeler Sözlüğü**, G. Ifrah, ibid, No: 72, 3. baskı.

- **Çarpım Tablosu**, Çocuklar için, R. Treays, ibid No: 81, 7. baskı.

- **Kesirler ve Ondalık Sayılar**, Çocuklar için, K.B. Mole, ibid, No: 88, 5. Baskı.

- **Çarpma ve Bölme**, Çocuklar için, K.B. Mole, ibid, No: 91, 6. Baskı.

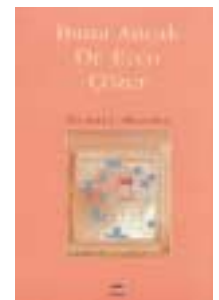
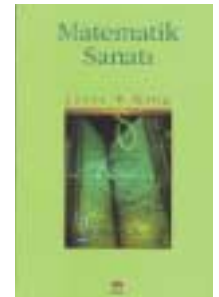
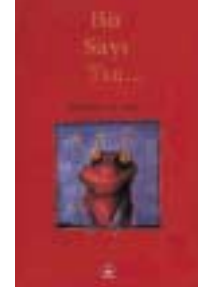
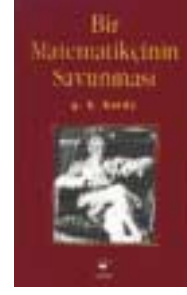
- **İslam Dünyasında Hint Rakamları**, G. Ifrah, ibid, No: 90, 2. baskı.

- **Bir Sayı Tut**, M.E. Lines, ibid, No: 96, 3. baskı.

- **Toplama ve Çıkarma**, Çocuklar için, K.B. Mole, ibid, 2. baskı.

- **Rastlantı ve Kaos**, David Ruelle, 1999, 12. baskı. Bazı başlıklar: Pi-yangolar, Oyunlar, Kaos, Kuanta, Entropi, Güdel Teoremi, Zeka vb.

- **Matematik ve Oyun**, Prof. Dr. Ali Nesin. Düşün Yayıncılık, İstanbul, 1994. Bazı başlıklar: Pokenin Matematiği, Olasılık Hesapları, Yoksulun Şansı vb.



Selçuk Alsan

# Türk Matematik Derneği

1948 yılında kurulmuş olan Türk Matematik Derneği'nin amaçları arasında matematikle ilgili bilim dallarının gelişmesini ve yurt içinde yaygınlaşmasını sağlamak, ekonomik, sosyal ve teknolojik alanlarda matematiğin ve matematikçinin katkısını arttırmak, orta ve yüksek öğretimde matematik eğitiminin çekiciliğini, düzeyini ve etkinliğini yükseltmek var. Dernek, o dönemde İstanbul ve İstanbul Teknik Üniversitelerinde aşağıda belirtilen görevlerde olan değerli bilim adamları tarafından kurulmuş;

Prof. Dr. Cahit Arf, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi; Doçent Dr. Lütfi

Biran, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi; Prof. Dr. Hamit Dilgan, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimari Fakültesi; Ord. Prof. Dr. Kerim Erim, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi; Prof. Dr. Nüzhet Gökdoğan, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi; Prof. Dr. Feyyaz Gürsan, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi; Prof. Dr. Mustafa İnan, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi; Prof. Dr. Ali Rıza Özbek, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi; Prof. Dr. Ferruh Şemin, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi; Prof. Dr. Nazım Terzioğlu, İstanbul

Üniversitesi, Fen Fakültesi; Ord. Prof. Dr. Salih Murat Uzdilek, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi; Prof. Dr. Ali Yar, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi; Prof. Dr. Fahir Yeniçay, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi.

Türk Matematik Derneği, Türkiye'yi Uluslararası Matematikçiler Birliği'nde (IMU) temsil etmekte.

## Şimdiki Yönetim Kurulu

Prof. Dr. Tosun Terzioğlu (Başkan), Sabancı Üniversitesi; Prof. Dr. Alev Topuzoğlu (İkinci Başkan), Sabancı Üniversitesi; Prof. Dr. Hülya Şenkon (Genel Sekreter), İstanbul Üniversitesi (emekli); Prof. Dr. Yusuf Yağcı (Sayman), İstanbul Üniversitesi; Prof. Dr. Okay Çelebi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.

## Adresi, telefonu

Sabancı Üniversitesi, Karaköy İletişim Merkezi, Bankalar Cad., No: 2, 80020 Karaköy, İstanbul Telefon: 0212 292 49 39

web : <http://www.tmd.org.tr>

## Ulusal Sempozyumlar

Türk Matematik Derneği, onikincisini 1999 Eylül ayında İnönü Üniversitesi'nde Dünya Matematik Yılı etkinlikleri çerçevesinde gerçekleştirdiği Ulusal Matematik Sempozyumlarını her yıl düzenliyor. Üniversitelerimizden lisansüstü öğrenciler ve öğretim üyelerinin katıldığı sempozyumlarda matematikte güncel gelişmeler ve araştırmalar tartışılıyor.

**Matematik Dünyası:** Dernek, 1991 yılından bu yana yılda beş kez yayınlanan Matematik Dünyası adında bir dergi çıkarıyor. Bu dergi lise ve üniversite öğrencileri ile matematiğe ilgi duyan kişilere yönelik.

## Yayınları

**Eşitsizlikler;** P. P. Korowkin, Çev. H. Şahinci.  
**Geometrik Eşitsizlikler;** N. D. Kazarinoff, Çev. A. Y. Özemre  
**Yalnız Cetvelle Yapılan Çizimler;** A. S. Smogorzhevski, Çev. Ş. Yamantürk  
**Rasyonel ve İrrasyonel Sayılar;** I. Niven, Çev. A. Kırıl  
**Çeşitli Geometrilere;** L. Godeaux, Çev. F. Şemin  
**İndirgemeli Diziler;** A. I. Markuschewitsch, Çev. A. P. Özbek-M. A. Özkan  
**Geometri I;** B. V. Kutuzov, Çev. H. Demir  
**Geometri II;** B. V. Kutuzov, Çev. H. Demir  
**Geometri III;** B. V. Kutuzov, Çev. H. Demir  
**Algoritmalar ve Otomatik Hesap Makinaları;** B. A. Trakhtenbrot, Çev. T. Tuncer  
**Konum Teoremleri;** B. I. Argunov-L. A. Skornjakov  
**Matematiksel Sonsuz;** G. Verriest, Çev. A. N. İlker  
**Sayılar ve Şekiller;** H. Rademacher-O. Toeplitz, Çev. O. Ş. İçen  
**Eşdeğer ve Eşparçalanabilen Şekiller;** V. G. Boltyanskii, Çev. A. Büke  
**Oyunlar Teorisine Giriş;** E. S. Ventsell, Çev. H. Yüksel  
**İhtimaliyet ve İnfomasyon;** A. M. Yaglom-I. M. Yaglom, Çev. L. Biran  
**Matematikte Endüksiyon ve Benzetme I;** G. Polya, Çev. O. Ş. İçen  
**Matematikte Endüksiyon ve Benzetme II;** G. Polya, Çev. O. Ş. İçen  
**Gök Mekaniği;** Y. Ryabov, Çev. S. M. Uzdilek  
**Geometride İndüksiyon;** L. I. Golovina-I. M.

Yaglom, Çev. A. Büke  
**Geometrik Transformasyonlar;** I. M. Yaglom, Çev. V. K. Güney  
**Diferansiyel ve Integral Hesap;** E. Landau, Çev. N. Terzioğlu  
**Cebir Temrinleri;** P. Aubert-G. Papellier, Çev. N. Terzioğlu  
**Konikler;** A. N. İlker- N. Terzioğlu  
**Modern Geometri I, II, III;** G. Papellier, Çev. N. Karahöyükü-N. Terzioğlu  
**Bilimin Uyanışı;** B. L. van der Waerden, Çev. O. Ş. İçen.  
**The Collected Papers of Cahit Arf**  
**Çokrenk Problemleri;** E. B. Dynkin-W. A. Uspenski; Çev. A. R. Özbek-M. A. Özkan  
**Sayılar Teorisinden Problemler;** E. B. Dynkin-W. A. Uspenski, Çev. A. N. İlker  
**Tesadüfî Hareketler;** E. B. Dynkin-W. A. Uspenski, Çev. A. R. Özbek-M. A. Özkan  
**Geometrik İspatlarda Hatalar;** I. S. Dubnow, Çev. A. N. İlker  
**Mekanığın Matematiğe Bazı Tatbikleri;** V. A. Uspenski, Çev. H. Yüksel  
**Yalnız Pergel Kullanarak Yapılan Geometrik Çizimler;** A. N. Kostovski, Çev. Ş. Yamantürk  
**Denklemlerin Tam Sayılarla Çözülmesi;** A. O. Gelfond, Çev. O. Ş. İçen  
**Gruplar Teorisine Giriş;** P. S. Alexandroff, Çev. A. Yar  
**Eşitsizliklere Giriş;** E. Beckenbach-R. Bellman, Çev. H. Yüksel  
**Matematiksel İndüksiyon Metodu;** I. S. Sominski, Çev. B. Asral  
**Sayılar Teorisine Giriş;** H. W. E. Jung, Çev. O. Ş. İçen  
**İhtimaller Hesabına Giriş;** B. W. Gnedenko-A. J. Chintschin, Çev. L. Biran



# Büyükliklerin Ölçülmesi

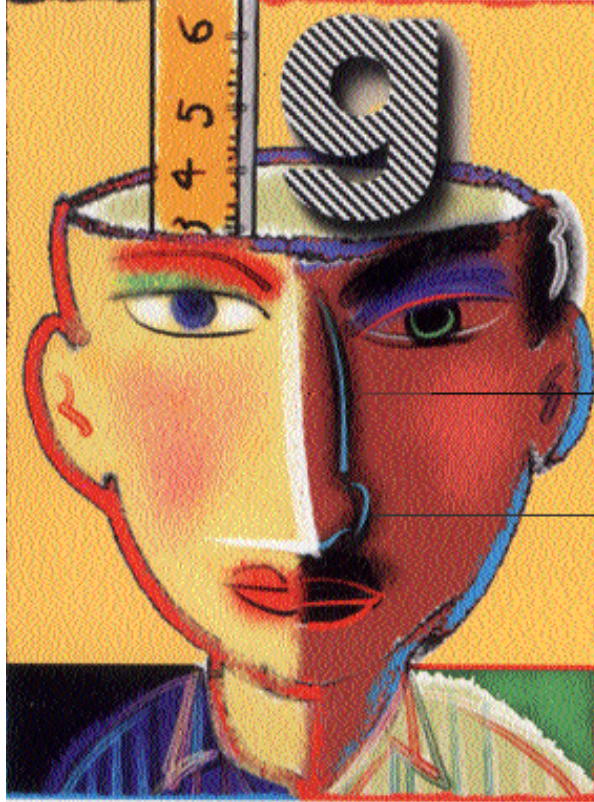
## Boyutlar, Birimler

*Sayılar... Yaşantımızın her bölümünde onlarla karşı karşıyayız. Doğum tarihimiz, boy ve kilomuz, hastalanınca ateşimiz, ekmeğin fiyatı, arabanın beygir gücü, depremin büyüklüğü, Sirius'un parlaklığı, en yakın gökadanın uzaklığı, evrenin yaşı... Hepsi sayılarla belirli. Ya boyutlar; birimler?*

Sayısal belirlemelerde, sayılarla birlikte söylenen, ölçek veya birim anlamı taşıyan sözcük veya sözcük kümeleri çoğu zaman dikkatimizden kaçır; sanki sayıya otomatik olarak eklenmiştir. "Üç kilo almışım", "12 hektar orman kül oldu", "bebek dört ayda yedi santim boy attı" gibi örneklerde, sayılarla birimler birbirinden ayrılmayan, âdeta kalıplaşmış bir bütün oluşturur. Bütünlük bağı bazen o denli kuvvetlidir ki, birimi söylemeye dahi gerek duymayız: "1.80 boyunda biri", "Ateşim 40'a fırlamış" derken bu eksikliğin farkına bile varmayız. Günlük hayatta bu farkına varmayış hiç de önemli değil. Ama, karşılaştığımız benzer bir ifadedeki en küçük bir kalıpdışılık hemen dikkatimizi çeker. "3 ton almışım", "12 orman kül oldu", "bebek 4 cm'de 7 ay uzadı" sözlerini duyar duymaz, ortada bir yanlışlık olup olmadığını, yanlışlık yoksa, sayısal belirlemenin alışlagelmiş veya yadırgamayacağımız bir formda nasıl olacağını bulmaya çalışırız. "Ateşim 100'e çıkmış" diye yakınan dostumuzun bu olağanüstü ateşini inanılır kabul edebilmek için,

onun yurtdışından yeni dönmüş olduğunu hatırlayarak, biraz düşünme ve hesaptan sonra, "O kadar da kötü değil; ateşin normalin biraz üstünde!" deriz. Ortada gerçekten de bir yanlışlık yoktur. 100 derece (Fahrenheit) ateş, normal vücut sıcaklığının bir-iki derece üstünde olan 38 derece ateşle hemen hemen aynıdır. Demek ki 100

derece Fahrenheit sıcaklık 38 derece Celsius sıcaklıkla (veya başka bir sıcaklıkla) karşılaştırılabilir; çünkü ikisi de sıcaklık belirtiyor. Öte yandan, 6.5 kilo geldiği söylenen bir bebeğin, 4 ayda 7 cm uzadığı iddia edilen bebeğe göre daha mı ağır veya hafif olduğunu, hangisinin daha hızlı geliştiğini (bu bilgilerle) kestirmek mümkün değil.



### Elmalar ve Armutlar

Nedir bu iki örneği birbirinden bu denli farklı yapan şey? Karşılaştırmanın mümkün olduğu ve olmadığı, basit veya karmaşık pek çok örnek bula-

bilirsiniz. 1200 g demir ve 1 kg tuzdan hangisinin daha ağır olduğu sorusu anlamlıdır ve cevabı vardır. Ama, 1 kg tuz mu yoksa 10 m halat mı daha ağırdır (ya da uzundur, veya sıcaktır) diye sormak; bir tarlanın yüzölçümünü beygir gücü cinsinden vermek saçmadır; en azından bazı ek bilgi veya kabullere dayanmadan cevaplandırılmaz. Büyüklüğü ölçülebilen çoklukların (niceliklerin) büyüklüklerinin birbirleriyle karşılaştırılabilmeleri için, bu büyüklüklerin bazı ortak nitelikleri olmalıdır. Bu ortak nitelikler genel anlamda birer boyuttur. *Uzunluk, ağırlık, sıcaklık, zaman* birbirleriyle karşılaştırılamayan, o nedenle de toplanıp çıkarılamayan, farklı boyutlardır. Tıpkı elmalarla armutlar için söylendiği gibi... Ne yazık ki o örnek belleklerde ilkokuldan bir hatıra olarak kalır; yükseköğretimde dahi konunun temeline pek dokunulmaz. Teknik öğrenim yılları, birimler, çeviri tablo ve formülleri içinde boğuşarak geçer.

Acaba boyut, birim kavramları nasıl ortaya çıktı? Kullanılabilirlikleri için önce tanımlanmaları, biliniyor olmaları gerekli miydi? Belki de gerekmiyordu. Durum aslında pek çok başka kavram için de geçerli; uzun süre kullanıldıktan, değişik koşullarda doğru veya yanlış uygulandıktan sonra, daha fazla yanlış önleyebilmek için kavramın tanımlanmasına ihtiyaç duyulabilir. İnsanlar herhalde önce birimlere ihtiyaç

duyup, ihtiyaca göre onları icad etmek, kullanmak zorunda kaldılar. Çok uzun, değişik uygulamalardan sonra, boyut ve birimlerin tanımlanması, sağlam bir temele



dayandırılması ancak son birkaç yüzyıl içinde gelişebildi. Sayma fikrini geliştirip sayıyı icadettikten sonra, insanlar başlangıçta ancak "tane tane" sayabildikleri türden çokluklar yanında başka çoklukların da bulunduğunun farkına vardılar. Karşılaştıkları yeni bir şeyin, "az" veya "çok" diye nitelendirebilecekleri bir çokluğun ne kadar "büyük" olduğunu anlamak ve anlatmak için, onu, aynı "büyüklük"te kabul edebilecekleri eşit parçalara bölerek, kaç "tane" eşit parça ortaya çıkmış olduğunu saymış olmalılar. Bu, bugün *birim* ve *ölçme* adını verdiğimiz uygulamaların doğuşudur. "Büyüklük", insanın o zamanki deneyim ve yeteneklerine bağlı, dolayısıyla onlarla sınırlı olarak algılayabildiği bazı özelliklerdi: Görünür hacim, uzunluk, elde veya sırtta taşınırken duyulan ağırlık gibi. Bir çokluğu eşit parçalara bölebildikten sonra, bölünme sayısını değiştirerek, ortaya çıkan eşit parçaları değişik sayılarda yeniden biraraya getirerek, yeni büyüklükler, yeni birimler yaratmak da mümkündü. Bu da, bir yandan ölçmeye kolaylık getirirken, bir yandan da çeşitliliği arttırıyordu.

## Geçmişte Yaşam

O çağlarda yaşadığınızı düşünün. Yaşamınız için gerekli olan ve önceleri doğadan kendi kendinize karşılayabildiğiniz temel ihtiyaçlarınızın çeşidi ve miktarı, yaşamınızı daha da iyileştirmeyi, karşılaştığınız güçlükleri, riskleri azaltmayı istediğiniz ölçüde, gittikçe genişliyor. Benzer gelişmeleri yaşayan komşularınızda ve komşu topluluklarda gördüğünüz bazı şeylere de sahip olmak istiyorsunuz, ama onları üretmiyor-sunuz. Aynı durum komşularınız için de söz konusu; onlar da kendilerinde olmayan ve sizin ürettiğiniz bazı şeylere ilgi duyuyor. Böylece, yapılması, üretilmesi imkânsız veya güç olanı komşudan tedarik etme fikri ortaya çıkıyor. Akla gelebilecek ilk iki çözümünden biri zorbalık, öteki değiş-tokuş gerektiriyor. Acaba hangisine daha önce başvuruldu, bu önemli değil; ama savaşın da ticaretin de günümüze kadar sürüp gelen baş uğraşlar olduğu ortada.

İlkel ticaretin, hattâ savaş ganimetini paylaşmanın kavgasız çözümü, tarafların bir birim ve ölçü sistemi üzerinde uzlaşmasını gerektiriyordu. Henüz para icad edilmemişti; ama, meselâ bir avuç tuz yirmi avuç buğdayla, kavgaya gerek duymadan değiştirilebilirdi. Yirmi kulaç ip karşılığında dört sazan alabilirdiniz. Böylece, her toplulukta, her pazar yerinde, ve her çağda değişik olabilen, sayısız birimin ortaya çıkacağı açık. "Avuç" yanında "kulaç"ı da icad etmek gerekiyordu; aksi halde tuz karşılığında ip alamazdınız; çünkü ipi avuçlayarak veya tuzu kulaçlayarak ölçemiyordunuz. Fakat boyut kavramıyla henüz tanışmamış olmanız kullanmanıza engel değildi. Kavram sizi farkında olmadan kullanmaya zorluyordu: Ölçmek için tasarladığınız özel büyüklükteki parçayı, yani birimi, elde ederken, eşit parçalara böldüğünüz asıl çokluğun bu bölünme şekline en

niz. Meselâ ip gibi, bez gibi *uzunluk* boyutundaki ölçmeler için arşın da, kulaç da, endaze de kullanılabilirdi; sadece, seçim kullanışlılığa veya alışkanlığa bağlıydı. Benzer şekilde, *hacim* boyutunda ölçme yaparken, avuç, tas, kazan gibi birimler de birbiri yerine geçebiliyordu.

Böylece, bir yandan yeni farkına varılan ve eski birimlerle ölçülemeyen boyutların ortaya çıkması, öte yandan birim oluşturmadaki seçme özgürlüğü sayesinde, birim koleksiyonu alabildiğine zenginleşti. Dünya üzerinde son yüzyılda geçerli olan birimleri araştırıp toparlasaydınız, elde edeceğiniz liste, birimler diyarına uyarlanmış çetrefil bir "Babil kulesi" olurdu. Sadece uzunluk veya uzaklık ölçmede yakın zamanlarda kullanılmış (bazıları hâlâ da kullanılmakta olan) birimleri hatırlayın: parmak, karış, ayak, adım, arşın, endaze, kulaç, merhale, fersah, mil,

deniz mili,... ve dünyanın değişik ülkelerinde daha pek çoğu. Üstelik, metrik dediğimiz birimleri, astronomide kullanılan birimleri henüz saymadık. Globalleşme, bu ünlü deyimden doğuşundan yıllar önce birimler dünyasında başarılı; ve Türkiye de dahil pek çok ülke, standart olarak bir Uluslararası Birimler Sistemi (SI, *Système International d'Unités*) kabul ettiler. Rasyonel ve ortak bir birimler sisteminin iletişimde sağlayacağı ekonominin, bilim ve teknoloji alanındaki, endüstrideki, gelişmeleri hızlandırıcı rolünün ne derece önemli olduğu açık. Dünya üzerinde artık, özel bazı farklılık ve ekler dışında, SI birimleri yaygın olarak kullanılıyor. Fakat alışkanlık, eski birimlerden vazgeçmeye büyük engel. Atmosfer, dönüm, beygircü, parmak (inch), deniz mili gibi birimler hâlâ işlerliklerini koru-



uygun düşen özelliğiyle, yani boyutuyla, biriminizin boyutu aynı olmalıydı. Puzu ipmiş gibi, balıkları tuzmuş gibi bölmek pek uygun değildi. Avuç, kulaç, ve taneyi bu yüzden ayrı ayrı icad etmek zorundaydınız. Ama, aynı bölünme tarzına uygun olarak seçeceğiniz eşit parçaların, yani birimlerin büyüklüklerinin seçiminde serbestti-

yorlar.

## Boyut ve Birim

Gelin, şimdi bu iki önemli kavramı, boyut ve birim kavramlarını, daha yakından tanımaya çalışalım. Bir çokluğun ne kadar büyük veya küçük, ne kadar fazla veya az olduğunu bilmek

isteriz. Çünkü onu bir başka çoklukla karşılaştırtıp, büyüklüklerinin, miktarlarının, vb. eşit olup olmadığını; eşit değilse, hangisinin ne kadar farklı olduğunu söyleyebilmemizi gerektiren bir durumla karşı karşıyayızdır. Bu bilimin temelinde vardır: ölçmek ve karşılaştırmak... İşin özüne inerek, karşılaştırdığımız iki çokluğun maddesel dünyada neye ait veya neyle ilişkili olduğunun, bazı özel durumlar dışında, hiç de önemi olmadığını görürüz. Eğer 1200 g demir 1 kg tuzdan daha ağırsa, 1200 g tuz da 1 kg demirden daha ağırdır. Ayrıca 1200 g süt 1 kg pirinçten, 1200 g sülfürik asit 1 kg havadan daha ağırdır. Aslında sadece 1200 gramla 1 kilogramı (1000 gramı), yani herhangi iki kütlenin büyüklüklerini karşılaştırmaktayız. Örnekleri çoğaltabilirsiniz.

Belli bir süre içinde 500 watt (gücünde bir motor, ısıtıcı, lâmba) mı daha çok enerji harcar, 600 watt (yutan sürtünmeli fren, çeken saç kurutucu, buzdolabı) mı?

Saatte 30 kilometre (giden bir bisiklet, koşucu, uçan serçe) mi, yoksa saniyede 1 metre (esen rüzgâr, akan ırmağ, yanan fitil) mi daha hızlıdır; hangisi (eğer gerideyse) ötekine yetişir?

Karşılaştırdığımız "şey"lerin sonucu etkilemediğini vurgulamak için onları parantez içinde verdik. Güçlerin karşılaştırıldığı birinci örneğin cevabı çok açık: 600, 500'den büyük olduğu için 600 W güç'e 500 W güçten büyüktür; o halde, eşit bir sürede, buzdolabı, fren, veya kurutucu, daha küçük güçteki motor, ısıtıcı, veya lâmbadan daha çok enerji harcayacaktır. İkinci örnekte ise, saatte 30 km ile saniyede 1 m olan iki "hız"ı karşılaştırıyoruz. Bu mümkün, ama birimler farklı. Yapılacak şey, önce birimleri eşitlemek, meselâ saniyede 1 m'yi saatte 3.6 km'ye çevirmektir. Artık, hangi grubun daha hızlı olduğuna karar vermek için, sadece 30 ile 3.6 sayılarını karşılaştırmamız yeter; ortak birime ihtiyacımız yok.

Demek ki, karşılaştırma ancak *uzunluk, kütle, ağırlık, güç, hız, sıcaklık, zaman*,... gibi özelliklerden veya kavramlardan sadece biri esas alınarak yapılabilir. Bunların genel adı *boyut*; daha açık olarak belirtmek için, *uzunluk boyutu, kütle boyutu, hız bo-*



*yutu* gibi ifadeler de kullanabilirsiniz. Uzunluğu ağırlıkla, zamanı sıcaklıkla karşılaştıramazsınız. Fizikteki bazı kanunları veya tanımları kullanarak bunlar arasında bağlar kurabilir, yeni boyutlar tanımlayabilirsiniz:  $Hız = Uzaklık / Zaman$  gibi. Ama yine de, meselâ *hızı* ne *uzaklık*la ne de *zaman*la karşılaştıramazsınız.

Burada önemli bir noktanın da hatırlanması gerekir. Boyut ortaklığı aritmetik toplama ve çıkarmanın da ön koşuludur. Aynı boyutta değerlendirilebilen fiziksel çokluklar, gerektiğinde birbirine eklenebilir veya farkları alınabilir. İki uzunluğun toplamı veya farkı da bir uzunluktur. Uzunluğa hızı ekleyemez, zamanın sıcaklıktan farkını düşünemezsiniz. İki fiziksel çokluğun aynı boyutta olması, bunların aralarında karşılaştırılabilmelerine, toplanıp çıkarılabilmelerine izin verir. Bununla birlikte, sonucu sayısal olarak elde etmek için bazı işlemlere gerek olacaktır. Önce çoklukların büyüklükleri ölçülerek *ölçü*leri bulunmalı, ve eğer iki ölçme farklı birimlerle yapılmışsa, sonra bu ölçüler aynı (ortak) birimi baz alan değerlere dönüştürülmeli. Olabilecek yanlış anlamaları, karışıklığı önlemek için, *büyüklik, birim*, ve *ölçü* kavramlarını titizlikle birbirinden ayırmamızda yarar var. Yukarıdaki düşünce ve bilgilerden, bu üç kavramın birbirine şu şekilde bağlı olması gerektiğini çıkarmışsınızdır:

$$BÜYÜKLÜK = ÖLÇÜ \times Birim$$

Büyüklüğü **B** ile ifade edilen herhangi bir fiziksel çokluk için, yukarıdaki bağıntı sembolik olarak da yazılabilir. Eğer birimi **b** ile, ve o birimle ölçüldüğünde elde edilen ölçüyü de **B** ile gösterirsek,

$$B = B \times b$$

eşitliği genel olarak herhangi bir fiziksel çokluk için geçerli kabul edilebilir. Büyüklük ve birim aynı boyuttadır; çünkü birimi, aynı boyuttaki bir başka büyüklüğü eşit parçalara bölerek elde etmiştik. Büyüklük ve birimin aynı boyuta sahip olduklarını göstermek için onları *kalin* harflerle (**B** ve **b**) gösterdik. Normal büyük harfle, **B** ile, gösterdiğimiz ölçü ise boyutsuzdur, yani sadece bir sayıdır. Belli bir ipin uzunluğu, uzunluk boyutunda bir

büyükliktir. Onu ölçmekte kullanmayı tasarladığımız birim ip parçasının uzunluğu da uzunluk boyutunda bir büyüklüktür; ama, *ölçüsünün* "1" (bir) olduğunu kabul ettiğimiz özel bir büyüklüktür. Eğer ipi tam 8 tane "birim uzunlukta" parçaya bölebiliyorsak şöyle yazabiliriz:

$$İPİN UZUNLUĞU = Sekiz \times Birim\ uzunluk\ veya$$

$$L = 8 \times l$$

Burada ipin uzunluğu **L** büyüklük,  $L = 8$  ölçü, ve birim uzunluk **l** de birimdir. Bir eşitliğin -daha genel olarak büyük, eşit, veya küçük olma, toplama-çıkarma ilişkilerinin- tutarlı olması, yani bir anlam taşıması için, ilişkide yer alan her "terim"in aynı boyuta sahip olması gerekir. Yukarıdaki eşitliğin tutarlı olmasını da, her iki tarafta görülen uzunluk boyutunun aynı olması sağlıyor. Boyut olan *uzunluk*, sanki terimlerdeki bir ortak çarpanmış, ve kısaltılabilirmiş gibi düşünülebilir.

Peki, birim dediğimiz parçayı nasıl seçeceğiz? Son örneğimizde, elimizdeki ipi önce ikiye katlayıp kat yerini işaret ederek, sonra aynı şeyi iki defa daha yaparak, sekiz "tane" birbirine eşit uzunlukta parçaya bölmüş ve bu parçalardan birini de birim kabul etmiş olduğumuz anlaşılıyor. Böylece ipin uzunluğu da tam tamına sekiz birim geliyor. Şimdi de, boyları sekiz birime yakın, ama birbirinden farklı ip parçalarının uzunluklarını ölçmek istediğimizi düşünelim. Aynı birimle başka bir ipi ölçtüğümüz zaman, ne tam 8 birimle, ne de tam 9 birimle denk düşmediğini, arada bir yerde olduğunu görürsek ne yapacaktık? Belki de elimizdeki birim **l** yi tekrar ikiye bölüp, daha küçük yeni bir birim olan **l'** ( $l' = \frac{1}{2} l$ ) ile ölçüyü tam getirme şansımızı deneyecektik. Yeni ölçmenin sonucu tabii ki 16'dan fazla 18'den az çıkacaktı. Tam 17 diye ölçmüşsek, sonucu bildirmek için önümüzde iki yol olacaktı; uzunluk yeni birimle de eski birimle de ifade edilebilirdi:

$$L = 17 l' \quad veya \quad L = (8 + \frac{1}{2}) l$$

Başka bir ipin uzunluğu belki de tam 17 yeni birim gelmeyecekti. O zaman da yeni birimi biraz daha küçültmek için tekrar ikiye bölecek, ve elde edeceğimiz yeni yeni birim **l''** ( $l'' = \frac{1}{4} l$ ) sayesinde, meselâ ip biraz daha uzunsa,

$$L = 35 \text{ l}'' = (17 + \frac{1}{2}) \text{ l}' = (8 + \frac{1}{4} + \frac{1}{2}) \text{ l} \\ = 17 \frac{1}{2} \text{ l}' = 8 \frac{3}{4} \text{ l}$$

veya, biraz daha kısaysa,

$$L = 33 \text{ l}'' = (17 - \frac{1}{2}) \text{ l}' = (8 + \frac{1}{2} - \frac{1}{4}) \text{ l} \\ = 16 \frac{1}{2} \text{ l}' = 8 \frac{1}{4} \text{ l}$$

yazabilecektik. Görüyoruz ki, bu şekilde devam ederek, daha küçük birimlerle ölçme duyarlılığını yükseltmek mümkün. Bu, sadece uzunluk birimleri değil, bütün birimler için söz konusu. İlk birimden hareketle, yeni, daha küçük birimler elde etmekte değişik yollar kullanılabileceği için, ortaya aynı boyutla ilgili sayısız birim sistemi çıkması da doğal karşılanmalı. Eldeki ilk birimi 2'ye bölebileceğimiz gibi, 3'e, 6'ya, 10'a, 12'ye, 60'a da bölünebilir, hatta bunları karıştırabilirdik de. Anglo-sakson birimlerinin uygulamada yola çıktığı güçlük ve karışıklıklar, 2, 3, 12 gibi birim katsayılarına dayanırılmış olmalarındandır. 10'a dayalı SI birimleriye, yaygın olarak ondalık (onlu) sayı sistemini kullandığımız için, gerek gösterimde gerekse hesaplamalarda büyük ekonomi ve kolaylık sağlar. (12''(inch) = 1'(foot) olduğuna göre, 5' 8 9/16" + 2' 5 7/16" toplam uzunluğunun nasıl hesaplanacağını düşünün, ve dengi olan 1.731 m + 0.748 m ile karşılaştırın.)

## Küçüklü-Büyükü Birimler; Anamlı-Anlamsız Rakamlar

Yeni birimlere, sadece ölçü duyarlılığını yükseltmek için değil, ölçüm sonucu çok büyük sayılara erişebilecek büyüklükleri daha kolay ölçebilmek ve sonucu makul büyüklükte sayılarla ifade edebilmek için de ihtiyaç duyulur. O takdirde, başlangıçtaki birim bazı katsayılarla çarpılarak büyütülür. SI birimlerinde bu katsayı yine 10 ve 10'un kuvvetleridir. Ölçülen büyüklüğün ölçüsünün çok büyük veya çok küçük bir sayı çıkmaması, böylece, sayısal gösteriminin kolay anlaşılır, büyüklük derecesinin kolay kavranabilir olması, seçilen birimle sağlanır. Örnek vermek gerekirse, yol haritalarında şehirlerarası uzaklıkların *ölçüsü*, üçü dördü geçmeyen, birkaç rakamlı sayılarla verilir. Bu, birim olarak kilometrenin seçilmesiyle sağlanır. Bu suretle, başka birimler kullanıldığında ondalık virgüllerin solunda veya sağında

verilmesi gerekli olacak bol sıfırlı rakam kalabalığından kurtulunur. Ankara-İstanbul arasının 454 262 metre, 454 262 370 milimetre, veya 0.000 000 000 048 ışıkyıl şeklinde verildiğini düşünün, ve bunları 454 kilometre ile karşılaştırın.

Ayrıca, ilk iki ölçüdeki (veya ikinci kilometreye çevirerek elde edilecek 454.262 370 km'deki) 454'ü izleyen rakamların gereksizliğini de kolayca görebilirsiniz. Bu gibi sayısal ölçü belirlemelerinin büyük çoğunluğunda üç, bilemediniz dört *anamlı rakam* verilmesi yeterlidir. Yolun 450-küsür kilometre şeklinde bilinmesi, kaç saat yolculuk yapacağınız hakkında yeterli fikir verdiği için önemlidir. Ama, 450 km'den sonra kaç kilometre, kaç metre daha gideceğiniz, yola çıkışta ve varışta seçeceğiniz ara yollara, vi-



rajları ne kadar içten veya dıştan aldığınıza, molalara; milimetrelerse, yapacağınız ufak tefek manevralara bağlı olarak değişir. Çok özel bir durum bu ayrıntıların belirtilmesini gerektiriyor olabilir. O takdirde, artık *anamlı* olduğu kabul edilen altı veya dokuz rakam verilirken, bunların ölçüm veya hesap sonucu elde edilebilecek (tekrar tekrar elde edilebilecek!) gerçek rakamlar olması beklenir. Bunların dayandırıldığı özel durum da ayrıntılarıyla biliniyor demektir. Bilinmiyorsa, 454'ten sonraki rakamlar hiç bir anlam taşımadığı için, belirtilmeleri ne gereklidir, ne de beklenir. (Anlamsızlığı vurgulamak için ölçünün 454.Σμ∇ 0♣© km şeklinde yazıldığını düşünün.) Başka bir ifadeyle, kilometreden daha küçük birimler varsa, bunlar Ankara-İstanbul

arası yolculuk düşünülerek yaratılmamıştır. Zaten çok değişken olan Ay'ın Dünya'dan uzaklığı içinse hiç değildir. Ama öte yandan, bir Dünya-Ay seyahati veya Jüpiter yakın geçişi için metreler, mikrosaniyeler önemli olabilir; çok küçük hatalar bile başarıyı etkileyebilir. Böyle durumlarda ölçüğünizi küçültür ve alışlagelmışin çok üstünde sayıda *anamlı rakam* bilmek istersiniz; ve ancak onları doğru olarak elde edebiliyorsanız, yani gerçekten anlam taşıyorlarsa kullanırsınız.

## Birim Dönüşümü

Öğrenilmesi güç gelen ve doğrudur kavranılmadığı takdirde kolaylıkla pek çok yanlış yapılmasına neden olan konulardan biri de birimleri birbirine dönüştürmektir. Temel ders ve referans kitapları, teknik el kitapları vb. ayrıntılı birim dönüştürme tablolarıyla doludur. Çok az sayıda temel birim üzerinde yapılandırılmış olan SI ile bunun dışındaki sistemler arasında, tutarlı, birebir ilişkiler olması gerekir. Ama, aklınıza gelen her dönüşüm çiftini bulabileceğiniz bir sayısal dönüştürme tablosu hazırlamak ne mümkündür, ne de gereklidir. Birbirine dönüştürülmesi istenilen iki birim sisteminin kendi iç yapıları biliniyorsa, aralarındaki bağın sadece temel birimler için kurulması, karşılaşılabilecek bütün dönüşüm bağıntıları için yeterlidir.

Çerçeve içinde gördüğünüz örneklerden ilki, 20 mph (saatte 20 mil) rüzgâr hızının saniyede kaç metreye karşılık geldiği sorusunu ele alıyor. İlk yaklaşım (i), direkt bir dönüşüm tablosunu kullanmak. Tabiidir ki böyle bir tablo karşılaşılabileceğimiz bütün hızları göstermez; ara değerler için hesap yapmak gerekir. Diğer bir yol, sonucu orantı ilişkileriyle bulmak (ii); daha sağlam bir yaklaşım ise (iii), hızı hızla dönüştürmek yerine, dönüşümü hızın türetildiği temel boyutlar olan uzaklık ve zaman için yapmaktır. Böylece, sayı çok az olan (bu nedenle kolay hatırlanabilen) temel boyutlardaki dönüşüm bağıntılarından yararlanarak, bütün türetilmiş boyutlar için, birim dönüşümü sistematik olarak gerçekleştirilebilir. Metodun temelini, verilen büyüklüğü uygun olarak seçilmiş, boyutsuz "1" lerle çarparak (yani büyüklüğü ve boyutunu değiştirmeden), ve



elde edilen ifadede açıkça görülen temel birimleri kısaltarak, istenilen birime ulaşmak teşkil eder. Meselâ  $1 \text{ mil} = 1609 \text{ m}$  birim ilişkisinden iki değişik "1" elde edilebilir:

$$\frac{1 \text{ mil}}{1609 \text{ m}} = 1 \text{ veya } \frac{1609 \text{ m}}{1 \text{ mil}} = 1$$

Her ikisi de uzunlukların oranı olduğu için boyutsuzdur. Ama bunların yalnız ikincisi, 20 mil/saat ile çarpılınca "mil" biriminin kısaltılmasına imkân verir; öteki uygun değildir. Karşılaşılan birim ne kadar karmaşık veya alışılmadık olursa olsun, uygun birimlerle oluşturulan yeterli sayıda "1" leri doğru şekilde düzenleyerek, her zaman sonuca varmak mümkündür. Çerçeve içinde başka bir örnek görüyorsunuz. Mühendislik bilgilerine dayanarak yapılan hesapların sonucu, acaip bir hız birimiyle ortaya çıkmış olsa da doğru. Hızı, söz konusu olayı zihinde kolayca canlandırmaya elverişli bir birime, saniye de milimetreye, çevirmek için sonucun hangi "1" lerle çarpılması gerektiği görülüyor.

## Yeni Boyutlar, Yeni Birimler

Bilimin gelişmesi, doğada karşılaşılan yeni olayların açıklanması ve yapılan yanlışların ayıklanıp, yerlerine doğruların (veya daha doğruların) konmasıyla olur. Bu ise, olayların gözlemlenmesi ve yorumlanması yanında, ölçmeyi de gerektirir. Yaptığımız bir gözlem, getirdiğimiz açıklama, veya ileri sürdüğümüz yeni bir model veya teori, sayılarla desteklenmedikçe inandırıcılığı zayıftır. Sayılar ise, burada kullandığımız terminolojiyle, gerekli ölçmeler sonunda ortaya çıkan *ölçüler*dir. Ölçülmesi gereken şey, yeni bir teoremin veya kanunun tanımladığı yeni bir kavram olabilir. Bundan da basit olarak, pratik bir ihtiyacı karşılamak üzere ortaya atılacak bir ölçme modeline veya işlemine dayanan yeni bir büyüklük de olabilir. Temelde, ister teorem veya kanun, ister model adını alsın, yeni bir kavramı tanımlayan bir bağıntı vardır karşımızda.

Sadece uzunluk ölçmeyi becerebiliyorken, bir gün bir tarlanın

büyükliğini ölçmek zorunda kaldığımızı düşünün. Eşit parçalara bölerek birim elde edip bunlardan kaç "tane" olduğunu sayma fikrini tarlaya uyarlayanın bir yolu, meselâ dikdörtgen şeklindeki bir tarlanın kenarlarını aynı uzunluk birimine bölüp işaretleyerek, elde ettiğimiz noktaları karşılıklı birleştirmektir. Ortaya çıkan birbirine eşit kare şeklindeki *birim* tarla alanlarının sayısı, tarlanın büyüklük ölçüsü olacaktır. Bunları ya teker teker sayarız, veya çizgilerle ayrılan enine (veya boyuna) sıraların sayısını her sırada yer alan birim karelerin sayısı ile çarpabiliriz.

Bu sayılarsa, aslında tarlanın bitişik iki kenarının uzunluklarının ölçüsüdür. Bu düşünceyle

**Tarlanın alanı = Kenar uzunluğu × Öteki kenar uzunluğu**

veya

$$S = L_1 \times L_2$$

tanımını yapabiliriz. Her büyüklüğün ölçü ve birimini ayrı ayrı göstererek yazarsak (ölçü ve birim arasındaki çarpma işaretinden vazgeçerek)

$$S \text{ s} = L_1 \text{ l} \times L_2 \text{ l} = L_1 L_2 \text{ l}^2$$

olur. Öte yandan, tarlanın ölçüsünü

$$S = L_1 L_2$$

şeklinde bulmuştuk; o halde tarla alanının ölçüldüğü birimin de

$$\text{s} = \text{l}^2$$

olması gerekir. Böylece yeni bir birim, alan birimi, uzunluk biriminin karesi şeklinde tanımlanmış olur. Buna paralel olarak da, yeni bir boyut olan alan boyutu, uzunluk boyutunun ikinci kuvvetine eşit olmalıdır.

Benzer şekilde, sadece uzunlukları ve zamanı ölçebiliyorken, birim zamanda alınan yolun "çabukluk" ölçüsü olabileceğini düşünerek, ve buna "hız" adını vererek, hızı şöyle tanımlayabiliriz:

$$\text{Hız} = \text{Uzaklık} / \text{Zaman}$$

$$V = L / T$$

$$V \text{ v} = (L \text{ l}) / (T \text{ t})$$

Artık hızın ölçüsü V ve birimi v şu şekilde belli olur:

$$V = L / T ; v = l / t$$

Ve boyutu da uzunluğun zamanla bölünmesiyle elde edilir.  $l = 1 \text{ m}$ ,  $t = 1 \text{ s}$  ise,  $v = 1 \text{ m} / (1 \text{ s}) = 1 \text{ m/s}$  demektir; kilometre ve saat birimlerinde de  $v = 1 \text{ km/saat}$  verir.

Üçüncü bir örneği kuvvetin tanımıyla verebiliriz. Newton'un bir cis-

min hızını belli bir çabuklukla değiştirmek için ne büyüklükte itilmesi (veya çekilmesi) gerektiğini belirten meşhur "hareket kanunu", *kuvvet* adını verdiğimiz bu itme büyüklüğünün tanımı olarak kabul edilebilir:

$$\text{Kuvvet} = \text{Kütle} \times \text{İvme}$$

veya

$$F = M \times A$$

Burada *ivme* diye adlandırılan, hızın değişme çabukluğunu (hızını), tıpkı uzaklığın değişme çabukluğu olan *hızın* tanımına benzeterek ifade edebiliriz:

$$\text{İvme} = \text{Hız} / \text{Zaman} = (\text{Uzunluk} / \text{Zaman}) /$$

$$\text{Zaman} = \text{Uzunluk} / \text{Zaman}^2$$

$$A = V / T = L / T^2$$

Artık hareket kanununu kullanarak, kuvvetin hem birimini hem de boyutunu kütle, uzunluk, ve zaman cinsinden belirleyebiliriz.

$$F = M L / T^2$$

$$F \text{ f} = (M \text{ l} / T^2) (m \text{ l} / t^2)$$

Eğer ölçüler arasında

$$F = M L / T^2$$

bağıntısının olmasını istiyorsak, kuvvetin birimini  $m \text{ l} / t^2$  ye eşit seçmemiz gerekir. Eğer  $m = 1 \text{ kg}$ ,  $l = 1 \text{ m}$ ,  $t = 1 \text{ s}$  ise  $f = 1 \text{ kg m/s}^2$  dir. Bu yeni birime Newton'un anısına ayrı bir isim verilmiştir: newton ( $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$ ). Bu ve buna benzer, yeni bir isim vererek yapılan kısaltmalar birim gösteriminde kolaylık ve rahatlık sağlar. Meselâ  $1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ kg/m s}^2$  basınç veya gerilme birimidir; ve pascal (Pa) adını alır.

## Nereye Kadar?

Yeni tanım ve ilişkilerin yeni boyutlara ve dolayısıyla yeni birimlere ihtiyaç gösterebileceğini, bunların büyüklükler arasında kurulan yeni ilişkiden doğduğunu, ve yeni boyut ve birimlerin eskileri cinsinden belirlenebileceğini gördük. Meselâ, yukarıdaki örneklerden sonra adım adım *enerji* veya mekanik işi, onun hızı olan *güçü*, *momentum* ve *basınç* gibi kavramları tanımlayarak boyut ve birim bağıntılarını çözebiliriz; boyut ve birimlerin sayısı için belirli bir sınırlama yok. Peki, öteki yönde de ilerleyebilir miyiz? Yani, yukarıda bildiğimizi, tanıdığımızı varsaydığımız üç temel büyüklük olan kütle **M**, uzunluk **L**, zaman **T**, ve bunlara karşılık gelen boyutların sayısı daha aza indirgenebilir mi? Bu büyüklükleri içeren yeni bir fiziksel ilişki



varsa, onun böyle bir sonuç çıkarmaya imkân vermesi beklenebilir. Meselâ, gine Newton'a borçlu olduğumuz "kütleçekim kanunu" bu amaçla denebilir. Kanun, çekim kuvvetinin, birbirini çeken kütlelerin büyüklükleriyle doğru, aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı olduğunu iddia eder. Kuvveti zaten temel büyüklükler cinsinden çözmüştük. Şimdi elimizde bunları birbirine bağlayan yeni bir ilişki daha var:

$$F = M_1 \times M_2 / L^2$$

İlişkiyi eskiden yaptığımız gibi ölçü ve birimleri ayırarak çözümlersek

$$F (m l / t^2) = M_1 m \times M_2 m / (L l)^2$$

$$F (m l / t^2) = (M_1 M_2 / L^2) (m^2 / l^2)$$

$$F = M_1 M_2 / L^2 \text{ ve } m l / t^2 = m^2 / l^2$$

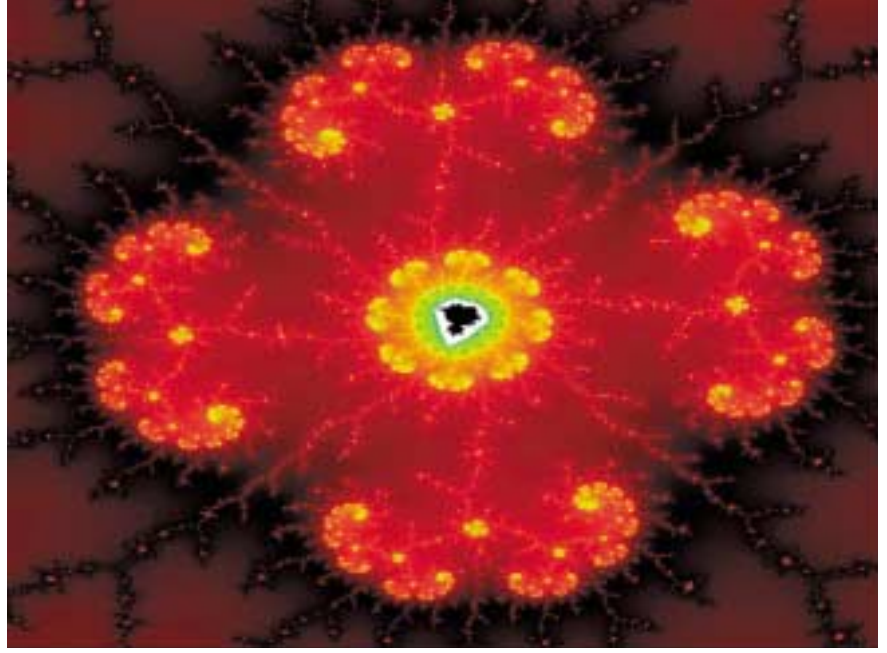
$$m = l^3 / t^2$$

elde ederek, temel boyutları da birimleri de üçten ikiye indiririz: Uzunluk ve zaman! Artık bütün diğer bileşik boyut ve birimlerin sadece uzunluk ve zamana, yani kinematiğe bağlanabileceği kolayca görülebilir. Meselâ kuvvet birimi için yeni bağıntı  $f = l / t^4 = (l / t)^4$  olacaktır: hızın dördüncü kuvveti! Bunun da ötesi, yani bütün boyutları tek bir temel boyuta indirgemek de akla gelebilir. Bu ise, uzunluk (uzay) ve zaman arasında doğal bir bağıntı beklentisini getirir.

Öte yandan, maddesel evrenin işleyişini gözönünde bulundururken, onu meydana getiren, vazgeçilmez temel büyüklüklerin de birbirinden ayırılması gerekir: Kütle, elektrik yükü, uzunluk, ve zaman... Yukarıda yapıldığı gibi, gravitasyon ve atalet ilişkilerini kullanarak, kütle boyutunu yapay şekilde ortadan kaldırmak, maddenin temel ölçütü olan kütlelenin olmadığı anlamına gelmez. Üstelik, temel birimlerin sayısında bu kadar aşırı bir tasarrufa ihtiyaç olmadığı da açıktır. Kütle, elektrik yükü, uzunluk, ve zaman üzerine yapılandırılan SI birimleri bugünkü haliyle hemen bütün ihtiyaçlara cevap verebilen, tutarlı, pratik elverişli bir sistemdir.

## Kesirli Boyutlar

Bilinen birimlerden çarpma ve/veya bölme işlemleriyle yeni, bileşik birimlerin elde edilebildiğini gördük. Bu, bileşik bir birimin temel veya bilinen birimler cinsinden ifadesinde, o



birimlerin sadece tamsayı kuvvetlerinin bulunabileceği anlamına gelir. Tabii ki boyutlar için de aynı durum vardır. Meselâ bir uzunluk birimi olan metre (m) kendisiyle çarpılarak, uzunluğun ikinci kuvvetindeki alan boyutuna ait birim, metrekare ( $m^2$ ) türetilir; zaman birimi saniye (s) ile iki kez bölünerek ivme birimi  $m/s^2$  elde edilir. Ama,  $m^{2/3}$  veya  $m^{1/2} / s^{4/3}$  gibi birimler (ve bunlara denk gelen boyutlar) düşünülmez; çünkü bunlar, içinde yaşıyor olduğumuzu varsaydığımız ve düzgün olarak alçıldığımız uzay-zamanda edilen makroskopik deneyimlere uygun düşmez. Acaba gerçekten öyle mi?

Birimi nasıl elde ettiğimizi hatırlayalım: Eldeki büyüklüğü eşit parçalara ayırdık. Bunu yaparken, daha doğrusu, nasıl yapılabileceğini düşünürken, o sırada belki de bilinç altından bizi yönlendiren iki varsayıma dayanmak zorundaydık. Biri, büyüklüğün kendi boyutunu koruyarak gerçekten eşit parçalara bölünebileceği varsayımı; öteki, büyüklüğün değişmez olduğu varsayımı. Acaba eşit parçalara bölünme süreci her zaman gerçekten başarılabılır mı? Acınacak derecede buruşturulmuş bir dosya kâğıdını nasıl 10, 100, 1000 eşit alanlı parçaya bölebilirsiniz? Kâğıt düzgün bile olsa, 1 mikrometrekarelik bir alanını nasıl belirleyebilirsiniz? Kâğıdın yüzey alanının gerçekten  $297 \text{ mm} \times 210 \text{ mm} = 623.7 \text{ cm}^2$  olduğuna inanıyor musunuz? Eğer inanıyorsanız, gerçek bir kâğıdı değil, farkına

varmadan onunla özdeşleştirdiğiniz, Euclid uzayında ona model olarak seçtiğiniz, matematiksel bir düzlem parçasını düşünüyor olmalısınız. Kâğıdın üzerindeki mikroskopik engebeleri (giderek, moleküllerinin diziliş geometrilerini de) gözönüne alsaydınız, ne ölçüde bir alan elde etmeyi beklerdiniz;  $1 \text{ m}^2$ ,  $100 \text{ m}^2$  ?

Bu düşünceler, bütünden birim elde etmenin gerçek hayatta pek de kolay olamayacağını akla getiriyor. Çizgi veya yüzey deyince genellikle zihnimize canlandırdığımız geometrik varlıklar -ilk başta eğri, kırıklı, köşeli, buruşuk da olmuş olsa- belli bir ölçüye indigimizde artık düzgünleşmelerini beklediğimiz şeyler oluyor. Küçültürsek veya büyütürsek elde ettiğimiz ölçekler de (ölçü çubukları, kareleri) hep birbirine benzer kalıyor.  $4 \text{ m}^2$  lik bir halı satın alırken onun "hangi yüzey"inin  $4 \text{ m}^2$  olduğunu düşünmüyoruz. Doku-sundaki elyafın, ara boşlukların, kalınlığın neden olabileceği belirsizliklere aldırmadan, aynı düzgün  $1 \text{ m}^2$  lik birim yüzeyle ölçüyoruz. Halının gerçek büyüklüğü  $4 \text{ m}^2$  mi? Gerçek büyüklük diye bir şey var mı? Büyüklük neden onu ölçmek için seçilen birime bağlı olmasın? Bu mantık dışı gibi görünüyorsa, yani büyüklüğün değişmezlik özelliğinden vazgeçemiyorsak, acaba ölçü sonuçları seçilen birime beklenmedik bir şekilde bağlı olabilir mi? Örnek olarak, birimi küçültüp binde birine indirsek, yeni ölçümüz eskisinin 1000 katından daha farklı olabilir mi? (Edre-

# Doğanın Gizli Kalmış Renkleri

*Doğaya, özellikle de minerallere karşı özel bir ilgi duyan Alman fotoğrafçı Konrad Götz, yakın çekimle minerallerin ve bunları oluşturan kristallerin gizli güzelliklerini ortaya çıkarıyor. Mineralleri birer sanat eseri olarak kabul eden, onlara bir ressamın bakış açısıyla bakan fotoğrafçı, birkaç milimetre karelik alanlardaki güzellikleri yakalayarak bunları birer tabloya dönüştürüyor.*



## Farklı Yapılar

Kayaçları oluşturan belli başlı minerallerden olan kuvars ( $\text{SiO}_2$ ), saydam altıgen kristal yapısı dışında doğada çok daha farklı yapılarda bulunabiliyor. Ortamdaki sıcaklık, basınç ve su oranı gibi etkenlerdeki en küçük değişimler sonucunda agat, kalsedon, opal ya da farklı renklerde kuvars oluşabiliyor. Üstteki fotoğraflarda kuvars minerali iki farklı yapıda gösterilmiştir. Büyük resimde görülen agatın gerçek boyutu 5 milimetredir. Saydam ve altıgen biçimindeki kuvars kristali yaklaşık gerçek boyutundadır.





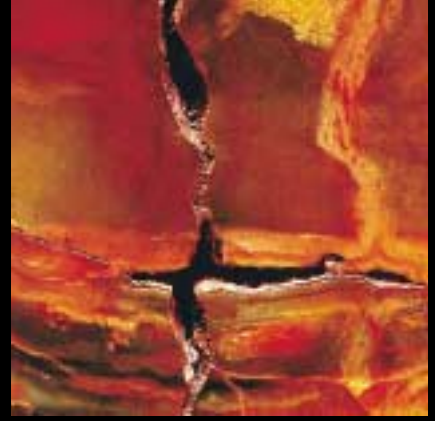
### Sonsuzluğa Açılan Pencere

Bir agatın üç santimetrelik bölümünün alındığı bu fotoğrafta, fotoğrafçının uyguladığı bir ışıklandırma tekniği sayesinde ışık, taşın düzensiz tabakalarının farklı derinliklerine ulaşabilmiş. Böylece üç boyutlu derinliği olan bir görüntü ortaya çıkmış.



### Su Yosunu

Bir tür fosilleşmiş su yosunu türü olan bu stromatolitler, en eski canlılardan sayılır. Bu fotoğrafta, demir pigmentleri, organizmaların bıraktığı izleri kırmızıya dönüştürmüştür. Gümüş renginde parlayan minerallerse hematitlerdir. Taşın yaşı: 2,5 milyar yıl Gerçek boyut: 9x9 mm



### Farklı Bir Taş

Agat, arokarya adlı bir çam ağacının içine sızarak onun dokularının çözülmesine yol açmış. Daha sonra oluşan çatlak, fotoğrafa dramatik bir görünüm kazandırıyor.

Ağacın yaşı: 170 milyon yıl  
Gerçek boyut: 8x8 mm



### Estetik

Bu fotoğrafta fosilleşmiş bir arokarya ağacının ipliksi dokusu görülüyor. Ağaç dokusuna kalsedon dolmuş olmasına karşın tek tek ağaç hücreleri seçilebiliyor. Dokunun bir boşluğundaysa küçük bir kuvars kristali oluşmuş.

Ağacın yaşı: yaklaşık 180 milyon yıl  
Gerçek boyut: 2,5x1,5 mm



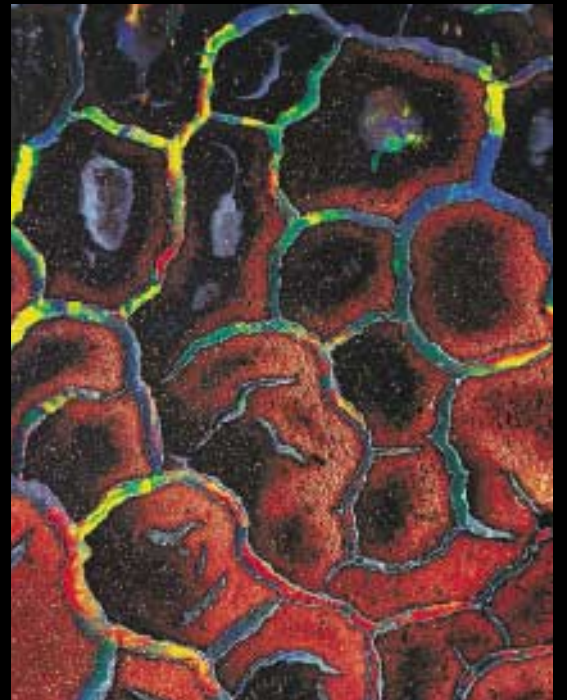
### Göl Manzarası

Mavi renkteki kalsedonla taşlaşmış bir ladin ağacının yalnızca 8x11 milimetrelilik bir bölümünün çekildiği bu fotoğraf, bir göl manzarasının yansıtıldığı bir tabloyu andırıyor. Fotoğrafta görülen öteki renkleri değişik metaller ortaya çıkarmış. Bakır ve nikel, yeşilin farklı tonlarını; demir, kahve, kırmızı, turuncu ve sarı renkleri; mangan ise koyu kahve ve siyah gibi daha koyu renkleri oluşturmuş. Taşlaşmış ağacın bulunduğu yer: Petrified Forest, ABD Ağacın yaşı: 150 milyon yıl



### Bir Neceftaşı

Bu fotoğrafta, bir neceftaşının yalnızca 9x9 milimetrelilik bir bölümü alınmış. Neceftaşı, saydam, düzgün kristalleşmiş bir kuvars mineralidir. Eski devirlerde yaşayan insanlar, bu taşın hiçbir zaman erimeyen bir buz parçası olduğunu sanırlarmış. Yunanlı filozof Theophrast bu taşla "krystallos" adını vermiş.



### Kumtaşıyla Opalin Birlikteliği

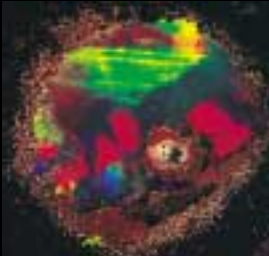
Bu fotoğrafta görülen kumtaşı tanelerinin arasındaki boşlukları, kuvars içerikli eriyikler doldurmuş. Bu eriyiklerin kristalleşmesi sonucunda opal oluşmuş. Gerçek boyut: 18x12mm





### Renk Oyunları

Bir taşın yalnızca bir santimetre genişliğindeki bir bölümünden alınan bu fotoğraf, soyut bir tabloya benziyor. Taşın içindeki bir çatlağı doldurmuş olan opal, beyaz ve koyu parlak renklerde görülüyor. Beyaz renk, opalin kimyasal bileşiminden kaynaklanırken, parlak koyu renk opalin fiziksel bir özelliğidir.



### Bir Opal

Şaşırtıcı güzellikte renkler içeren bu opal Avustralya'dan getirilmiş. Taşın fotoğrafta yansıtılan bölümü gerçekte yalnızca 1 santimetre karedir.

### Alevler

Namibya'da bulunan bir süs taşı olan bu Pietersit adlı mineralin oluşturduğu çok ince, sarı-turuncu renkteki damarlar alevleri andırıyor. Pietersit minerali, kuvars ve krokidolit adlı minerallerin karışımından oluşuyor. Benzersiz parlaklık, bu mineralin ince damarlarının saydam bir kuvars kütesinin içinde oluşmuş olmasından kaynaklanıyor.

Gerçek boyut: 3x2 mm







**Geçmişten Bir Canlı**  
Mesozoik zamanının en önemli fosillerinden sayılan amonitler, salyangozların kabuklarına benzer kabukları olan bir mürekkepbalığı türüydü. Bu hayvanların kabuklarının iç yapısı, tebeşir zamanının sonlarına doğru giderek daha karmaşık bir biçim aldı. Hayvanın sedeften oluşan kabuğunun bir bölümü şans eseri bozulmamış. Kabuğunun yüzeyinde görülen dairesel biçimli desenler, hayvanın kabuğunun içine yaptığı odacıkları gösteriyor.  
Gerçek boyut: 10x8 mm  
Amonitin yaşı: 70 milyon yıl



### Sonsuzluğa Doğru

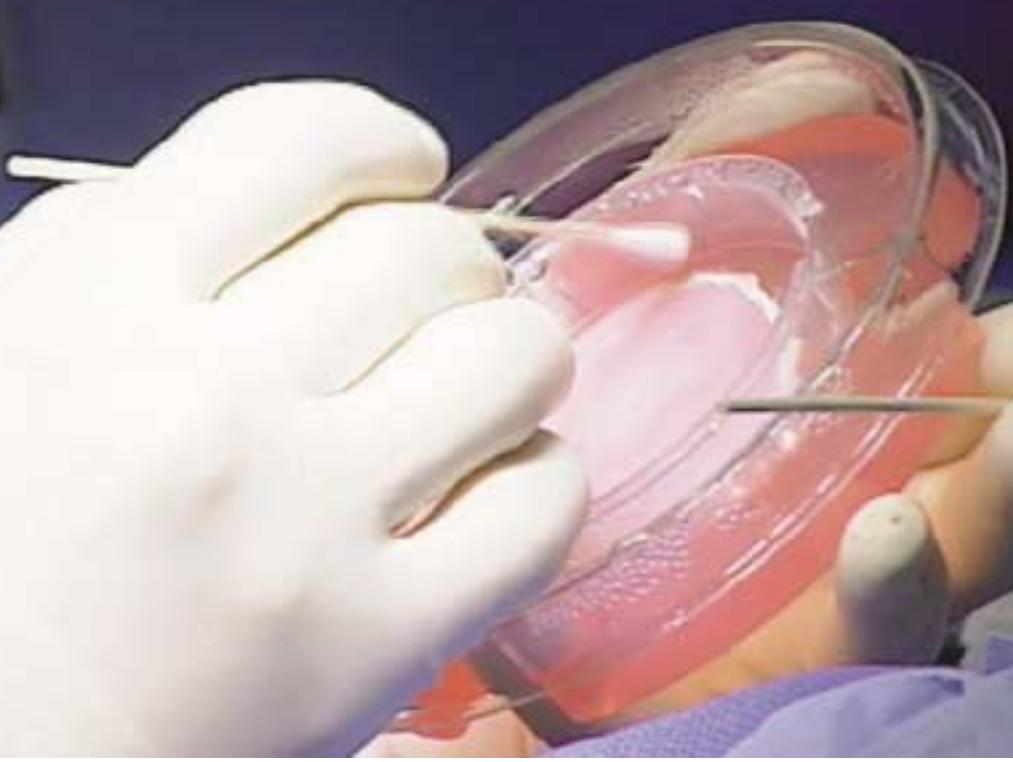
Taşlaşmış bir arokarya ağacının bir bölümünün çekildiği bu fotoğrafta, minerallerin ve çatlakların oluşturduğu yapı, hareket halindeki bir insan figürüne benziyor. Mineralden yapıların oluşum öyküsüne gelince. Daha önce taşlaşmış olan ağacın içinde oluşan çatlaklara önce yeşil renkteki kalsedon dolmuş. Bu çatlaklar yeniden açılıp içlerine demir oksit dolunca, işte bu insan figürü oluşmuş. Bu örneğin alındığı, ABD'nin Arizona eyaletine ait Petrified Forest'teki (taşlaşmış orman) ağaçların çoğu bütün olarak taşlaşmış ve o halde korunmuş. Ne var ki ağaçların büyük bir bölümünün iç kısımları bozulmuş. Bu fotoğraftaki arokaryanın yaş halkaları belli belirsiz seçilebiliyor.  
Gerçek boyut: 5x3 cm  
Ağacın yaşı: 170 milyon yıl

### Bir Taşın Öyküsü

Fosilleşmiş bir çam ağacından alınan bu kesitte birden fazla gelişim evresi görülebiliyor. Önce kırmızımsı-kahve renkteki kalsedon, ağacın dokusuna girmiş. Daha sonra, taşın ince çatlakları yeniden beyaz kalsedon tarafından doldurulmuş. Bir süre sonra bu damarlar, fotoğrafın sağ bölümünde görüldüğü gibi, tektonik hareketler nedeniyle kırılmış. Bundan sonra, boşlukların içinde dolaşan eriyikler, ince bir tabaka oluşturarak kahverengimsi yeşil agat olarak kristalleşmiş. Kalan boşlukları ve ince çatlaklarıysa demiroksitler doldurmuş.  
Ağacın yaşı: 180 milyon yıl  
Gerçek boyut: 4x2,5 cm



Rasper, M., "Im Innern Der Steine", *Natur&Kosmos*, Nisan 2000  
Çeviri: Ayşegül Yılmaz Günenç



*Doku mühendisliği, bilimsel ve teknolojik açıdan çok hızlı bir ilerleme kaydediyor. Bu alandaki son gelişmeler, insanlık için heyecan verici yeni ufuklar açıyor. Günümüzde yapay deri gibi ilk uygulamalar tıbbın hizmetine sunuldu bile. Gelecekteyse doku mühendisleri tarafından hazırlanacak "biyoyapay" organların, koroner by-pass ameliyatları gibi, rutin bir biçimde kullanılabileceği umut ediliyor.*

# Doku Mühendisliğinde Şaşırtıcı Gelişmeler

Çok yakın bir zamana kadar, hasar görmüş ya da fonksiyonunu yitirmiş doku ve organların yalnızca transplantasyonla ya da tamamen yapay olan plastik ya da metal implantlarla değiştirilebileceği bilinmekteydi. Canlı hücrelerle doğal ya da sentetik polimerlerin birleşiminden oluşan ve "biyoyapay organ" olarak adlandırılan organların asla yapılamayacağı ve donör (verici) eksikliğinden kaynaklanan transplantasyon sorunlarının yalnızca hayvanlardan alınan organlarla giderilebileceği düşünülüyordu. "Biyonik insan" kavramı yalnızca bilim-kurgu filmlerinde yer almaktaydı. Oysa günümüzde, tüm dünya üzerindeki laboratuvarlarda yürütülen çalışmalar, biyoyapay organ üretiminin mümkün olduğunu gösteriyor. Doku mühendisliği henüz bilimkurgu filmlerindeki düzeye ulaşmadı; gene de çeşitli biyoteknoloji firmaları tarafından yaklaşık 4 milyar dolarlık pazar payına sahip doku mühendisliği ürünleri geliştirilmiş bulunuyor ve bu firmalar yatırımlarını her yıl % 22,5 oranında artırıyorlar.

ABD'de yapılan bir istatistik, 1997'de 40 000 kalp hastasından yal-

nızca 2300'ünün yeni bir kalp bulabildiğini gösteriyor. İşte bu noktada en heyecan verici çözüm, insan yapımı doku ve organların oluşturulması, yani "doku mühendisliği"nin gündeme gelmesi. İlk yaklaşım olarak, doku mühendisi bir molekülü -örneğin büyüme faktörünü- hasarlı doku veya organa enjekte eder veya uygun bir biçimde yerleştirir. Bu molekül, hastanın kendi hücrelerinin yaralı bölgeye hareketini sağlar ve onları istenilen tür hücreye dönüştürerek dokuyu yeniden üretir. İkinci yaklaşımda, çe-



*Petri kabında üretilmiş deri dokusu (Apligraf).*

şitli kaynaklardan (insan veya uygun hayvan) sağlanan hücrelerin uygun polimerik taşıyıcılardaki kapsülleri hazırlanarak vücuda verilir. Son yöntemdeyse, hastanın kendi hücreleri ya da uygun bir vericiden alınan hücreler, biyolojik ortamda bozunabilen polimerlerden hazırlanan üç boyutlu desteklere tutturulur, hazırlanan yapı hasarlı bölgeye yerleştirilir, hücreler çoğalıp yeni doku yapısını oluştururken polimer matris parçalanır ve tamamen doğal olan ürün, yani doku elde edilir. Bu tür yeni organların inşası, materyal bilimindeki gelişmeler ve temel biyolojik bilgilerle mümkün oluyor.

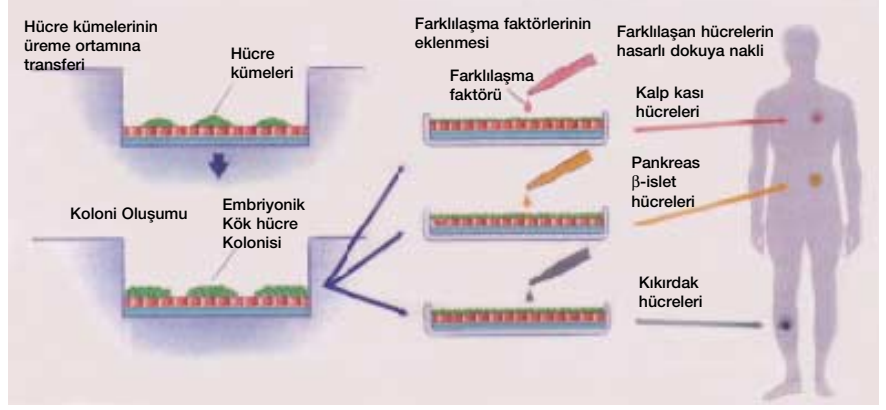
Doku mühendisliği halen ABD'deki bazı sağlık kuruluşlarında sınırlı ölçüde uygulanıyor. Sürdürülmekte olan klinik çalışmalar, yapay kıkırdak, kemik, ligament ve tendonların çok kısa bir süre içerisinde eczanelerin raflarında yerini alacağı konusunda cesaret verici. İnsan yapımı deri, doku mühendisliğinin ilk ticari ürünü olarak piyasaya sürüldü bile. Klinik araştırmaları tamamlanmakta olan kıkırdak dokusuysa, önümüzdeki birkaç yıl içerisinde pazarda yerini



alacak. Bilimsel araştırmalar karaciğer, böbrek, bağırsak ve meme gibi, çok sayıda farklı hücreden oluşan daha kompleks yapı ve büyük organların üretiminin de teorik açıdan mümkün olduğunu, pratik açıdan ise uzun zaman alacağını gösteriyor.

## Doku Mühendisliği İçin Hücre Kaynakları

Doku mühendisliğinde kuşkusuz en öncelikli konu, uygun bir hücre kaynağının bulunması. Uygulamalarda hayvan (örneğin domuz) hücrelerinin kullanımı olanaklı; ancak bunlar, bağışıklık sistemi tarafından reddedilebileceklerinden, insan hücreleri tercih ediliyor. Bu konudaki son gelişme, insan embriyonik kök hücrelerinin kullanımı. Kök hücreleri (stem cells), üreme ve farklılaşma kabiliyetine sahip hücreler olarak bilinirler. Kök hücreleri ürerlerken, bir yandan da farklılaşarak ait oldukları organın, (örneğin kalp, karaciğer veya beyin) temel işlevlerini kazanırlar. Embriyonik kök hücreleri ise alışılmışın dışında çok özel hücreler. Çünkü, farklılaşma sonucu vücut içerisindeki tüm hücre türlerini, dolayısıyla tüm dokuları oluşturabilirler. "Science" dergisinin 6 Kasım 1998 sayısında, farede deri altına yerleştirilen insan kök hücrelerinin bilinen çok çeşitli dokuları oluşturduğu gösterildi. Araştırmacılar bu hücrelerin kıkırdak, kemik, kas, bağırsak, ve sinirsel epitelyum dokularını nasıl oluşturduğunu açıkladılar; ama he-



*Embriyonik kök hücre kültürleriyle çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmak üzere değişik hücreler üretilmektedir.*

nüz konunun başlangıç aşamasında bulunuluyor.

Daha hızlı bir çözüm, dokulardan "progenitor hücre" (geçiş hücresi) olarak adlandırılan hücrelerin izolasyonu. Bu hücreler spesifikleşme yolunda adım atmışlar ama henüz tam anlamıyla farklılaşmamış durumda bulunuyorlar; ancak, çok sayıda değişik hücre türünü oluşturmak için yeterli esnekliğe sahiptirler. Cleveland Clinic'ten Arnold Caplan ve arkadaşları, insan kemik iliğinden progenitor hücreleri izole etmişler ve bu hücreleri laboratuvarıda üretirecek osteoblast (kemik hücresi) ve kondrositleri (kıkırdak hücresi) elde etmişler. North Carolina Üniversitesi'nden bir grup araştırmacı da, yetişkin insan karaciğerinde küçük, oval yapıda progenitor hücreleri tanımlamışlar ve bu hücrelerin kültür ortamında olgunlaşarak hepatositleri (safra üreten ve toksinleri parçalayan hücreler) veya safra bezlerini oluşturan epitel hücreleri ürettiklerini göstermiş bulunuyorlar.

Hücre temininde başka bir yaklaşım, "genel verici" hücre hatlarının oluşturulması. Araştırmacılar, verici (donör) hücre yüzeyindeki proteinleri maskeleyecek molekülleri kullanarak bu tür hücreleri hazırlıyorlar. Domuz hücrelerinin bazı türleri, insanlara transplantasyonu mümkün olacak şekilde maskeleniyor. Bu yöntem uyumsuz insan donörler arasındaki hücre transplantasyonuna da olanak sağlayacak şekilde kullanıldı. İlke olarak, hazırlanan hücrelerin alıcı tarafından reddedilmeyeceği düşünülüyor. Yöntem başarılı olursa, genel verici hücreler çeşitli doku hücrelerinden hazırlanabilecek ve gereksinme olduğunda kültür ortamında üretilenler. Fakat henüz büyük ölçekli uygulamalarda nasıl kullanılacakları fazla açık değil.

## Hücrelerin Büyük Miktarda Üretimi

Doku mühendisliğinde, yukarıda açıklanan uygun kaynaklardan sağlanan hücrelerin yüksek kapasitede üretilmesi de önemli. Bu amaçla araştırmacılar; besin maddesi, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> gibi gazlar, ve atık ürünleri uygun miktarlarda sağlayacak/uzaklaştıracak sensörler ve karıştırıcılarla donatılmış biyoreaktörleri kullanıyorlar.

Araştırmacılar diz kıkırdağındaki bir yırtığı onarmak amacıyla kıkırdak dokuyu üretmeyi başardılar. Ancak doku belli kalınlığa ulaştığında, iç kısımlardaki kıkırdak hücreleri dışarıdaki besi ortamından çok uzakta kaldıklarından besinleri ve gazları alamıyorlar, atık ürünler de uzaklaşmıyor. Bu problem, kıkırdak hücrelerinin üç boyutlu polimerik taşıyıcı-



*Burun şeklindeki sentetik polimer (solda) üzerinde kıkırdak hücreleri üretilmekte ve polimer yapının parçalanması sonucu tamamiyle doğal olan kıkırdak doku oluşmaktadır (sağda).*





**Yapay kıkırdaklar oynak yerlerdeki hasarın giderilmesi için yeni olanaklar sağlıyor (1 ve 2). Sağda biyoloji ve doku mühendisliğinin evliliği için iyi bir örnek olan yapay kalp damarı görülüyor. Damarın özelliği kalbe oksijen akışını düzenleyebilecek biçimde genişleyip büzülebilmesi.**

ları içeren biyoreaktörlerde üretilmesi ile kısmen çözüldü.

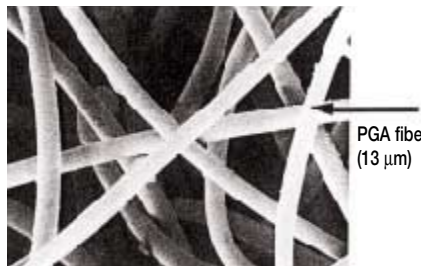
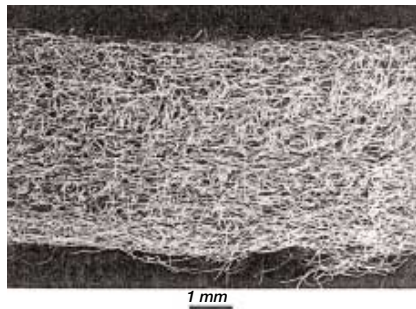
Doku, biyoreaktörlerde büyürken, mekanik özelliklerinin istenilen düzeye (gerçek dokuya yakın) getirilmesi çok önemli. Doku mühendisliğiyle üretilmiş kıkırdak dokusu, içerdiği hücre dışı matris (Extra Cellular Matrix, ECM) proteinleri nedeniyle, dış ortamdan gelecek etkilere daha açık. Kolajen partikül destekli biyoreaktörlerde karıştırılarak üretilen kemik hücrelerinin de, durgun ortamda (petri kaplarında) üretilenlere göre daha yüksek miktarda kemik minerali içerdikleri saptanmış bulunuyor.

## Hücrelerin Beslenmesi ve Kan Damarı Oluşumu

Biyoyapay organlarda kritik bir konu da hücrelerin beslenmesi. Birkaç milimetreden daha kalın dokular, beslenebilmeleri için kan damarlarına ihtiyaç duyarlar. Judah Folkman'ın yaklaşık 30 yıl kadar önce başlattığı çalışmalar, bedendeki hücrelerin yeni kan damarları oluşturabileceğini ortaya koydu. Folkman 1972'de kan da-



marı oluşumunu, diğer adıyla "angiogenesis"i durduracak spesifik moleküller önerdi. Bu yaklaşım, 1998'de kanser tedavisi için değerlendirildi. Folkman'ın çalışmaları doku mühendisleri tarafından da uygulanmaya başlanmış durumda. Özellikle pankreas, karaciğer ve böbrek gibi çok miktarda kan gereksinmesi olan organların doku mühendisliğiyle hazırlanmasında angiogenesis temel nok-



**Doku üretiminde kullanılan bozunur yapıdaki polimerik matrisler.**

tayı oluşturuyor. Araştırmacılar, laboratuvar koşullarında angiogenesisi başarıyla gerçekleştiriyorlar. Günümüzde angiogenesisi destekleyen çok sayıda molekül, rekombinant formda ticari olarak üretiliyor. Önemli olan, bu moleküllerin ilgili doku veya organa gönderilmesi. "Kontrollü salım teknolojisi" ile bu sorunlara çözüm getirmeye çalışılıyor.

## Hücre Davranışlarının Düzenlenmesi

Doku mühendislerinin üzerinde çalıştıkları başka bir konu, hücre davranışlarının nasıl düzenleneceğinin öğrenilmesi. Örneğin insan karaciğeri altı değişik türdeki hücrenin "lobül" adı verilen yerleşiminden oluşur. Her bir hücre, yüzlerce farklı biyokimyasal reaksiyonu gerçekleştirir. Hücrelerin biyokimyasal etkinlikleri, bunların diğer hücreler ve hücre dışı matris ile etkileşimine bağlı. Araştırmacılar hepatositlerin (karaciğer hücreleri), üzerinde üredikleri materyalin yapıştırıcı özelliğine bağlı olarak, değişen miktarlarda protein ürettiklerini gözlemişler. Bu nedenle, yapay organlar geliştirilirken, hücrelerin normal fizyolojik rollerini sağlayacak şekilde üretilmeleri de büyük önem taşıyor.

## Polimer Taşıyıcılar ve Geliştirilmeleri

Doku mühendisliğinde önemli bir konu da, doku oluşumunu gerçekleştirecek yeni destek malzemelerinin geliştirilmesi. Yaygın olarak kullanılan materyaller polimerik yapıda olup, iki gruba ayrılırlar. Bunlardan birincisi, bozunabilen yapıdaki sentetik polimerler, ikincisiyse kolajen ve aljinat gibi doğal polimerler. Sentetik materyallerin avantajı, mekanik dayanım, bozunma (degradasyon) hızı, mikroyapı, ve geçirgenliğin üretim sırasında kontrol edilebilir olmasından kaynaklanıyor. Doğal materyallerse hücre yapışmasını, dolayısıyla üremesini daha iyi desteklerler.

Araştırmacılar bu iki grup materyalin istenilen özelliklerini birleştire-

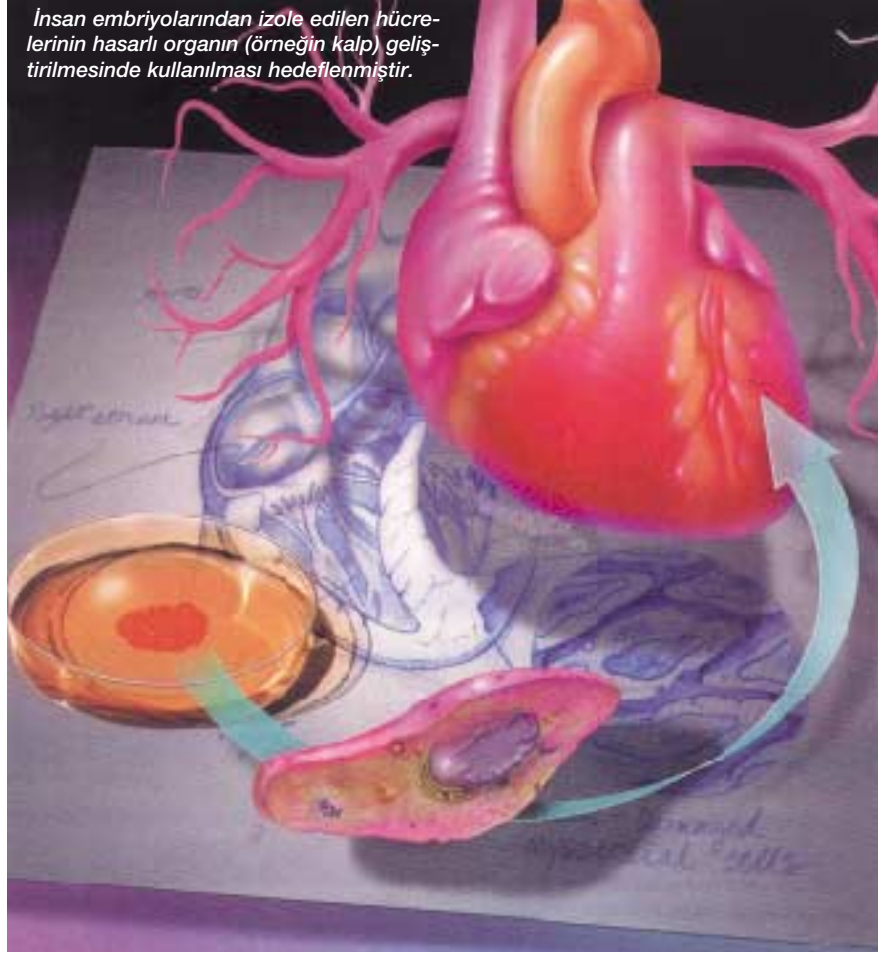
rerek yeni materyal türlerini geliştirmeye çalışıyorlar. Örnek olarak RGD ile modifiye edilmiş polimerler verilebilir. RGD, hücre dışı matris proteini olan fibronektinin bir parçası. RGD yapısı üç amino asitten oluşmuştur: Arjinin (R), Glisin (G) ve Asparajin (D). Pek çok hücre türü fibronektine bağlandığından, RGD içeren polimerler hücreler için daha doğal bir ortam sağlarlar.

Bir grup araştırmacı tarafından da ortopedik uygulamalarda kullanılmak üzere yeni, enjekte edilebilir ve bozunabilir yapıdaki polimerler geliştirilmiş bulunuyor. Bu polimerler 10-15 dakikada katılaşır ve enjekte edildikleri boşluğun şeklini alırlar. Mekanik özellikleri de kemiğine çok yakındır. Polimerler aynı zamanda, kontrol edilebilir bir hızla parçalanarak, hafta ya da ay periyodunda ortamdan ayrılırlar. Enjekte edilebilir ve bozunabilir hidrojel (jelatin benzeri, suda şişmiş polimerler) de dişlerde meydana gelen bozukluklara müdahale etmek üzere geliştiriliyor.

## Hazırlanan Dokuların Korunması

Önemli bir nokta da, hazırlanan dokunun üretim aşamasından ameliyathaneye gelene kadar korunması ve nakil sırasında hücre ölümünün engellenmesi için yeni metodların geliştirilmesi. Nakilde, organ hasarının önemli bir kısmı, reperfüzyon sırasında yani organ hastanın kan damarıyla birleştiğinde oluyor. Reperfüzyon, oksijen serbest radikallerinin oluşumunu hızlandırır, bu da hücre membranında boşluklar meydana getirerek hücreleri öldürür. Bu durumun engellenmesi için cerrahlar, organı sakladıkları çözeltiliye serbest radikalleri söndürecek kimyasal maddeler ilave ediyorlar. Doku mühendisleri, ürünlerini, özellikle kan akışı yetersiz olduğunda ortaya çıkacak bu tür hasarlardan korumak için, daha mükemmel maddeler bulmaya çalışıyorlar. Ayrıca, dondurarak saklama (cryopreservation) tekniklerini geliştirerek, yapay doku ve organları

*İnsan embriolarından izole edilen hücrelerinin hasarlı organın (örneğin kalp) geliştirilmesinde kullanılması hedeflenmiştir.*

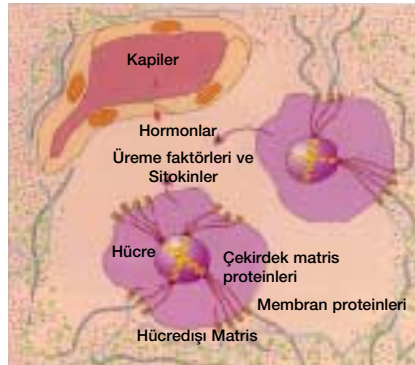


ihtiyaç anına kadar korumaya çalışıyorlar. Bu amaçla, hâlen hücreler için kullanılmakta olan yöntemleri daha büyük dokulara uygulama konusunda araştırmalar sürüyor.

## Doku Mühendisliği Ürünleri

İlk "canlı" doku mühendisliği ürünü olan deri, Organogenesis firması tarafından geliştirilerek Apligraf ticari ismiyle piyasaya sürüldü. Apligraf, dermis (iç tabaka) ve epi-

dermis'den (dış tabaka) oluşmuştur. Mayıs 1998'de FDA (Food and Drug Administration) onayı alan ürün, ABD ve Kanada'da Novartis firması tarafından pazarlanıyor. Taze olarak piyasaya sunulan Apligraf, oda sıcaklığında 5 günlük raf ömrüne sahip. Apligraf'ın ana fikri 20 yıl öncesinde Eugene Bell tarafından yapılan çalışmalara dayanıyor. Bell, dermisi oluşturan hücrelerin, yani fibroblastların, kolajen jel üzerinde filtre edildiklerinde, fibroz denilen, canlı bir matrise dönüştüğünü gözlemiş. Kolajen, ECM'in temel elemanı olup, hücreleri yerlerinde tutan yapıştırıcı molekül olarak bilinir. Bell, 1981 yılında tamamladığı çalışmalarda, epidermal tabaka hücreleri olan keratinositlerin dermal substrat üzerinde ürediklerinde basit deri eşdeğeri bir yapı oluşturdıklarını açıkladı ve daha sonra bu ürünü sıçanlara greftledi. Bell'in çalışmalarını uygulamaya dönüştürmek üzere 1985 yılında Organogenesis firması kuruldu. Apligrafın geliştirilmesinde en önemli engel, hücre üremesini des-



*Doku mikroçevresi.*



tekleyecek, istenilen özelliklerdeki kolajenin temini oldu. Bu güçlük, sıgır tendonlarından kolajen elde edilmesini sağlayan bir yöntem geliştirilerek giderildi. Fibroblast ve keratinosit kaynağı olarak, olağanüstü üreme potansiyeline sahip yeni doğan hücreleri kullanıldı.

Advanced Tissue Sciences adlı bir başka biyoteknoloji firması tarafından da iki değişik deri ürünü hazırlandı. Bunlardan biri cansız, yara örtücü, TransCyte, diğeri ise canlı hücreleri içeren Dermagraft. TransCyte, Mart 1997'de "ilk insan doku mühendisliği ürünü" olarak FDA'dan onay alıp, üçüncü derece yanıklarda kullanılmaya başlandı. Ekim 1997'de ise ürünün ikinci derece yanıklarda da kullanımı na izin verildi.

TransCyte, yeni doğmuş erkek bebeklerin sünnat derisinden elde edilen fibroblastlardan hazırlanmış. Hücreler, steril koşullardaki polimerler üzerinde ve vücut içerisindeki fizyolojik koşullara uygun bir ortamda üretilmişler. Hücreler, 2 haftalık üreme periyodunda bölünmüş ve fonksiyonel insan dermis'ini oluşturmak üzere kolajen ve diğer proteinleri üretmişler. TransCyte, depolama ve kullanım için dondurulana kadar canlıdır.

Dermagraft ise canlı doku olarak kalır ve özellikle şeker hastalığına bağlı olarak ayaklarda meydana gelen yaraların tedavisinde yeni deri olarak kullanılır. Dermagraftın klinik denemeleri tamamlanma aşamasında olup, yakın bir tarihte piyasaya sunulması bekleniyor. TransCyte ve Dermagraft'ın hazırlanma teknikleri birbirlerini andırıyor. Dermagraft dondurulur ve -70° C'da saklanır. Kullanım öncesi, oda sıcaklığına yükseltilerek yaranın şekil ve boyutuna uygun biçimde kesilir. Dermagraft, tek tabakalı dermisten oluşur.

Doku mühendislerinin üzerinde çok çalıştıkları ve başarılı oldukları ikinci doku ise kıkırdak. Kıkırdak, beslenme gereksinmesi çok düşük bir doku olduğundan yeni kan damarlarının oluşumunu da gerektirmez. Bu durum, kıkırdak dokunun üretimi açısından büyük bir avantaj sağlamış ve yapılan çalışmalar başarıyla sonuçlanmış bulunuyor.



Genzyme Tissue Repair adlı bir firma, diz kıkırdığındaki hasarı, hastanın kendi hücrelerinden hazırlanan dokuyla tedavi etmek için FDA onayı almıştır. Bu amaçla, hasarlı dizden alınan hastaya ait hücreler laboratuvar koşullarında üretilir ve daha sonra yaralı bölgeye yerleştirilir. Hastaya ve yaranın derecesine bağlı olarak iyileşme (doku rejenerasyonu) 12 ile 18 ay arasında tamamlanır. Araştırmacılar, kıkırdak dokusunu kulak, burun ve diğer bilinen formlarda da hazırlayabiliyorlar.

Deri, kemik ve kıkırdak dokusu üretimindeki başarı, bu dokuların diğer dokulara göre daha basit yapıda oluşlarının sonucu. Bir grup araştırmacı, karaciğer hücrelerini hayvanlara naklederek, karaciğer benzeri bir doku oluşturdu. Diğer bir çalışmada, karaciğer benzeri doku geliştirmek üzere yeni bir biyomaterial hazırlandı. Tüm bu çalışmalarda geliştirilen yeni dokular, hayvanlarda karaciğerin yalnızca tek bir kimyasal fonksiyonunu sağladı ve henüz tam bir organ olmaktan uzak bulunuyorlar.

Araştırmacılar, böbreğin süzme işlevini gerçekleştirmek üzere böbrek hücreleriyle de çalışıyorlar. Bağırsak dokusunun hazırlanmasıyla ilgili araştırmalar da hâlen devam ediyor. Çok sayıda biyoteknoloji firması tarafından yapay kalp ile ilgili çalışmalar da sürdürülüyor.

Doku mühendisleri, bir yandan yukarıda söz edilen doku ve organla-

rı geliştirmeye çalışırken, bir yandan da çeşitli biyomoleküllerin (örneğin protein) eksikliğinden kaynaklanan birtakım hastalıkların tedavisinde kullanılmak üzere, genetik olarak değiştirilmiş hücreleri içeren polimerik kapsüller geliştirmeye çalışıyorlar (encapsulated-cell therapy). Bu hastalıklar arasında, dopamin eksikliğinden kaynaklanan Parkinson hastalığı, insülin eksikliğinden kaynaklanan şeker hastalığı, eritropoietin eksikliğinden kaynaklanan anemi (kansızlık), kan pıhtılaşmasında önemli olan Faktör VIII ve Faktör IX proteinlerinin eksikliğinden kaynaklanan hemofili, ve insan büyüme hormonu eksikliğinden kaynaklanan cücelik (dwarfism) sayılabilir. Hızlı üreme özelliğine sahip hücreler, söz konusu proteinleri üretmek üzere genetik olarak değiştirilmektedirler. Hücrelerin bağışıklık sistemi tarafından reddedilmesiyse, çeşitli doğal (aljinat, kolajen, vb.) veya sentetik polimerlerden hazırlanmış kapsüller içerisine hapsedilmeleriyle engelleniyor. Önümüzdeki 20 yıl içerisinde bu tedavi yöntemlerinin de klinik uygulamalarda yerini alacağı kuşkusuz.

Menemşe Gümüşderelioglu

Prof. Dr., HÜ, Kimya Mühendisliği ve Biyomühendislik Ana Bilim Dalları

Hilal Türkoğlu

HÜ, Kimya Mühendisliği ve Biyomühendislik Ana Bilim Dalları

Kaynaklar

"The Promise of Tissue Engineering", Special Report, Scientific American, April 1999, p. 59-89.

M. Kiremitçi-Gümüşderelioglu, "Doku ve Organ Kaybı İçin Yeni Bir Yaklaşım: Doku Mühendisliği", Bilim ve Teknik, vol. 372, 92, 1998.

M. Kiremitçi-Gümüşderelioglu, Doku Mühendisliği, Ders Notları, Hacettepe Üniversitesi, 1999.



# Dünya'da Yaşamın Başlangıcı

Ünlü bilim dergisi *Science*, Haziran 1999 tarihli sayısını, "Evrim Kuramına ve Evrim Kuramının Gerçekliğine" ayırdı. Bu sayı için giriş yazısı yazan ünlü evrimci Stephen Jay Gould şöyle demektedir: "Evrim bir gerçektir ve ancak gerçek bizi bağımsızlığa kavuşturabilir!" ve Gould eklemekte, "Darwin'in ilk teorileri açıklandığı zaman, bir soylu 'Darwin'in söylediklerinin doğru olmadığını umalım; ama tutun ki doğru, o zaman tüm dünyaya yayılmaması için dua edelim!" demişti; ne yazık ki, 21. yüzyıla girerken, bu şahsın söyledikleri çıktı: Evrim kuramı doğru, ama dünyanın çoğunluğu, en azından ABD ulusunun büyük kısmı tarafından bilinmiyor". Gerçekten de, 21. yüzyıla girerken, evrim kuramının gerçekliği hakkında onca yayın yapılmasına, onca kanıt bulunmasına karşın, bilim insanları ile halk arasında evrim kuramını değerlendirilme açısından uçurumlar var. Bu konudaki en büyük zorluk, öncelikle, evrim kuramı ile ilgili bazı biyolojik, kimyasal, fizyolojik, paleontolojik bilgilerin anlaşılabilmesi için yoğun bir bilim eğitime, detaylı anlaşılmalı bazı kavramlara gereksinim duyulması. İkinci önemli zorluksa, evrim kuramını açıklarken ifade edilen bazı kavramların (örneğin milyonlarca yıllık süreçler olan evrim, doğal seleksiyon, biyokimyasal protobiyogenezis vb)

günlük hayatın mantığı ve akışı açısından pek de kolay anlaşılabilmesi. Bu konuda Amerikan Ulusal Bilimler Akademisi'nin (National Academy of Sciences) son yayımladığı halk kitabı *Science and Creationism* (Bilim ve Yaradılışçılık), bu konudaki en yetkili ağız tarafından son noktayı koyuyor ve evrim kuramının bir gerçek olduğunu savunuyor.

Türk bilim insanları olarak, gerek halkı, gerekse diğer bilim insanlarını ve aydınları bu konuda bilgilendirmek konusunda çok ciddi sorumluluklar taşıdığımıza inanıyorum. Bu sorumluluklardan birisi, "kendini bilimsel elit zümre olarak görüp, bilimsel yaradılışçıları yanıt verilmeyecek

kadar küçümsemek yerine", onları iddia ettikleri tezlerde, aynı ABD'li bilim insanlarının yaptıkları gibi, bilimsel olarak çürütmek; yapmakta oldukları çarpıtmaları ve bilimsel sahtekârlıkları, halkın önünde anlaşılır bir dille ve bilimsel kaynaklarla ortaya koymaktır!

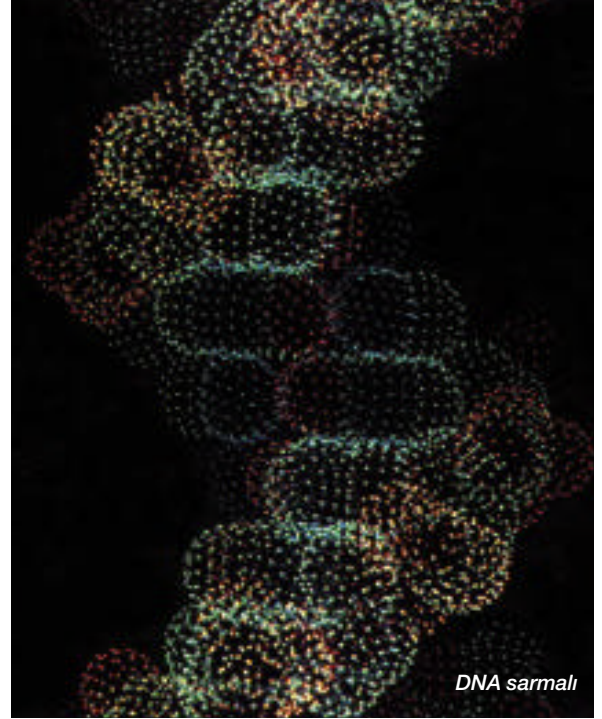
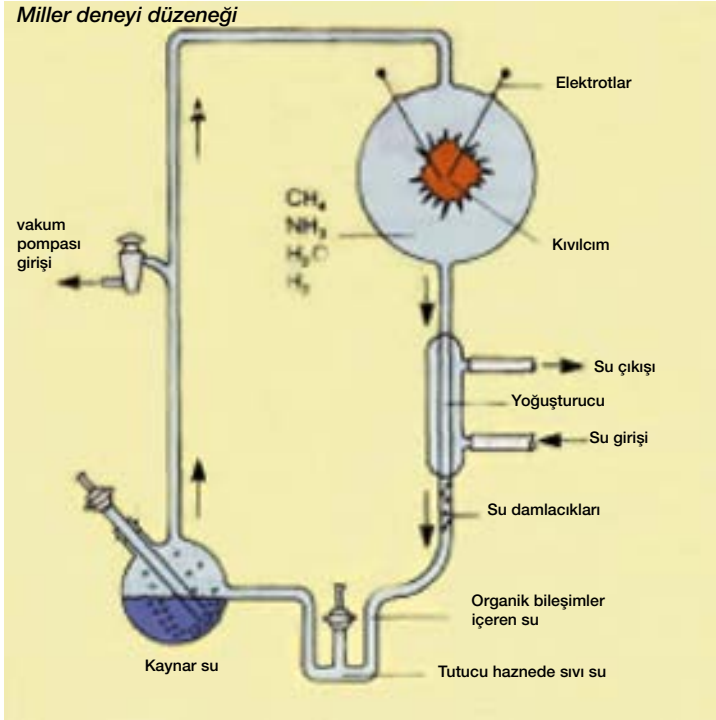
Dünya'da yaşamın başlaması ile ilgili en önemli sorulardan ve problemlerden birisi, primordial (ilk) koşullarda canlıların temel yapıtaşları olan organik moleküllerin nasıl meydana gelebilecekleri konusuydu. Bilim ise bu konuda bilimsel yaradılışçılardan farklı görüşlere sahip. Özellikle son yıllarda yapılan çalışmalar dünyada ilk organik maddenin oluşumu konusunda yeni bir bakış açısı getirdi.

Evrim kuramcısı  
Charles Darwin



## Stanley Miller Deneyinden Günümüze

Dünya'da yaşamın başlaması için, yaşamın temel taşları olan organik maddelerin, amino asitlerin ve DNA ile RNA'nın yapısında var olan nükleik asitlerin bir şekilde dünya ortamında (okyanuslarda, göllerde, sıcak su kaynaklarının aktığı yerlerde) bol miktarda var olması gerekmektedir. Bu konuda doğru fikir yürütebilmek için, 4,5 milyar yıl önce soğuyarak, var olan dünya gezegeninin atmosferi-

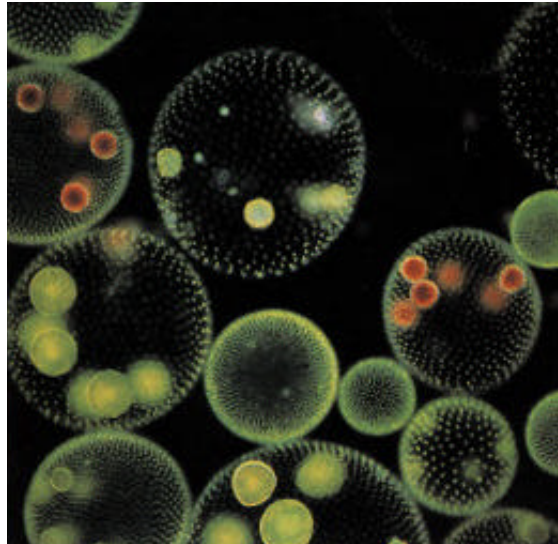


ri ve içerdiği elementler konusunda doğru tahmin yapmak gerekiyordu. Bu konudaki ilk tahminleri Oparin, Haldane, Urey yapmışlardı. Onlara göre ilk dünya atmosferi metan ( $\text{CH}_4$ ), amonyak ( $\text{NH}_3$ ), su buharı ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ve moleküler hidrojenden ( $\text{H}_2$ ) oluşmaktaydı. İlk atmosferde oksijen ( $\text{O}_2$ ) bulunmadığı pek çok araştırmacı tarafından fikir birliği ile kabul edilmiştir. Ama en önemli sorun dünyanın gençlik günlerine ait bilgi alınamamasıdır. Bilinen en yaşlı kayalar olan Grönland'daki Isua kayaları bile 3,8 milyar yıl yaşındadır. Yaklaşık 700 milyon yıl- 1 milyar yıllık döneme ait hiç bir iz, kanıt ve bilgi yoktur; bu da ilk atmosfer veya ortam konusunda tahmin yapmayı çok güçleştirmektedir. Tahminler, olası modellere göre yapılmaktadırlar ve spekülasyonlardan ibarettirler. William Rubey, Holland, Walker ve Kasting'e göre ise, başlangıçta çok az miktarda amonyak vardı; atmosferde başlıca karbon dioksit ( $\text{CO}_2$ ), azot ( $\text{N}_2$ ), su buharı ( $\text{H}_2\text{O}$ ), biraz da karbon monoksit ( $\text{CO}$ ) ve hidrojen gazı ( $\text{H}_2$ ) vardı. Son yıllarda bu görüşün bilim ortamlarına hâkim olmasına rağmen, kimse 4 milyar yıl öncesine gidip, ortamda amonyak olup, olmadığını gözlemlememiştir. Ayrıca, uzaydan her yıl 40 000 ton toz

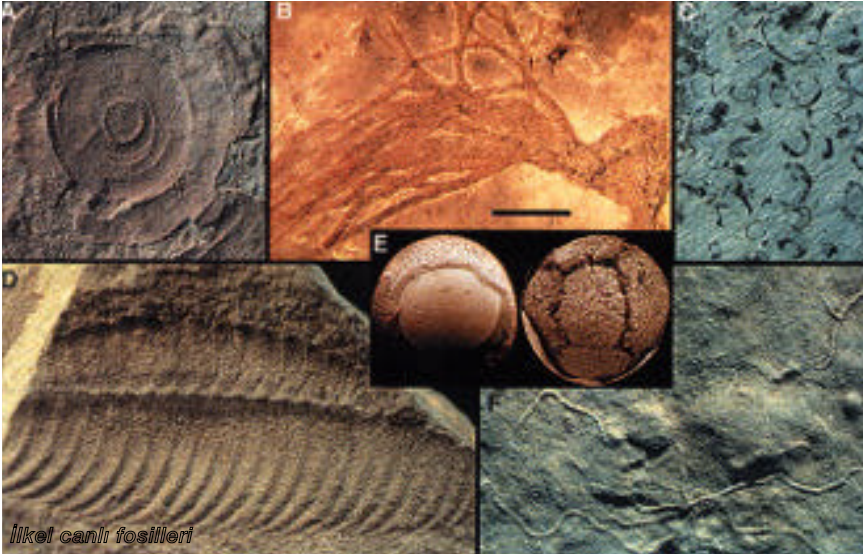
yeryüzüne düşmektedir, gerek bu tozda, gerekse uzaydan gelen meteoritlerde HCN (hidrojen siyanit),  $\text{CO}_2$ , Formaldehit, CO (karbon monoksit), amino asitler ve organik maddeler bulunmuştur; 1999 verilerine göre, uzaydan dünyaya günde dökülen tozla birlikte 30 ton organik madde düşmektedir. Dünya koşullarında amonyakın ve organik madde sentezinin çok az olması durumunda bile organik maddeleri oluşturan bileşenlerin ve bizzat organik maddelerin uzaydan yeterli miktarda gelme olasılıkları her zaman vardır. İlk atmosfer koşullarında hemen hemen hiç oksijen olmadığı hesaba katılırsa, organik maddenin "yaratılmadan"

dünya ortamında ilk gazlar ve çözülmüş iyonlardan sentezlenmesi de mümkündür. Oksijensiz dönem 2-2,5 milyar yıl kadar sürmüştür. Siyanobakterlerin verdikleri oksijen sayesinde atmosferde, ilk dünya canlıları için bir zehir olan oksijen miktarı artmıştır.

Chicago Üniversitesi'nde, Harold Urey'in öğrencisi Stanley Miller 1953'te dünyayı yerinden sarsan ünlü deneyini gerçekleştirdi. Urey'in varsayımına uyan (metan, amonyak, hidrojen ve su) gaz koşullarında, 150-200 bin voltluk akımı gazların bulunduğu özel aparatındaki karışımdan geçirdi. Sonuç çok şaşırtıcıydı; pek çok temel organik madde bu enerjinin etkisi sonucunda gazları bir reaksiyonla birleştirmiş, glisin, alanin, aspartik asit, glutamik asit (bu dördü temel amino asitler), formik asit, asetik asit, propionik asit, üre, laktik asit, ve diğer yağ asitlerini oluşturmuştu. Deney Pavlovskaja ve Peynskii tarafından Rusya'da; Heyns, Walter, Meyer tarafından Almanya'da; Abelson tarafından ABD'de, çok farklı bileşiklerle, farklı gaz ortamlarında tekrarlandı; oksidasyonun engellendiği ve metan, amonyak ve su buharının olduğu koşullarda hep amino asitler ve organik maddeler oluştu. Gabel ve Ponnampuru-





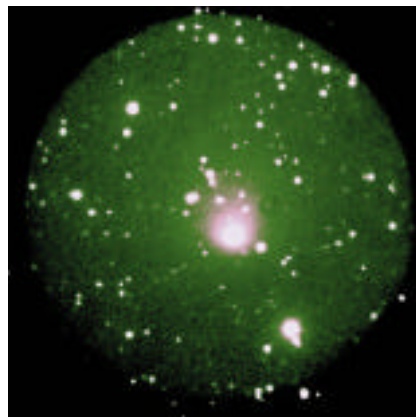


ma, çok farklı enerji ortamlarında (sıcaklık, radyasyon, lineer akseleratörden çıkan parçacıklar, mikrodalgalar vb) benzer sonuçlar buldular, ayrıca bazı şeker moleküllerini de primordial ortamda sentezlemeyi başardılar. Genetik materyali taşıyan DNA ve RNA'nın temel taşları olan nükleik asitlerin bazıları da ilk atmosfer şartlarının farklı biçimlerde ele alındığı koşullarda kimyasal olarak sentezlendi ve nükleik asitlerin temel yapı taşlarının primordial ortamda yeterli temel madde ve enerji sonucunda kendiliğinden oluşabileceği gösterildi.

Yaratılışçılar, ilk dünya koşullarında amonyak olmadığını, Miller'ın ise soğuk tuzak denilen bir yöntemle amino asitleri elde ettiğini, Miller'ın koşullarının bilinçli olarak çok yapay hazırlandığını ve sonuçların bilimsel bir sahtekârlık olduğunu söylemektedirler. Öncelikle Miller'ın düzeneği tabii ki yapaydır; ama biyokimyada yapay olmayan koşullarda kontrollü deney yapılamaz ki; soğuk tuzak denilen ve reaksiyon ürünlerini soğutan bir düzenek kullanılmış olabilir; ama doğada bunun bir benzerinin var olmadığını söylemek, üstelik de 3,5-4,5 milyar yıl öncesinde gelişen olaylardan çok emin ifadelerle bahsetmek ancak, peşin yargılı insanlarda görülebilen bir düşünce hatasıdır. Örneğin, okyanusların tabanlarındaki sıcak su kaynaklarının birden soğuyarak okyanusa karışması, bahsedilen "soğuk tuzağı" doğal koşullarda oluşturabilir. Doğada bugün tahmin edilemeyen pek çok yapı, bunu meydana getirebilir. Nitekim, sadece sıcak su kay-

naklarının bu sıcaklığının bile sıg okyanus sahillerinde, suda çözünmüş amonyum ( $\text{NH}_4$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ) ve karbon dioksiti ( $\text{CO}_2$ ) (veya su yüzeyindeki atmosferdeki gazları) reaksiyona sokabileceğini gösterir. Organik maddelerin ve ilk yaşamın denizlerdeki, göllerdeki, volkanik ortamlardaki sıcak su kaynaklarının bulunduğu yerde oluştuğu konusunda pek çok fikir de ortaya sürülmüştür.

Ortamda amonyanın çok az olması koşullarını Miller tekrar irdelemiştir. İlk koşullarda, atmosferin redükleyici (elektron kazandırma) özellikte olduğu düşünülmektedir, ama kesinleşmiş bir bulgu yoktur. Atmosferde var olan amonyanın bir kısmının amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) iyonu olarak okyanuslarda çözüneceği bilinmektedir; atmosferde çok az miktarda amonyak olması koşullarında bile, su ortamlarında ya da sıcak su kaynaklarının olduğu, okyanusun sıg ve atmosferle



*Bazı kuramcılar Dünya'ya yaşamın, resimde görülen Hale-Bopp gibi kuyruklu yıldızlarda bulunan organik maddelerce taşınmış olabileceği görüşündeler.*

buluştuğu sahillerde amonyum iyonu, atmosferde çok az miktarda bulunan amonyak, metan gazı ve karbon dioksitle reaksiyona girecek ve organik bileşikleri oluşturacaktır. Miller, eser miktarda amonyanın bulunduğu ortamlarda yaptığı deneylerde bile organik maddelerin ve amino asitlerin sentezlenebildiğini görmüştür.

Yaratılışçıların başka bir iddiası, Miller deneyinde sağ elli (D-dextro izomeri) ve sol elli (L-levo izomeri) amino asitlerin eşit miktarlarda sentezlendiği, oysa yaşamda görülen 20 çeşit amino asitin tümünün sol elli olduğu, öyleyse organik maddenin ve canlı yaşamın belli bir amaçla ve dizaynla yaratılmış olması gerektiğidir. Öncelikle, 1993'te Arizona State Üniversitesi'nden John R. Cronin uzaydan gelen meteoritlerde ve donmuş tozda daha fazla L-aminoasitlerine rastlandığını kanıtlamıştır. Bu, dünyada var olan ve amino asitlerle reaksiyona giren maddelerin zamanla sol elli amino asitleri tercih etmesini sağlayabilir. İkincisi, moleküler yapılarıdaki zayıf çekirdek kuvveti birbirinin ayna görüntüsü olan moleküllerde (yani izomerlerde) farklıdır. Bu bir molekül için çok ufak bir farktır, ama moleküller bir araya gelince etki büyür. Yani bir molekülün reaksiyona girerken veya suda çözünmüş bulunurken içinde bulunan moleküler bağ yapma yetenekleri ve belli bir konfigürasyonda dururken gereksimleri olan enerji onların doğa tarafından seçilmelerini sağlamaktadır. Doğa tutumluluğu sever ve genelde en düşük enerji formunu tercih eder; L ve D formları arasındaki enerji farkı çok az da olsa, yapılan hesaplara göre en az enerji ile durabilen izomer, yaklaşık 100 bin yılda doğada % 98 olasılıkla baskın bulunan izomer formunu oluşturacaktır. Üçüncü ve güçlü bir olasılık, ilk koşullarda, şu anda bilmediğimiz ve ilk dünya koşullarında var olan ve sol elli amino asitlere bağlanamayan bir X maddesinin özellikle D-(sağ elli) amino asitlerle birleşerek kelat (çözünmeyen bileşik) oluşturması ve onları göl veya okyanus dibine çökertmesidir. Bu ise sol elli amino asitlerin bir anda doğal seleksiyonla artmasını ve doğada daha fazla kullanılabilir hale gelmesini çok kolay sağlayabilir. Fakat kimse 4



milyar yıl önceye gitmemiştir; o günden bu güne de tek iz kalmamıştır; bilimsel yaratılışçılar ne söylerlerse söylesinler, 4 milyar yıl önceye ait kesin kanıtlarla evrimcilerin karşısına gelmeden evrimcilerin hiçbir söylediğini çürütmüş sayılamazlar; üstelik, bilimsel yaratılışçıların büyük bir çoğunluğu, binlerce kanıta rağmen, dünyanın 4,5 milyar yaşında değil, çok daha genç olduğuna inanmaktadır (10 bin yıl gibi)...

## Uzaydan Gelen Organik Madde

Son bulgular, pek çok organik maddenin uzaydan gelen tozda, meteorlarda bulunduğunu kanıtlamıştır. Dünya'da okyanuslarda ve atmosferde amonyum, metan, karbon dioksit, amonyaktan sentezlenebilen organik maddenin, uzaydan da gelebileceği NASA'nın araştırmalarının kesin bir sonucudur. Eğer günde 30 ton organik madde uzaydan düşen tozla Dünya'ya karışırsa, (kuyruklu yıldızlarla, meteorlarla gelenleri saymıyoruz) yılda, 10 000 ton çeşitli organik madde okyanuslara karışır. Bu ilk bir milyar yıl için  $10^9 \times 10^4 = 10^{13}$  ton (10 trilyon ton) organik madde eder. Bu miktarda organik madde, Dünya'da girdikleri reaksiyonlar da işin içine katılırsa, kesinlikle ilk yaşamın tohumlarını atabilir.

Halley, Hale-Bopp, Hyakutake isimli kuyruklu yıldızlarda pek çok organik madde olduğu kanıtlanmıştır. Bir kuyruklu yıldız, güneş sisteminin sıcak bölgelerinden geçerken, bir kısmı erir, gaz ve toz olarak dünyanın (veya başak gezegenlerin) çekimine kapılıp, zamanla dünyaya düşer. NASA'daki bilim adamları, ER2 tipi uçakla, yaklaşık 20 km yükseklikte bu tozları toplayabilmektedirler. Scott Sandford, bu parçacıkları analiz ettiğinde %50'den fazla organik kökenli karbona rastlamıştır. Meteoritlerde ise, ketonlara, nükleobazlara, quinonlara (klorofil benzeri yapılarda yer alır), karboksilik asitlere, ve 70 farklı çeşit amino asite rastlanmıştır. Dünya'daki yaşamda kullanılan amino asit sayısı ise sadece 20'dir, yani uzay bize ihtiyacımız olandan çok daha fazlasını hediye etmektedir!

Halley kuyruklu yıldızı



Daha ilginç bir bulguysa Louis Allomandola'nın uzay koşullarının simülasyonunu yaptığı deneylerden gelmiştir. Bu deneyler çok düşük sıcaklıklarda, ultraviyole radyasyonunun kimyasal bağları yıkabileceğini; hatta içinde donmuş metanol ve amonyak (uzayda bulunduğu oranda) bulunan buzlaşmış toz kütlelerinde, ultraviyole ışınlarının ketonları, nitrilleri, eterleri, alkoller, hatta heksametilentetramini (HMT) oluşturabileceğini göstermiştir. HMT asidik ve ılık ortamda amino asitleri oluşturur. Bu deneyler son yıllarda gerek NASA, gerekse üniversitelerdeki bilim insanları tarafından tekrarlanmış benzer sonuçlar bulunmuştur. Bu şu demektir: Uzayda donmuş buz kitleleri olarak seyahat eden moleküller uzaydaki farklı ışınların ve ultraviyole enerjisinin etkisiyle sürekli kimyasal yapı değişimine uğramaktadır. Bu değişim, özellikle daha sıcak ve yüksek ışın ve enerji içeren Güneş sistemi bölgelerine girince artmaktadır. Yani gerek uzaya dağılan tozlar, gerek meteorlar, içlerinde Dünya gibi uygun koşullara sahip bir gezegene ulaştıkça yaşamın temel taşlarını oluşturacak tüm bileşenleri, organik maddeleri fazlasıyla taşımaktadırlar. Üstelik 4,5 milyar yıllık Dünya tarihini, kolay anlayabilmek için, 1 saatlik bir zaman dilimi olarak alırsanız, doğa ilk 55 dakikayı, bu temel yapı taşlarını ve tek hücreli yaşamı oluşturmak için harcamış, geri kalan beş dakikada da diğer tüm bitkileri, çok hücreli organizmaları meydana getirmiştir.

## Sonuç

Dünya'da yaşamın başlaması için, büyük olasılıkla temel yapıtaşları hem uzaydan gelmiş hem de milyarlarca yılda, uzaydan gelenlerin de etkisiyle dünyada okyanuslarda, sıcak su kaynaklarının okyanusa karıştığı yerlerde, bataklıklarda, volkanik yapıların okyanusla birleştiği yerlerde vb. ortamdaki serbest enerji sayesinde sentezlenmişlerdir. Amino asitler, nükleik asitlerin yoğunlaştığı ortamlarda termal proteinler ve RNA, otokatalitik RNA büyük olasılıkla ilk genetik bilginin şekillenmesinde rol oynamışlardır. Burada şu temel unsurlar unutulmamalıdır: 1) Sözü edilen milyar yıllık süreler aklımızda kolayca canlandırabileceğimiz süreler değildir. 2) Doğada kararlı yapıların oluşması çok zordur. Belki bir tek kararlı yapının oluşmasına karşı, binlerce katrilyon kararsız yapı bozunup gitmektedir; biz bilgiyi bu güne kadar gelebilen kararlı yapıdan alabilmekteyiz; kararlı yapıların gelişmesini sağlayan reaksiyon ve biyolojik olay sayısı ise neredeyse sonsuzdur (bu konuda detaylı bilgi için, Evrim Kuramı sayfası [http:// www.evrim.cjb.net](http://www.evrim.cjb.net) Veya [http:// www.geocities.com/evrimkurami](http://www.geocities.com/evrimkurami) adresinden bilgi alabilirsiniz).

Ümit Sayın  
Dr., Wisconsin Üniversitesi

### Kaynaklar

- "Science and Creationism: A view from the National Academy of Sciences", National Academy Press, Washington D.C., 1999
- Sayın, Ü., "ABD'de Bilimsel Yaratılışçılığın Çöküşü", Bilim ve Ütopya, 22-23, Aralık 1998.
- Eschenmoser, A., "Chemical Ethology of Nucleic Acid Structure", Science, 25 Haziran, 1999, 284 (5423):2118-2123.
- Brack, A., "The Molecular Origins of Life", Cambridge University Press, Cambridge, 1998.
- Berstein, M. P., Sandford, S. A., Allomandola, L. J., "Life's Far-Flung Raw Materials" Scientific American, Temmuz 1999, 281:42-49.
- Orgel, L. E., "The Origin of Life on Earth", Scientific American, Ekim 1994, 271:76-83.
- Joyce, G. F., "Directed Molecular Evolution" Scientific American, Aralık 1992, 267:90-97.
- Oparin, A.I., "Origin of Life", Mc Millen, New York, 1938
- Haldane, J.B.S., "Origin of life", Rationalist Annual, New York, 1929
- Urey, H.C., "On the early chemical history of the earth and the origin of life", Proc. Natl. Acad. Sci., 1952.
- Rubey, W.W., "Development of the hydrosphere and atmosphere, with special reference to probable composition of the early atmosphere". In Crust of the Earth, ed. A. Polder-vant HP: pp631-650, 1955.
- Holland, H.D., "The chemical evolution of the atmosphere and oceans", Princeton University Press, Princeton, 1984.
- Miller, S., "The Endogenous Synthesis of Organic Compounds", [Andre Brack, editor, "The Molecular Origins of Life", Cambridge University Press, 1998.]
- Cyba, C.F., Sagan, C., "Endogenous production, exogenous delivery and impact-shock synthesis of organic molecules: an inventory for the origins of life", Nature, 355:125-132, 1992.
- Cyba, C.F., Thomas, P.J., Brookshaw, L., L., and Sagan, C., "Cometary delivery of organic molecules to the early Earth", Science, 249:366-373, 1990.
- Walker, J.C.G., "Evolution of atmosphere", Macmillan: New York, 1977
- Kasting, J.F., "Earth early atmosphere" Science, 259:920-926, 1993.
- S.L. Miller, "Production of amino acids under possible primitive Earth conditions" Science, 117:528-529, 1953.
- Miller, S.L., and Urey, H. C., "Organic compound synthesis on the primitive Earth", Science, 130:245-251, 1959.
- Cyril Ponnamperna, "The Origins of Life", Thames and Hudson, London, 1972.
- Bada J.L., and Miller, S.L., "Ammonium ion concentration in the primitive ocean" Science, 159:423-425, 1968.
- Montanesky, R., "The Rise of Life on Earth", National Geographic, Mart 1998, S: 54-81.
- Ian Stewart, "Nature's Numbers", Basic Books, New York, 1995.



# Yararsız ve Acımasız Çalışmalar mı, Sağlığımız İçin Önemli Bir Gereksinim mi? Hayvan Deneyleri

Günümüzün koşulları, çelişkileri yaşamımızın kaçınılmaz bir parçası yapıyor. Farklı düzeylerde de olsa hemen hepimiz bunun örnekleriyle iç içeyiz. Duygularla mantığın o rahatsız edici çarpışmasını hangimiz yaşamadık ki? Gözlerimizi ak ve karanın çekici saflığından zorla ayırıp, uzlaşmanın gri tonları içine daldık mı? Bu uzlaşma çoğu kez bize çeşitli araçlarla dışarıdan zorla benimsetilir. Örneğin hukuk, bireyselliğimize gem vurur; görev özgürlüğümüzü unutturur. İdeolojiyle ideallerimizi boğazlarız; birlikte yaşama dürtüsünü bastırıp savaşlarda, hatta "spor" karşılaşmalarında birbirimizi öldürürüz. Ama insan, istemediği şeyleri yaparken de, rahatsızlığından kurtulmak, kendi kendiyi barışık olmak ister.

İşte toplumca benimsettirilen, roller, görevler, sorumluluklar, bu rahatlama gereksinmesine yanıt veren uygun araçlar olur. Gene de bazı bölgeler olur ki, içinde dolaşırken elimize tutuşturulmuş bir pusula, bir uygulama



*Ameliyatlar, insanlar için güvenli ve standart uygulamalar haline gelmeden önce onlarca yıl hayvanlar üzerinde sınanır. Tıbbi aygıtların geliştirilmesi sırasında da hayvanlardan yararlanılır.*

rehberi yoktur. Kendi kararımızı kendimiz vermek zorunda kalırız. Çoğu kez, kendi bağımsız yargımızı oluşturma konusunda kavuştuğumuz ayrıcalık, bizi aceleciliğe yönlendirir. Bastırılmış bir özlemle, mutlak, saf, seçeneklere atılırız. Güçlü sınır çizgilerine, aka ya da karaya yeniden kavuşmak isteriz. Grinin, tüm sevimsizliğine karşın daha güçlü, daha fazla bilgi içeren (hem ak, hem de kara) bir durum olduğunu unuturuz.

Günümüzde kamuoyunun dikkatini giderek daha çok üzerinde toplanan böyle bir belirsiz bölge de hayvanlar üzerinde yürütülen tıp ve benzeri amaçlı deneyler. Gün geçmiyor ki, hayvan hakları militanlarının bir protesto bildirisini okumayalım, gösteri ya da eylemleriyle ilgili haberleri

dinlemeyelim. Burada da çelişki, farkında olmasak da küçük istisnalar dışında kaçınılmaz oluyor. Bir kanser araştırma enstitüsüne yapılan bir okul ziyaretinde sırtında koca bir urla kafesinde yaşamaya çalışan bir beyaz fareyi görmüş, ve tertemiz yüreğiyle kendini o hayvanın yerine koymuş bir öğrencinin, ileride hayvan haklarının ateşli bir savunucusu haline gelmesi, oldukça yüksek bir olasılıktır. Aynı kişinin, fare deneyleriyle geliştirilmiş bir kanser tedavisini kendisi ya da yakınları için reddetmesiye kolayca beklenemez. Gene çoğu kez insani gerekçelerle reddettiğimiz hayvan öldürme eylemini, dinsel inanışlarla onaylamanın nasıl bir mantığı olabilir?

Şiddetlenen tartışmada hem deneylere karşı çıkanlar, hem de bunların gerekliliğini savunanlar, istatistik verilerine bolca başvuruyorlar. İlk bakışta sayılar, hayvan hakları savunucularından yana görünüyor: Örneğin yalnızca İngiltere’de bir yıl içinde 2,570 000 hayvan kullanılmış. Amerika’daysa bir yılda deney amacıyla öldürülen hayvanların sayısı 18-22 milyon arasında değişiyor. Bunlar arasında 50 000 kedi, 61 000 maymun, 180 000 köpek ve 554 000 tavşan da bulunuyor.

Buna karşılık deneyleri savunan bilim adamları da kendi istatistiklerini sıralıyorlar. Örneğin on yıl önce ABD’de yüz yaşını aşan kişilerin sayısı 37 000 dolayındaydı. Bugün bu sayı, 70 000’in üzerindedir. Bir başka deyişle her dört bin Amerikalı’dan

biri, yüz yaşın üstündedir. Bilim adamları 2050’de bu sayının sekiz kat artacağını ve her 500 Amerikalı’dan birinin, yüz yaşın üstünde olacağını tahmin ediyorlar.

Bilinen bir gerçektir ki, Fransız kimyacı Louis Pasteur ve arkadaşlarının, çiftlik hayvanları üzerinde yaptıkları araştırmalarla hastalıkları yaratanların mikroorganizmalar olduğunu keşfettiler. Bu yönde koruyucu aşılarda geliştirmelerinden bu yana hayvanlar üzerinde deneyler, tıbbi araştırmaların neredeyse standart yöntemi haline geldi. Günümüzde hayvanlar üzerindeki araştırmalar yalnızca bulaşıcı hastalıklara karşı yeni aşılarda geliştirilmesinde kullanılmıyor. Bağışıklık sistemini güçlendirme, hastalıklara karşı ilaç ve aşı geliştirme konularında araştırma yapan hemen hemen tüm kuruluşlar, bu tür çalışmalarda kaçınılmaz olarak hayvanlardan yararlanıyor.

Aşılar da olsun ilaçlarda olsun gerçekleştirilen tüm ilerlemelere karşın, bulaşıcı hastalıklar bugün bile insanlık için en büyük tehlikelerden biri. Daha sıtma ve AIDS’e karşı etkin bir aşı geliştirilemedi. Bunun yanında bakteriler, evrim geçirerek antibiyotiklere karşı dirençli hale geldiler ve hatta yeni yeni bulaşıcı hastalıklar ortaya çıkıyor. Bu tür hastalıklara karşı ilaç ve aşı geliştirme çalışmalarında,



**Şap, kuduz gibi öldürücü hastalıklara karşı aşı geliştiren Pasteur’ün çalışmaları da hayvan deneylerine dayanıyordu.**

hayvanlar üzerinde yürütülen araştırmalar kuşkusuz yine çok önemli bir rol oynayacak.

Dünyada birçok bilim merkezinde ve üniversitede yaşlanmaya yönelik çalışmalar yürütülüyor. Genellikle sıçan genleri üzerinde deneyler yaparak, insan yaşamının uzatılması ve daha sağlıklı bir yaşam üzerinde çalışılıyor. Bilim adamları daha şimdiden birkaç hayvan türünün ömrünü uzatabilmişler. Bunun da şimdilik tek yolu, düşük kalorili bazı diyetleri uygulamak. Uzmanlar da bu diyetlerin, sıçanların ömrünü nasıl uzattığını anlamak için onların gen yapılarını inceliyorlar.

Hayvan deneylerinin, tıbbın başka alanlarındaki ilerlemelerde de çok önemli yeri var. Gerçekte tıbbın belki de hiçbir alanı yok ki o alanın en büyük ilerlemelerinde hayvan deneylerinin önemli bir yeri olmasın. Örneğin cerrahiye ele alalım. Kalp cerrahisindeki gelişmelerin neredeyse tümü, hayvanlar üzerindeki deneylere dayanıyor. Bugün için artık sıradan bir ameliyat olan açık kalp ameliyatı sayesinde, dünyada her yıl bir milyon dolayında insanın yaşamı kurtuluyor. Ancak şunu unutmamak gerek; doktorlar günün birinde böyle bir ameliyat yapmaya karar vermiş de ilk açık

Yıl	Bilim adamı	Kullanılan Denekler	Bilimsel Katkısı
1901	von Behring	kobay	difteri antiserumunun geliştirilmesi
1902	Ross	güvercin	sıtmanın yaşam çevriminin anlaşılması
1903	Pavlov	köpek	hayvan tepkileri
1905	Koch	inek, koyun	tüberküloz ve şarbon patojenleri üzerinde çalışmalar
1906	Golgi, Cajal	köpek, at	merkezi sinir sisteminin anlaşılması
1910	Kossel	kuş	hücre kimyası bilgilerinin geliştirilmesi
1912	Carrel	köpek	kan damarları üzerindeki cerrahi çalışmalar
1919	Bordet	kobay, at, tavşan	bağışıklık sisteminin işleyişi
1922	Hill	kurbağa	kaslarda oksijen tüketimi
1924	Einthoven	köpek	elektrokardiyoğrafının geliştirilmesi
1928	Nicollé	maymun, domuz, fare	tifüs patojeni çalışmaları
1932	Sherrington, Adrian	kedi, köpek	nöronların işlevi
1936	Dale, Loewi	kedi, kuş, kurbağa	sinir vurumlarının kimyasal iletimi
1943	Dam, Doisy	sıçan, köpek, fare	K vitamininin keşfi
1945	Fleming, Chain, Florey	fare	bakteri enfeksiyonlarında penisilinin etkisi
1949	Hess, Moniz	kedi	beynin işlevsel yapısı
1951	Theiler	maymun, fare	san humma aşısının geliştirilmesi
1952	Waksman	kobay	streptomisin keşfi
1954	Enders, Weller	maymun, fare	çocuk felci aşısının geliştirilmesi
1966	Rous, Huggins	sıçan, tavşan, tavuk	kanserin hormonlarla sağaltımı
1968	Holley, Khorana	sıçan	genetik kodlamanın yorumlanması
1973	von Frisch, Lorenz	arı, kuş	hayvanlardaki toplumsal düzenler
1974	de Duve, Palade, Claude	tavuk, kobay, sıçan	hücrelerin yapısal ve işlevsel düzenlenişi
1979	Cormack, Hounsfield	domuz	bilgisayar destekli tomografinin geliştirilmesi
1986	Levi-Montalcini, Cohen	fare, yılan, tavuk	sinir büyüme faktörünün bulunuşu
1991	Neher, Sakmann	kurbağa	hücreler arasındaki kimyasal iletişim
1990	Murray, Thomas	köpek	organ nakli yöntemleri
1996	Doherty, Zinkernagel	fare	virüslü hücrelerin bağışıklık sistemince saptanması







kalp ameliyatını yapmış değil. Bugün, artık sıradan sayılan bu ameliyatın arkasında, 20 yıl boyunca, başta köpekler olmak üzere deney hayvanlarıyla yapılmış nice yoğun çalışmalar yatıyor. Aynı biçimde, böbrek yetmezliğinin sağaltımında başvurulmuş yöntemler de yine hayvanlar üzerinde yapılan deneylere dayanıyor. Bugün dünyada her yıl yapılan on binlerce böbrek nakli sayesinde insanlar yeniden yaşama dönüyorlar. Yalnızca böbrek değil başka organların naklinde çıkan sorunlara çözüm üretmek için de hayvanlardan yararlanılmış. Örneğin bugün ameliyatlarda kullanılan güvenli yöntemler, kediler üzerinde yapılan damar dikme deneyleri sayesinde ge-



liştirildi. Tavşanlar, fareler, köpekler ve maymunlar üzerinde yapılan deneylerle, nakledilen organın, alıcının bağışıklık sisteminde reddedilmesinin önüne geçmenin yolları bulundu.

Hayvan hakları savunucularıysa, soruna pratik ve etik açıdan yaklaşıyorlar. Onlara göre bir kere elde edilen sonuçlar, hayvanlara acı çektilererek öldürülmelerini haklı kılacak düzeyde değil. Yabana atılamayacak bir sav, bu deneylerden çıkan sonuçların güvenilemeyecek kadar değişken olması.

Hayvanın yaşı, cinsiyeti, yemek yeme sıklığı, bulundukları ortamda örneğin bir kafeste kaç tanesinin bi-

rarada olduğu, ortamın sıcaklığı, nemi, deneylerin sonucunu rahatlıkla değiştirir. Bir laboratuvarında hayvan deneyleriyle elde edilen bir sonuç, bir başka laboratuvarında bambaşka olabilir. Birbirinden çok farklı yapıya sahip insan ve hayvan, bir hastalığın sağaltımında kullanılacak bir ilaca karşı farklı tepkiler verecektir. Dolayısıyla da etkili sonuçlar alınmayacaktır. Nitekim 10 yıllık bir süre içerisinde, hayvanlardaki felci iyileştirmede yararlı gibi görülen 25 ilacın hiçbirisi insan tıbbında kullanılmamıştır. Yine 35 yıldır, 400 000 kimyasal madde milyonlarca lösemi yapılmış fare üzerinde denenmiş. Kanser Araştırma Enstitüsü bu çalışmalarında tümör karşıtı kimyasal maddeleri aramaktadır. Ama amaçlanan bir türlü elde edilememiş.

Araştırmacılar da elbet bu durumun farkında. Çoğu ilaç, ya da sağaltım yöntemi, klinik kullanıma açılmadan en azından başka umarı kalmamış hastalarda ya da gönüllü denekler üzerinde denenmek isteniyor. Ama bu araştırmalarda da uyulması gereken belirli temel ilkeler var.

Bu ilkelerden biri ve belki de en önemlisi, denneğin kendi istemiyle

## Hayvansız Deney Yöntemleri

**Topluluk Araştırmaları (Epidemioloji):** İnsan toplulukları araştırmaları hep çok verimli olmuştur. Örneğin, kalp hastalıklarının risk etkenlerinin belirlenmesi topluluk araştırmalarından çıkmıştır.

Moleküler epidemioloji yöntemiyle de araştırmacılar, kanser ya da doğum arızalarına maruz kalanların hücre ve molekül özelliklerini inceleyebilirler; ve böylece DNA hasarının mekanizmalarını ve nedenlerini ortaya çıkaracak verimli araştırmalar yapılabilir.

**Hasta Araştırmaları:** Bu yöntemde hasta insanlar gözlenir. Örneğin, kardiyolog Dean Ornish, hasta araştırmalarıyla, az yağ içeren bir vejetaryen beslenmenin, düzenli egzersiz yapmanın, sigara içmemenin, stres yönetiminin, kalp hastalığını tersine çevirebileceğini göstermiştir.

**Görüntüleme:** CAT, MRI, PET ve SPECT görüntüleme yöntemleri adeta klinik araştırmalarda birer devrim yaratmıştır. Bu araçlarla hastaların yakından izlenmesi sağlanmıştır.

**Otopsi ve Biyopsiler:** Otopsiler, birçok hastalık konusunda bilgi edinilmesinde çok önemli rol oynamıştır. Kalp, şeker, alzheimer, apandisit gibi birçok hastalık hakkında bilgimizi otopsilere borçluyuz.

Biyopsi denen, canlı bir dokudan muayene edilmek üzere çıkartılan parçalarla da hastalığın öteki aşamaları için bilgi edinilebilir. Örneğin tanı iğnesi ve endoskopik biyopsiyle,

kolon kanserine adenoma adı verilen kötü huylu bir tümörün neden olduğu bulunmuştur.

**Bilgisayar Teknolojisi:** Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler bu konuda da yararlanılabilecek sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Örneğin bu teknolojiyle bir ilacın hastalar üzerindeki yan etkileri izlenebilir. Bu tür bir veri tabanı tehlikeli ilaçların hemen tespit edilmesini sağlar. Ayrıca ilacın tahmin edilemeyen yararlı yan etkileri de olabilir. Bu veri tabanı bunların da saptanmasını sağlayacaktır.

**Kültürleme:** İn vitro hücre ve doku kültürü de hayvansız testlerde güçlü araçlardır. Biraz yukarıda daha önce sözünü ettiğimiz, Amerikan Ulusal Kanser Enstitüsü'nün 1950-1980 arasında, 400 000 kimyasal maddenin olası kanser karşıtı maddeler olarak, kan kanserine yakalandırılmış farelerde test edilmesi; ama farelerde etkili olan ilaçların insan üzerindeki etkisinin beklenen sonucu vermemesi nedeniyle, binlerce dolar çöpe gitmişti. Bu program için "parayı sokağa attık" tanımlaması yapılmıştı. Bu program yerine, 100 tane in vitro insan kanser hücresi dizisi kullanılıyor. Bu çalışma hem daha az maliyet getirecek hem de güvenilir sonuçlar verecek.

Testlerde kullanılacak kanser hücreleri insan bağırsak, akciğer, deri, böbrek, yumurtalık ya da kanından alınmakta. Bu hücrelerin temininde de sıkıntı yaşanmıyor; çünkü bu hücreler hastahanelerde, operasyonlar esna-

sında zaten hastadan çıkartılıyor. Amerika ve İngiltere'de araştırmacılar, insan doku bankalarından, normal ve hastalıklı dokuları test için alabiliyorlar. Ayrıca bu işi yapan ticari şirketler de var. Araştırmacılar bu şirketlerden farklı insan hücre zincirlerini satın alabiliyorlar. Bu hücreler test tüplerinde yetiştiriliyor. İşte, araştırmacıya tüp içinde gelen hücreler önce infekte edilmekte (örneğin insan karaciğer hücresi, hepatit virüsüyle) ve sonra bu hücre kültürüne kimyasal maddeler ilâve edilerek, kültürde virüsün üremesinin sona ermesi denenmektedir.

Buna benzer, insan DNA'sı ile hücreleri kullanan in vitro testler, DNA hasarını hayvan testlerine kıyasla çok daha çabuk ortaya çıkartıyor.

İnsan hücre kültürü, aynı zamanda bir kimyasal maddenin özel bir organa zarar verip vermeyeceğini anlamak amacıyla da kullanılmaktadır.

İnsan hücre kültürlerinin bir diğer kullanımı kozmetik alanında. Bu kültür kornea hücre kültürü olarak anılıyor. Göz bankalarından sağlanan ve transplantasyon için uygun olmayan insan korneası bu testlerde kullanılıyor. Bu hücreler test tüplerinde üretiliyor ve kozmetik ürünlerin zarar derecesinin sınırlanmasında kullanılıyor; binlerce tavşanın önce gözünün iltihaplanması, bulanması, yaralanması, ve kör olup ölmesine gerek kalmıyor.

**İşaretleme:** Kimyasal maddeyi denemek için kullanılan bir diğer alternatifse, kırmızı

çalışmaya katılmayı kabul etmesi. Her denek adayı, çalışmanın amaçları ve yöntemleri, çalışmadan beklenen yarar ve olası zararlar konusunda bilgilendirilir. Çalışmaya katılır, ya da herhangi bir aşamasında vazgeçebilir. Bir de, elde edilmesi beklenen sonucun önemi, denegin uğradığı tehlikeyle karşılaştırılabilir büyüklükte olmadığı sürece, insan denekler üzerinde biyomedikal araştırma yasal olarak gerçekleştirilemiyor. Buradan da anlaşılacağı gibi, laboratuvar deneylerinin sonuçlarının insanlara uygulanması, bilimsel birikimin genişletilebilmesi ve acı içindeki insanlara yardım edilebilmesi için geçerlidir. Yani durup dururken, lavabo açıcı bir asidin insan üzerindeki zararları nelerdir gibi, ya da sağlam bir insanı önce kanser yapıp sonra da kanserine çare aranması gibi bir konuda insan, denek olarak elbette kullanılmıyor, kullanılamaz da.

Oysa hayvanlarda son yıllara kadar herhangi bir sınırlama söz konusu olmamış. Hayvanların da merkezi sinir sistemleri olduğu, bu nedenle, bizim kadar dışa vurmayı beceremeseler de acı çektikleri gerçeği göz ardı edilmiş. Hatta bazen hayvanların öldürülmesi



ya da kendilerine acı çektirilmesi, insanların sağaltılması gibi haklı gösterilebilecek bir amaca değil, süslenme, güzelleşme, gençleşme gibi kozmetik gereksinimlere hizmet etmiş. Kimi zaman da mantık yoluyla çıkartılabilecek, ya da canlıların kullanılmasını gerektirmeyen deneylerle elde edilebilecek sonuçlar varken, hesabını soğan yok diye hayvanlar kurban edil-

miş. Verilen örnekler düşündürücü: Tavşanın tek gözünde piyasaya yeni sürülecek bir göz boyasının denenmesi. Bu deneyde, boya önce hayvanın gözüne bol miktarda sürülecek, sonra gözü bandajlanacak ve bu halde üç gün bekleyecek. Ardından bandaj açılacak ve gözün durumu incelemeye alınacak. Bir başka deney kansere karşı geliştirilen bir ilaçla ilgili. Bunun için kanserli bir hastadan alınan tümör hayvana aşılanıyor, ya da kansere yol açan kimyasal maddeler vücuduna enjekte ediliyor; böylece kanser oluyor. (Bu sırada dayanılmaz ağrılar çekildiğini unutmayın!). Sonra da yeni bulunan bir ilacın hayvanı iyi edip etmeyeceği sınanıyor.

Örneklemeyi sürdürüelim: 15 köpek önce suda boğulur, sonra tekrar soluk almaları sağlanır. Daha sonra solunum sistemini felç eden bir ilaç verilir. Hayvanların bu sırada kalbi durur. Sonra kalbi çalıştıran bir ilacın hayvan üzerindeki etkisi sınanır.

Bir aylık kuzular, önce annelerinden ayrılır. Kuzulara elektrik şoku verilir ve bu şekilde stres deneyleri hayvanlar üzerinde sınanır. Sonuç olarak sunulan açıklama şöyle: Kuzular strese girince çok aşırı derecede bağırırlar.

Bir başka deneyde maymunların gözlerine doğrudan lazer ışını uygulanır ve hayvanın gözündeki hasar incelenir.

Yeni doğmuş kedi yavrularının gözleri açılmadan gözkapakları birbi-

çekme testi olarak anılmakta. Kimyasal maddeleri denemek için insan deri hücreleri besleyici bir sıvıya konuluyor ve bir süre sonra üzerine kırmızı bir boya ilâve ediliyor. Sağlıklı hücreler bu boyayı emiyor, ancak zarar görmüş hücreler boyayı ememiyorlar. Bu testler kitler halinde satılıyor, ve ürünlerini test etmek isteyenlerin bu kitlerden satın almaları yeterli oluyor. Hiçbir tavşana acı çektirip, ölümüne neden olmadan yapılan bir test.

**Matematik modeller:** İnsanlardan elde edilen klinik verilerin kullanıldığı bir yöntem. Bu yöntemde, klinik gözlemler ve hasta topluluklara bakılarak elde edilen veriler, hastalıkların ilerlemesiyle ilgili hipotezler oluşturmakda kullanılıyor. Örneğin bir matematik model akciğer kanserinin iki farklı türü olduğunu göstermiş. Mikroskop altında birbirinden ayırt edilmesi çok zor olan bu türlerden biri çok kötü huylu, diğeri ise iyi huylu. Modele göre, daha kötü huylu olan biçim, erken teşhis ve ciddi bir tedavi gerektiriyor. Ama diğer türde o dokuyu ameliyatsız çıkartmak tedavi için yeterli olabiliyor.

**Veri bankaları:** Yine dünyada yapılan milyonlarca araştırmanın sonuçları bir veri bankasında toplanmadığı için, pek çok çalışma tekrar tekrar yapılıyor. Çalışmaların gereksiz yere tekrarını önlemek için veribankaları oluşturulmakta ve depolanan bilgiler kullanıcılara sunulmakta.

**Fiziksel ve kimyasal testler:** Bu seçeneklerde, fiziksel ve kimyasal modeller kulla-

nılmakta. Örneğin, insülin üretimindeki testlerde, bir üretim serisinde 800 fare öldürülürken, fiziksel ve kimyasal modellerle bu ölümlere gerek kalmamıştır.

**Robot kullanımı:** Tıp öğreniminde ve deneylerde kullanılmak üzere insan mekanizmasını, reflekslerini aynen yansıtan robotlar geliştirilmiştir. Özellikle, füze, uçak, otomobil çarpışma testlerinde bu robotlar kullanılırsa, kemik yapısı insandan çok farklı olan hayvanlara kıyasla daha doğru sonuçlar alınacaktır.

**Tek hücreli organizma kullanımı:** Bu organizmalar, kimyasal maddelere insanlara benzer şekilde tepki gösterdiklerinden biyokimya alanında geniş ölçüde kullanılırlar. Örneğin, bir tür *Salmonella* bakterisi kanser araştırmalarında başarıyla kullanılmıştır. Hızla üredikleri için, kısa sürede birkaç nesillik sonuç veren tek hücreliler, ilaç araştırmaları, ve toksikoloji alanında birçok kimyasal maddenin incelenmesinde kullanılabilir.

Yaşlanmayı önleme konusunda yapılan çalışmalar da *Saccharomyces cerevisiae* adı verilen bir tekhücreli yapılmış. *S. cerevisiae*'da, insanların genç kalmasını sağlayan proteinin benzerini bulmuş bilim adamları.

Plasenta, insan metabolizmasını en iyi şekilde yansıtır. (Plasenta, uterus duvarından çocuğu beslemeye yarayan kanı alan parçadır.) Kanser ve yaşlanma araştırmalarında, immünoloji alanında, biyokimya kullanılabilecek mükemmel bir araştırma aracıdır plasenta.

rine dikilir, görmeleri engellenir. Hiç ışık almadan 10 ay yaşayan kediler, 10 ayın sonunda öldürülürler ve sonra beyinleri incelemeye alınır.

Kediler kaçamayacak biçimde bağlanır ve yanlarında 60 kez top ve M-16 tüfekleriyle atış yapılır. Atışlar yapılırken, hayvanların şok halinde, kıpırdamadan, sabit bir noktaya baktıkları gözlenir. Araştırmanın sonunda varılan sonuç şudur: Kedilerin kulakları, insan kulağından daha duyarlıdır. Top atışları, tüfekle yapılan atışlara oranla daha çok sağırılığa yol açmaktadır.

Çarpışmanın etkilerini araştıran bir grup, deneylerinde maymunları kullanırlar. Maymunlar araçlara bağlanır; her bir maymun 19 kez çarpışmaya uğratılır. Araştırmanın sonunda, maymunların çarpışmadan hemen önce panik ve korku içinde olduğu, ayrıca çarpışmanın şiddeti arttıkça sinir sistemine olan hasarın da arttığı saptanır.

Hayvan hakları savunucuları, bu deneylere gerek kalmaksızın da aranan bulguların, bilgisayar simülasyonları, insanlar üzerinde gözlemler, insan hücre ve doku kültürleri, istatistik yöntemleri, kimyasal madde kullanımı, yeni görüntüleme teknikleri, otopsi ve biyopsi gibi yollarla elde edilebileceği görüşündeler.

Hayvan deneyleri konusunda taraflar arasındaki çatışma zaman zaman şiddetlenirse, laboratuvar basma, bilim adamlarını hırpalama, deneyler sonucu üretilen malların satışını sabotaj yoluyla engelleme gibi uç noktalara tırmansa da, sürtüşmeler genel olarak azalma eğiliminde.

Bilimsel araştırmalarda kullanılan hayvan sayısı 1970'li yılların başında dünyada en yüksek düzeyine ulaşmıştı. Ancak o tarihten bugüne değin sürekli bir düşüş içinde. Otuz yılda yaklaşık yüzde ellilik bir azalma oldu. Bu düşüşte birkaç etkenin payı var. Bunların başında 1970'li yılların ortalarında, hayvan hakları hareketinin büyük bir atılım yapması ve geniş bir kitle desteğine kavuşması geliyor. Bunun yanı sıra, dünyada bilim adamı profilinin değişmesi de önemli bir etken. Son 30 yılda yetişen bilim adamlarının önemli bir bölümü, bu harekete kayıtsız kalmadı. Bunlar, hayvanlar üzerinde yapılan deneyle-



rin yerine geçebilecek ve seçenek oluşturabilecek yöntemler geliştirmeye yöneldiler; kimi alanlarda da gerçekten başarılı oldular.

Aynı dönemde hükümetler ve kimi sivil toplum örgütleri, hayvan deneyleri yerine kullanılabilecek yöntemler üzerinde çalışan araştırma kuruluşlarını parasal olarak desteklemeye başladılar. Avrupa ve Amerika'da bilim adamlarının ve toplumun hayvanlara yaklaşımı hızlı ve köklü bir değişime uğruyordu. Gerek toplumda gerekse bilim adamlarında hayvan deneylerine karşı duygusal bir tepki oluşmaya başladı.

Toplumun hayvanlara bakışı ve bilim adamlarının da hayvan deneylerini sorgulamaya başlaması sonucunda, bugün yalnızca deneylerde kullanılan hayvan sayısı yarıya düşmedi, uygulanan deney yöntemlerinde de değişiklikler yapılmaya başlan-



dı. Ancak tüm bunların olmasında kuşkusuz en büyük pay, hayvan hakları savunucularının baskısıyla çıkarılan yasa ve düzenlemelerindi.

Avrupa ve Amerika'da çıkarılan bu yasalar sayesinde, deneylerde, hayvanların yararına kimi düzenlemeler yapıldı. Laboratuvarlar sürekli izlenmeye ve yasaya uymayanlar cezalandırılmaya başlandı.

Ancak hayvan deneylerine duyulan gereksinmeyi çok daha radikal biçimde sınırlandıracak, belki de tümüyle ortadan kaldıracak bir gelişme, gen mühendisliği alanında kaydedilen göz kamaştırıcı ilerlemeler ve insanın gen haritasının hemen hemen tamamlanmış olması. 21. yüzyıl tıbbının temel araçları, artık hayvan kültürlerinde oluşturulmuş moleküller, hayvanlardan alınmış organlar, hayvanlar üzerinde denenmiş ilaçlar ya da cerrahi teknikleri değil. İnsanın kendi kök hücrelerini kontrol altına alması, yakında kendi bedenini, kendi hastanesi, ya da yedek hücre, doku, hatta yedek organ bankası haline getirebilecek belki de. Artık yıpranan kaslarımızı, kendi büyüme etkenlerimizle güçlendirebileceğiz. Bunu da postacı virüsler aracılığıyla, moleküler motorlarla dolaşım sistemimizde yol alan biyolojik araçlarımızla yapabileceğiz. İnsan artık kendi bedenini daha iyi tanıyor. Kendi genetik şifresini çözmek üzere. Artık kendini tanımak için farelere, hatta primatlara eskisi kadar muhtaç değil. Bu bilgilerle donanmış, kendini daha iyi tanıyan insan, kuşku yok ki daha "insancıl" olacak. Bu gezegenin yalnızca kendine ait olmadığını, kendisine sunulmuş çok nadide bir çiçek olan yaşamın, bu ayrıcalığı paylaşan başka türlerle birlikte sürdürülebileceğini ve bir anlam olduğunu kavrayacak...

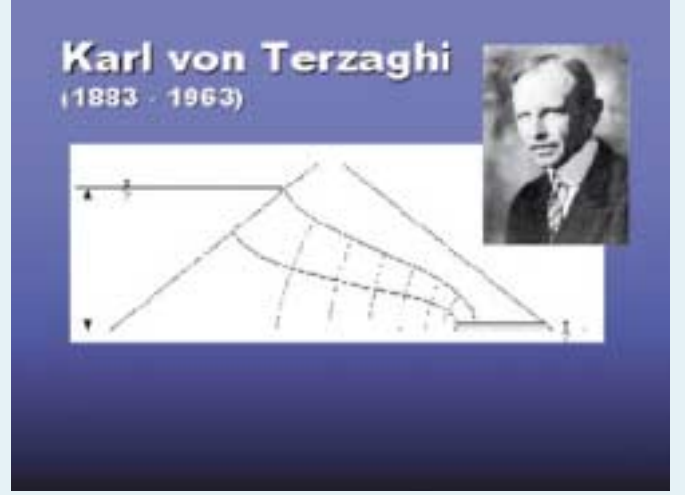
Gülgün Akbaba, Çağlar Sunay

#### Kaynaklar

- Botting, J. H., Morrison, A. R., Animal Research is Vital to Medicine, *Scientific American*, Şubat 1997  
Ditfurth H. "Dinozorların Sessiz Gecesi", İstanbul, 1994.  
Mukerjee, Madhusree, Trends in Animal Research, *Scientific American*, Şubat 1997  
Pieper A. "Etiğe Giriş", İstanbul, 1999.  
Tuna G. "Hayvan Hakları", Ankara 1999.  
*Nature*, 16 Mart 2000, "Protestocular Primat Çiftliğini Güç Uygulayarak Kapatıldılar"  
*Aktüel*, 11 Mayıs 1998, "Eko Teröristler"  
[www.mrmcmed.org/crit3.html](http://www.mrmcmed.org/crit3.html)  
[www.animalliberation.org.au](http://www.animalliberation.org.au)  
[www.istabip.org.tr/hf197.html](http://www.istabip.org.tr/hf197.html)  
<http://www.fbresearch.org/nobel.html>  
<http://www.sfn.drg/pubs/handbook/introduction.html>  
<http://www.the-scientist.lib.upenn.edu/yr1996/august/opin-960819.html>



# Bir Bilim Dalının Doğuşu



17 Ağustos Kocaeli ve 12 Kasım Düzce depremlerinden sonra yapıların birçoğunun göçmesine zeminlerin neden olduğu saptandı. Bu binalar yapılırken mutlaka zeminlerinin incelenmesi gerektiği birçok mühendisçe açıklandı. Hatta öyle ki, zeminlerin depreme dayanıklı olup olmadığını merak eden birçok kişi, bilgisi olmayan kişi ve kurumlara zemin etüdü yaptırdı. Bugünkü Türkiye’de zemin mekaniğini bilen ve yapıların tasarımında zemin mekaniğini uygulayan çok az kişi vardır; oysa zemin mekaniği bilgisi metodolojik olarak ilk kez Türkiye’de geliştirildi ve uygulandı. Bugün gelinen noktaysa şu: Gelişmiş ülkelerde zemin etüdü yapılmadan inşaat projesi tasarımı yapılmazken Türkiye bunu yeni keşfediyor.

Zemin mekaniği, inşaat mühendisliğinin altbirimidir. Doğal olarak, zemin etüdü yapacak kişinin inşaat mühendisi olması gereklidir; fakat yeterli değildir. Bugün anladığımız zemin mekaniği bilimsel olarak ilk kez Karl von Terzaghi tarafından, 1920 yıllarında bugünkü İstanbul Teknik Üniversitesi ve Boğaziçi Üniversitesi’nde geliştirilmeye başlanmış, tüm dünyaya duyurulmuştur.

Karl Terzaghi 1883 yılında Prag’da (o tarihte Avusturya İmparatorluğunun parçası) asker bir ailenin oğlu olarak dünyaya gelir. Daha yedi yaşındayken babasını yitirir. 10 yaşına geldiğinde geleneksel olarak askeri okula gönderilir Terzaghi. İkinci yılında askeri okulun kendisi için iyi bir seçenek olmadığına karar verir ve daha çok coğrafyayla ilgilenir. Yıllar geçtikçe Terzaghi’nin ilgisi daha çok teorik bilgiye, özellikle de gökbilime yönelir.

1898 yazında Graz Landes-Oberrealschule giriş sınavlarına hazırlanır ve kazanır. Yeni okuluna başlarken doğa bilimleri profesörü Hoffer’den etkilenir. 1899 yılının yazında, kendi doğa bilgisini ölçmek için Avusturya Alpleri’nde yerbilim çalışmaya başlar. Doğayı çok sevdiğini gören dedesi, Terzaghi’nin Graz Teknik Üniversitesinde inşaat mühendisliği okumasını ister; fakat öneri "eski kuşaktan" geldiğinden tepkisel olarak makine mühendisliği okumaya karar verir. Derslerin mesleğe yönelik dersler olduğunu görünce makine mühendisliğinden sıkılmaya, okulu asmaya ve tabii ki dağlara tırmanmaya başlar. Bu arada felsefe, fen bilimleri ve yerbilim dersleri almayı asla ihmal etmez. Terzaghi’nin hayatı bir süre böyle devam eder tâ ki Prof. F. Wittenbauer ile tanışmaya kadar. Terzaghi artık kendini yönlendirecek ve doyuracak birisine rastlamıştır ve bu da kendi hayatının düzene girmesine yardım edecektir. Tam bu sırada Terzaghi’nin bazı disiplin suçları yüzünden üniversiteden atılması gündeme gelmiştir.

Prof. Wittenbauer, Terzaghi’yi kurtarmak için savunmaya gelir ve: "Graz Teknik Üniversitesinden Tesla ve Riegler atılmıştır. Nicola Tesla AC motorunu üreterek elektrik teknolojisinde bir devrim, Riegler de buhar türbinini yarattı... Öğretim üyelerimiz okuldan atılacak öğrencileri seçmede başarılı değildir" diyerek sözünü tamamlar ve

Terzaghi okulda atılmaktan kurtulur. Mezun olduktan hemen sonra makine mühendisi olarak çalışmaya başlar ve bu işten hoşlanmadığını görünce, önerildiği gibi inşaat mühendisi olmaya karar verir. Graz Teknik Üniversitesi’nde yerbilim ve köprü mühendisliği okur, ilk araştırmasını "Güney Styria marine tersces"lerinde yaparak yayımlar.

1906 yılında Terzaghi, beton tasarımı ve yapımı uzmanı olarak, Adolf Baron Pittel’de çalışmaya başlar. Her ne kadar Terzaghi bu işi yapacak bilgilerinin olmadığını düşünerek çalışmaya başlarsa da, firmanın hidroelektrik enerji üretim işleri almasıyla, kendine güven duymaya ve bilgi açığını kapatmak için çalışır. Terzaghi hidroelektrik santrallerin tasarımında jeolojinin önemini çok çabuk kavrar. Yıllar geçtikçe, yerbilim bilgilerden yoksun olarak yapılan mühendislik yapılarından doğan problemleri çözmek için Terzaghi aranan mühendis olmaya başlamıştır. 1911 yılında, Rusya’da endüstri tanklarının tasarımında karşılaşılan problemleri çözmek için grafiksel

metodlar hazırlar. Hazırladığı bu metodu doktora tezi olarak, Graz Teknik Üniversitesi’ne sunar ve yapılan doktora sınavını başarıyla geçer. Daha sonra yaptıklarını Prof. T. Pöschl ile kitap haline dönüştürerek yayımlar. Ardından Amerikan Jeoloji Kurumunun yapmış olduğu çalışmalardan yararlanmak ve öğrendiklerini Avus-



turya'da uygulamak için 1912'de Amerika'ya gider.

Osmanlı İmparatorluğu'nun son dönemlerinde, mühendislik ve askeri öğrencilerinin tümünün eğitimlerinin bir bölümünü Almanya'da yapmaları zorunludur. Avusturya, Almanya'nın entellektüel rakibi olarak, bazı Osmanlı öğrencilerini kazanmak amacıyla Prof. P. Forchheimer'ı, o zamanki Hendese-i Mülkiye, bugünkü İstanbul Teknik Üniversitesi'ne dekan olarak gönderir. Prof. Forchheimer, Graz Teknik Üniversitesi'nden çok etkilendiği Terzaghi'yi burada ders vermek üzere davet eder.

Terzaghi İTÜ'de hayal kırıklığına uğrar; çünkü öğretim üyelerinin mühendislik araştırmaları diye bir şey bilmediklerini, araştırma laboratuvarları ve parasının olmadığını ve öğrencilerin Graz'dakiler ile karşılaştırıldıklarında kendine güven ve enerjiden yoksun olduklarını görür. Yine de, öğretim şansı bulmuş olmasından ve entellektüel bir çevrede bulunmaktan hoşnuttur.

Zeminlerin mühendislik malzemesi olarak tanıtılabilmesi için, ne kadar yük altında ne kadar deforme olacaklarının bilinmesi gerekir. Oluşan deformasyonu kuantatif olarak belirleyebilmek için ölçüm aletlerinin geliştirilmesi gerekir. Terzaghi de bu amaç için kumlar üzerinde metodolojik olarak çalışmaya ve alet geliştirmeye başlar. Oluşturduğu laboratuvar, mutfak malzemeleri, boş sigara kutuları, demir parçaları, ve pazardan almış olduğu eski bir teraziden ibarettir. Araştırma için bütçesi olmadığından bir çok şeyi arkadaş olduğu anahtarcıdan alır veya yaptırır. Yaptığı deneylerle belirli bir derinlikte istinat duvarı üzerinde oluşacak yanal basınç değerlerini belirler. Bulduğu sonuçlara bugün hâlâ geçerliliğini korumaktadır.

Bir süre sonra İstanbul, İngilizler tarafından işgal edilir. Üniversitenin işgaliyle de Terzaghi işsiz kalır. Ama işsizlik uzun sürmez. Robert College'da (bugünkü Boğaziçi Üniversitesi) termodinamik ve gaz teknolojisi derslerini verecek birini arıyordu. Terzaghi geçici olarak Robert College'da çalışmaya başlar. Burada bir yandan mühendislik jeolojisi, kum kaynaması (quick sand), kil setler, sondaj ekonomisi ve kireç taşları üzerindeki yapılar



üzerine kafa yorarken, barajlarda oluşan kum kaynamalarını analiz etmek için bu konudaki ilk deneyini de gerçekleştirir. Prof. Forchheimer'in elektrik akım analogisini kullanarak kum kaynaması problemini çözmek ister; fakat problem matematiksel olarak çok karmaşıktır. Bunun için kuramı geliştiren Prof. Forchheimer'den yardım ister ancak olumlu bir yanıt alamaz. Yılmadan Robert College'dan almış olduğu küçük araştırma parasıyla laboratuvar kurarak, kumların geçirgenliğini ve kum kaynamasını oluşturan koşulları belirler. Şimdi sırada killerdedir. Terzaghi kendi kendine, toprak yapılarındaki problemleri gerçekçi olarak çözebilme başarısının, tamamen bu alanda zeminlerin mekanik özelliklerini ölçecek ekipmanların başarısına bağlı olduğunu düşünür ve zeminlerin mekanik özelliklerini test edecek ekipmanlar çizerek bunlardan elde edilecek sonuçların nasıl yorumlanacağını yazar. İşte bu çizimler zemin mekaniğinin doğusudur.

Daha sonra toprak yapıları bilimsel tabana oturtmak için gerekli olan killerin mukavemet parametrelerini belirleyen bir rapor hazırlar. İlk önce, basit bir sistem ile kil mineralleri arasındaki sürtünme açısını belirlemeye çalışır; sonra su geçirgenliğini ölçmek için bir permeametre tasarlar. Killerin mekanik özelliklerini belirlemek için bir anahtarcıya bir haftada yaptırmış olduğu ilk odömetre aletiyle deney yapmaya başlar. Ancak killere çalıştıkça yanıtın çok sorunla karşılaşır. Killer üzerindeki yükü aşamalı olarak artırdığında, oturmanın ilk anda hızlı ve daha sonra yavaşladığını gözlemler. Bu ve bundan sonraki çalışmalar Terzaghi'nin dışarı çıkabilir boşluk suyu basıncının nasıl çalıştığını anlamasına

ve geliştirmesine neden olur. Killer üzerinde yapmış olduğu çalışmayı, 12 sayfalık bir makaleye dönüştürerek, Avusturya Mühendisler ve Mimarlar Odası dergisinde, 1920'nin sonunda yayımlar.

1923 yılında yaptığı Toprakların Fizikine Dayalı Zemin Mekaniği (Erdbaumechanik auf Bodenphysikalischer Grundlage) adlı çalışmada, uygulanan dış kuvvetlerin suya doygun zeminlerde boşluk suyu basıncını geçici olarak artırdığını belirler ve kontaktaki zemin danelerinin, oluşan boşluk suyu basıncı tamamen yok oluncaya kadar uygulanan dış kuvveti hissetmeyeceklerini matematiksel olarak tanımlar. Bu da bugün modern zemin mekaniğinin temelini oluşturan efektif gerilmenin tanımıdır. 1924 yılındaysa "Erdbaumechanik" kitabını tamamlar ve böylece herkesin yapının inşasında zemin mekaniğinin önemini kavramasını sağlar. Bu sırada Robert College'ın eski profesörlerinden Paul Dike, MIT'de (Massachusetts Institute of Technology) bir görev için Terzaghi'yi önerir ve bu öneri kabul görülür. Böylece 18 Haziran 1925'te Amerika'ya yolculuk bir kez daha başlar ve Terzaghi, MIT'de yaptığı çalışmalarıyla büyük beğeni toplar.

1928 yılında Viyana Teknik Yüksekokulu, Terzaghi'ye bölüm başkanlığı görevini önerir ve Terzaghi bu öneriyi kabul eder. 1929 yılında burada çalışmaya başlar ve bu yeni bilim dalına Artur Casagrande, Leo Casagrande, Leo Rendulic, Jull Hvorslov, Wilhelm Steinbrenner, Richard Jelinek gibi önemli isimleri kazandırır. 1936 yılında Terzaghi tekrar Amerika'ya giderek Harvard Üniversitesi'nde ders vermeye başlar. Daha sonra da bir çok üniversite ve ülkeye davet edilir ve onursal doktorayla ödüllendirilir. Ne yazık ki Ekim 1963'de, çok istediği mühendislik jeolojisi kitabını bitirmeden yaşama veda eder. Gerideyse hem bir bilim dalı hem de dünyanın her tarafında yetiştirdiği öğrenciler bırakır.

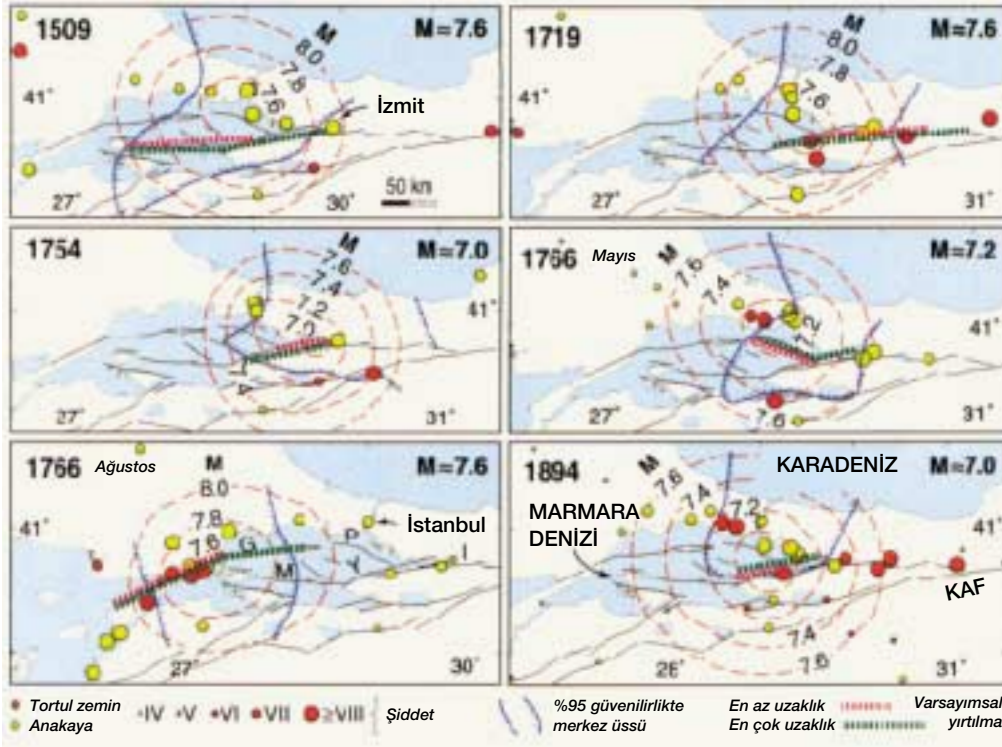
Abidin Kaya

Prof. Dr. Dokuz Eylül Üniversitesi  
Arkadaşım Alan Kropp'a "Karl Terzaghi:  
The Engineer as Artist" kitabını hediye etme  
inceliğini gösterdiği için kendisine teşekkür ederim.  
Prof. R. Goodman'e kitabını çevirmeme  
izin verdiği için de kendisine teşekkür ederim.

Kaynak  
Goodman, R. E., Karl Terzaghi: The Engineer as Artist, ASCE  
press, 1999







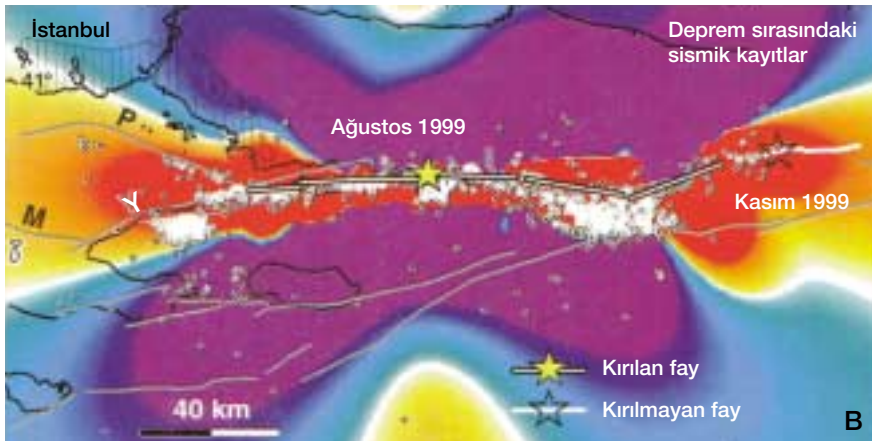
Şekil 2. 1500 yıldan bu yana meydana gelmiş depremler. Şiddetler (noktalar) Ambraseys ve Finkel ve Finkel ve Ambraseys tarafından çeşitli kaynaklardan söz eden tanımlamalara derledikleri çalışmalarından alınmıştır. Kesikli kırmızı çizgilerden oluşan konturlar, herhangi bir bölge için verilen gözlemlere uygun olması için depremlerin moment cinsinden büyüklüğünü (M) verir. Çünkü deprem merkezi, gözlem alanından ne kadar uzak olursa, M de buna uymak için o kadar büyük olur. Deprem yerlerinin belirlenmesindeki doğruluk payı bağlı şiddetlere bağlıdır. Depremin büyüklüğüne kesin şiddetlerin bir fonksiyonudur. M değeri, %95 doğruluk payıyla küçültülerek, depremler faylara atfedilmiştir (3, 4). Y Yalova, P Adalar, M Marmara ortası, I İzmit, G Ganos ve KAF ise Kuzey Anadolu faylarını gösteriyor.

yapılan deprem olasılık analizi, bu katalogun kendisinden daha iyi olamaz. Yapılan genel gözlemler, en son gerçekleşen depremden bu yana, geçen zamana bağlı olarak artan olası bir deprem tehlikesini, yani bir deprem tekrarlanma sürecini destekler. Bu biçimdeki bir yenilenme olasılığının hesaplanması için, her bir fay üzerinde oluşmuş birkaç büyük depremi gösteren ve depremlerin büyüklüklerini, benzer olayların oluşma aralıklarını ve her fay üzerindeki en son depremden bugüne geçen zamanı doğru bir biçimde belirleyebileceğimiz ideal bir kataloğa gereksinim vardır. Sayıları çok az olan bu kataloğlardan biri de Ambraseys ve

Finkel'in Marmara Denizi çevresinde, M. Ö. 1500'den bu yana meydana gelen depremlerin tanımlandığı, bir çok belgeden yararlanarak hazırladıkları bir tarihsel deprem kataloğudur (The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas, A Historical Review, 1500-1800). Bu katalogta, 200 depreme ait hasar tanımlarından yararlanılarak, Mercalli eş deprem şiddeti eğrileri (MMI) belirlenmiş ve değerlendirilmiş. Ardından ampirik azalım ilişkisinden yola çıkılarak, MMI'den bu depremlerin büyüklüklerinin ve merkezlerinin bulunması için Bakun ve Wentworth'un metodu kullanılmış. Bu bulgular, Marmara Denizi çevresinde olu-

şan, aletsel olarak kaydedilen ve MMI'si bilinen depremlerle (4) karşılaştırılıp yeniden yorumlanmıştır. Deprem yerlerindeki belirsizlikler tamamıyla MMI'deki tutarsızlıklar ve yetersizliklerden kaynaklanıyor.

Bu katalogta, Marmara Denizi ve civarında 1500 yılından bu yana meydana gelmiş ve şiddeti 7'den büyük 9 depremi içeriyor. Aletsel kayıt dönemi öncesinde (1900 yılı öncesi) oluşan 6 büyük depremin şiddeti, depremi meydana getirebilecek yeterli uzunluğa sahip faylar çevresinde (%95 doğruluk payı ile) en az olarak alınmıştır (Şekil 2). Deprem sonucu meydana gelen yeryüzü kırıklarının uzunluğu ve ortalama atım miktarları, kıtalardaki doğrultu atımlı faylar üzerinde meydana gelen depremlerin şiddetleriyle bu parametreler arasındaki ilişkiye bakılarak, elde edilen deneysel formüller kullanılarak hesaplandı. Marmara Denizi içindeki fayların karakterleri ve yerleri hakkında farklı görüşler bulunmakla birlikte, bu çalışmada Parke ve diğerlerinin sismik araştırmalardan elde ettiği sonuçlar dikkate alınmış; İstanbul'da şiddetli bir deprem oluşturmaya uygun 4 fay belirlenmiştir; Yalova, İzmit, Adalar ve orta Marmara fayları. İzmit'te meydana gelen iki depremden (1719, 1999), bu bölgede, yaklaşık her 280 yılda bir deprem olduğu sonucuna varılır. Yalova fayı üzerinde



Şekil 1B. Y işaretinin güney doğusundaki Yalova deprem kümeleri ve 12 Kasım 1999 Düzce depremleri gibi İzmit depreminin artçı sarsıntıları (depremden 12 gün sonra IZINET'den alınan verilerden), depremin neden olduğu gerilim artışı ile ilişkilidir. Y Yalova, P Adalar, M Marmara ortası ve I İzmit faylarını gösteriyor.



Şekil 3. 500 yıllık kataloga bağlı olarak yapılan Şekil 2'den elde edilen sismik kaymalar, Marmara Denizi ve yakınındaki Kuzey Anadolu Fay sistemine dik alınan dört kesitte özetlenmiştir. Büyükliğünün yaklaşık 7 ve üzerinde olduğu aletsel verilerle kesin bilinen ya da böyle olduğu hesaplanan bütün tarihsel depremler kullanılmıştır. Ortalama sismik enerji, açığa çıkma oranı GPS verilerinden elde edilen enerji birikimini dengelemektedir. Parantez içinde verilen depremlerin verilen kesitlere kadar uzanıp uzanmadığı tam olarak belli değildir (1766a Mayıs; 1766b Ağustos).

meydana gelen üç depremden (1509, 1719, 1894), deprem tekrarlanma süresinin burada yaklaşık 190 yıl olduğu ortaya çıkar. Adalar ve orta Marmara faylarındaysa, sırasıyla 1766 ve 1509 yıllarında birer deprem olduğu belirlenmiştir. Bu faylar için deprem tekrarlanma aralıkları, katalogdaki bu depremlere ait atım miktarlarının, GPS (Global Positioning System) verilerinden elde edilen kayma hızlarına bölünmesiyle elde edildi. Hesaplamalar Adalar fayı için yaklaşık 210 yıl, Marmara ortası fayı için yaklaşık 450 yıllık bir deprem tekrarlanma aralığını ortaya koyuyor. Buradan da, bu dört faydan en az ikisinin deprem tekrarlanma zamanının çok yaklaştığı sonucu ortaya çıkıyor.

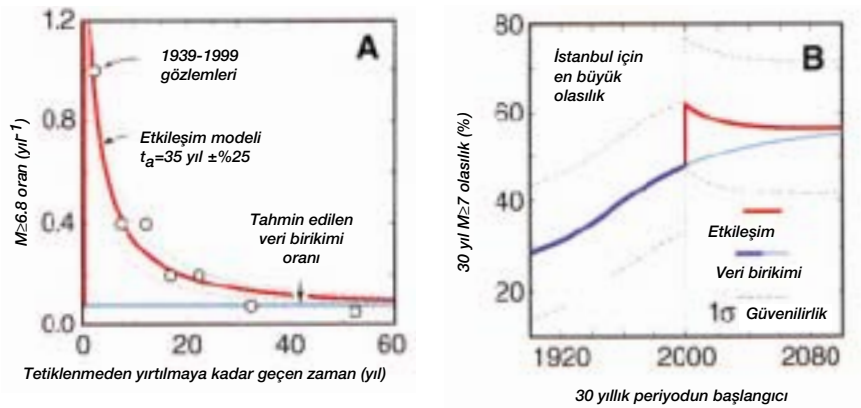
Katalogdaki depremlerin büyüklüklerini, yerlerini ve tekrarlanma sürelerinin doğruluğunu sınamanın yollarından biri, küçük büyük depremlerin bağıl bolluğunun, b değeri ( Gutenberg-Richter ilişkisi: Deprem magnitüdüyle deprem sayısı arasındaki bir fonksiyonun eğim değeri) ile karşılaştırılması, diğeriyse GPS'den elde edilen gerilim birikiminin, kataloglardan elde edilen sismik gerilim boşaltımıyla tutarlı olup olmadığının kontrol edilmesidir. Katalogdaki sıklık-büyüklik (frequency-Magnitude) ilişkisinden b değerinin, dünya ortalamasına yakın olarak, en büyük olasılıkla 1.1 olduğu hesaplandı. Faylar üzerinde sünümlü kaymanın (deprem oluşturmadan fayın sürekli kayması-aseismic creep) gözardı edilecek düzeyde olduğu kabul edilirse, yeterince uzun bir zaman boyunca, depremler tarafından açığa çıkartılan enerjinin, faylardaki yüklenme nedeniyle oluşan enerjiyi dengelemesi gerektiği ortaya çıkar. Marmara Denizi ve yakınındaki Kuzey Anadolu Fayı'nın katalogda hesaplanan kayma hızıyla

( $23.5 \pm 8$  mm/yıl) GPS verilerinden elde edilen kayma hızı ( $22 \pm 3$  mm/yıl) karşılaştırıldı (verilen bütün bu hassasiyetler bir standart sapmadır) (Şekil 3). b~1 değeri için, enerjinin büyük bir kısmı büyük depremlerce açığa çıkarılıyor. Bu nedenle, GPS ile katalogdaki deformasyon arasındaki tutarlılık, M~7.6 dan büyük üç depremin yerlerinin ve büyüklüklerinin mantıklı sınırlar içerisinde olduğu anlamına geliyor.

Son 500 yılda oluşan depremleri içeren bu katalogu sınamanın belki de en iyi yollarından biri, İstanbul'da MMI'nin yaklaşık VIII veya daha büyük olduğu bir sarsıntıyı oluşturabilecek potansiyele sahip olarak gördüğümüz üç fay için bulunan tekrarlanma zamanlarından, tahmin edilen, zamana bağlı olmayan Poisson olasılığının hesaplanmasıdır. Bu olasılık, her bir fay

üzerinde oluşan birkaç depremin ortalamasından elde edilen bir değerdir ve gelecekteki otuz yıl için  $\%29 \pm 15$  olarak hesaplanmıştır. Bu değer, İstanbul'da M.Ö. 447 ile M.S. 1508 tarihleri arasındaki bin yıllık dönemde MMI'nin yaklaşık VIII ya da daha büyük olduğu depremleri içeren katalogdan elde edilen Poisson olasılığıyla karşılaştırılabilir. Bu katalog, depremlerin yerleri hakkında kesin bir bilgi olmadan, Poisson hesaplamasında kullanılan uzun dönem tekrarlanma aralıklarını verir. M.Ö. 447 ile M.S. 1508 tarihleri arasında en azından 8 deprem İstanbul'da ciddi hasarlara yol açmıştı. Bu da, İstanbul'da önümüzdeki 30 sene içerisinde kuvvetli deprem olma olasılığının, katalogdan hesaplanan değere yakın olarak,  $\%20 \pm 10$  civarında olduğu anlamına gelir. Dolayısıyla son 500 yılda oluşan depremleri içeren katalogdan elde edilen deprem tekrarlanma süreleri, öteki kaynaklardan elde edilen sürelerle tutarlılık gösterir.

Üzerinde gerilimin arttığı fayların, gerilimi değişmemiş diğer faylardan daha önce kırılacağı göz önünde tutularak, deprem olasılık hesaplarına deprem tekrarlanması ve gerilim transferi de eklenmiştir. İstanbul'un 50 km yakınında olan üç faydan ikisinin deprem tekrarlama döneminin sonlarında olduğu kabul edildiğinden, yenilenme olasılığı Poisson olasılığından daha yüksektir. Ayrıca, gerilim transferinin



Şekil 4. A. Gerilim transferine olan geçici reaksiyon. Gelecekte oluşacak deprem merkezlerinde gerilimin  $\geq 0.5$  bar arttırıldığı, şiddetleri 6.8 ve daha büyük olan, Kuzey Anadolu Fayı'yla ilişkili 13 deprem, zamanın bir fonksiyonu olarak çizilmiştir. Deprem oranı, Dieterich tarafından ve kendi araştırmalarımızdan da tahmin edildiği üzere (5), artçı depremlere benzer biçimde zamanla ters orantılı olarak ( $t^{-1}$ ) azalma gösterir. B. İstanbul'da MMI~> VIII şiddetinde bir sarsıntıya neden olabilecek,  $M \geq 7$ 'den büyük bir depremin olma olasılığı, zamanın bir fonksiyonu olarak hesaplanmıştır. Üç fayın her biri için olan olasılıklar birbiriyle toplanmıştır (6). Büyük, ancak zamanla azalan olasılık artışı 17 Ağustos 1999 İzmit depremi neden olmuştur. "Veri birikimi" (Background) deprem yenilenmesinden kaynaklanan olasılığı işaret eder; "Etkileşim" (Interaction) ise gerilim transferini ve deprem yenilenmesini içerir. Açık mavi renkli çizgi, 17 Ağustos 1999 İzmit depreminin meydana gelmediği var sayılırsa bu durumdaki olasılığı vermektedir.



neden olduğu kalıcı gerilim artışı, zamanla azalan geçici gerilim artışı tarafından daha da artırılır. Bu geçici artış, hız ve konuma bağlı sürtünmenin bir etkisi sonucunda oluşur ve birbiri ardına olan depremler, deprem kümelenmesi ve artçı depremlerin oluşumu gibi doğal sismik olaylarda ve laboratuvar deneylerinde gözlemlenen davranışları tanımlar. Geçici azalmanın süresi, Kuzey Anadolu Fay kuşağında bir depremin oluşmasıyla, bunun diğerini tetikleme arasında geçen zamandan yararlanılarak hesaplanmıştır (Şekil 4.A). Hesaplamalarda kullanılan parametreler yaklaşık olarak belirlenmiştir. Belirsizliklerin boyutu hakkında bilgi sahibi olmak için Monte Carlo simülasyonundan yararlanılmıştır (6). Buradan elde edilen olasılık fonksiyonları (Şekil 4B), her bir fay üzerinde meydana gelen en son depremden bu yana geçen zaman arttıkça, sürekli bir artış gösterirken, Ağustos ayında ani bir sıçramayı ve sonrasında azalmayı da gösteriyor. İstanbul'da önümüzdeki 30 yıl içerisinde kuvvetli bir sarsıntının (MMI ~, > VIII; yer sarsıntısı ivmesi 0.34-0.65g) olma olasılığı % 62±15 olarak hesaplan-

Fay	30 Yıl (%)	10 Yıl (%)	1 Yıl (%)	Veri Birikimi	Etkileşim	Veri Birikimi
Yalova	33±21	22±18	14±11	7±7	1.7±1.7	0.8±0.8
Adalar	35±15	26±12	16±9	10±6	2.1±1.6	1.1±0.7
Marm. ort.	13±9	11±8	5±5	4±4	0.6±0.7	0.5±1.0
Toplam	62±15	49±15	32±12	20±9	4.4±2.4	2.3±1.5

**Tablo 1. Mayıs 2000 tarihinden itibaren İstanbul'un 50 km civarındaki faylarda meydana gelebilecek deprem olasılıkları. "Toplam" üç fay için verilen olasılıktır (45). Verilen hata payları 1 standard deviasyon değerindedir. "Veri birikimi" yenilenmeyi, "Etkileşim" ise yenilenme ve gerilim transferinin neden olduğu etkileşimi vermektedir.**

mıştır. Bu oran önümüzdeki 22 yıl için %50±13 iken, önümüzdeki 10 yıl için ise %32±12 olarak hesaplanmıştır (Tablo 1). Hesaplamalara gerilim yenilenmesinin katılması ortalama zaman olasılığını ikiye katlarken, etkileşimin katılması bu olasılığı 1.3 kat artırmaktadır.

Geçtiğimiz 1500 yıl boyunca İstanbul'da ciddi boyutta hasara yol açan 12 deprem ve 30 yıllık Poisson ve ortalama zaman olasılıklarından hesaplanan %15-25'lik değer, İstanbul'da gelecekte yaşanacak önemli bir yıkımı doğruluyor. İstanbul yakınlarındaki bu fayların deprem döngülerinin son döneminde olmaları (1894'den bu yana şiddetli bir depremin olmaması bunun bir göstergesidir) tekrarlanma olasılığını %49±15'e çıkarıyor. Hesaplamalar,

1999 İzmit depreminden sonra meydana gelen gerilim değişikliklerinin sismik aktiviteyi artırmasına neden olduğunu gösteriyor ve 7.2 büyüklüğündeki Düzce depreminin ve Yalova yakınlarında birçok artçı depremin meydana gelmesi de bunu doğruluyor. Yapılan bu hesaplamalar, 1999 İzmit depreminin, Marmara denizi altındaki faylar üzerindeki gerilmeyi aynı biçimde artırdığını ortaya koyuyor. Bu da etkileşime dayalı olasılık değerinin daha da yukarılara, %62±15'e çıkmasına neden oluyor.

Tom Parsons<sup>1</sup>, Shinji Toda<sup>2</sup>, Ross Stein<sup>1</sup>, Aykut Barka<sup>3</sup>, James H. Dieterich<sup>1</sup>

<sup>1</sup>US Geological Survey, <sup>2</sup>Earthquake Research Institute, University Tokyo,

<sup>3</sup>Istanbul Technical University

N. Ambraseys, T. Wright, E. Fielding, A. Ito, J. Parke, and C. Finkel'e görüşlerini ve ön sonuçlarını bizimle paylaştıkları için, W. Bakun'e bilgisayar yazılımı ve bu makaleyi gözden geçirdiği için ve J. C. Savage, and W. Thatcher, C. Straub, and S. Kriesch'e makaleyi gözden geçirdikleri için teşekkür ederiz. Desteklerinden dolayı SwissRe'ye ayrıca teşekkür ederiz.

#### Dipnotlar:

1. Coulomb kırılma gerilmesi ( $\Delta C F = \Delta \tau + \mu (\Delta \sigma)$ ,  $\mu = (1 - B) / B$ ) olarak hesaplanır. Burada  $\Delta \tau$ , gerilimdeki değişiklik,  $\mu$  sürtünme katsayısı,  $\Delta \sigma$  normal gerilimdeki değişiklik ve  $B$  Skempton katsayısıdır. Gerilme değerleri yanı sıra uzayda oluşan varsayılan bir elastik yer değiştirme modelinden bulunmuştur. Viskoelastik etkiler hesaba katılmadı. İzmit depremi için InSAR'dan (radar uydusu interferometrisi) elde edilmiş bir kayma modeli kullanılmıştır; diğer depremlere ait kayma modelleri Nalbant ve diğerlerinden ve Stein ve diğerlerinden alınmıştır. Toplam atımı büyük olan diğer doğrultu atımlı faylarda tespit edildiği gibi, sürtünme katsayısı 0.2 olarak alınmıştır. Kırılmaya müsait bir konumda, sağ yönlü doğrultu atımlı fayların D-B yönünde uzandığı, K55-B yönünde sıkışan, 100 bar'lık bir deviatorik tektonik gerilim kullanılmıştır.

2. İki tür ihtimal dağılımı kullanılmıştır.  $\mu$  ve  $\alpha$ 'nın sırasıyla ortalama tekrarlanma zamanı ve değişken katsayısını gösterdiği ve  $(\mu / 2\pi\alpha^2 r) \exp(-(t - \mu)^2 / (2\pi\alpha^2 r))$  şeklinde tanımlanan Matthews'un Brownian geçiş zaman fonksiyonlarıdır. Ayrıca, zamana bağımlı hesaplamalar için lognormal dağılım metodu kullanılmıştır. Hiç bir katalog, tekrarlanma süresinin değişken katsayısını hesaplamak için yeterli olamamaktadır ve bu nedenle 0.5 gibi makul bir değer alınmıştır.

3. di'nin deprem merkezi ile deprem eş şiddet eğrileri (MMI) arasındaki mesafeyi gösterdiği  $M = (MMI + 3.29 + 0.0206di) / 1.68$

formulası, hem aletsel gözlemlerin, hem de şiddet zonlanmasa gözlemlerinin yapıldığı, Kaliforniya'da meydana gelmiş 30 depremden elde edilmiştir. Bu ilişkideki RMS turatılığı, 5X5 km aralıklı gridler halinde rastgele alanlarda hesaplanmıştır. MMI'nin VI'den küçük olduğunu gösteren raporlar hesaba katılmamıştır. MMI'nin VIII'den büyük olduğunu gösteren gözlemler VIII olarak alınmıştır. Çünkü VIII'den büyük sarsıntılardan emin olmak için binalardaki hasarların dışında diğer bazı gözlemler gerekmektedir. Ayrıca çok dayanaksız bir şekilde inşa edilmiş yapılar için MMI=VIII olabilir.

4. 1912 Ms=7.4 Saros-Marmara (360 intensiti), 1963 Ms=6.4 Yalova (11 intensiti) ve 1999 Ms=7.4 (185 intensiti) İzmit depremlerinin şiddet dağılımları kalibre edilmiştir. Deprem merkezleri ve büyüklüklerindeki hata payını hesaplamak için 1912 ve 1999 depremleri için rastgele 50 ve 25 (tarihsel depremler için ortalama bir değer) intensiti değeri seçilmiştir. Buradan, deprem merkezlerinin, %5 bir hata payıyla, ±50 km çaplı bir alan içinde sınırlandırıldığı, bulunan deprem büyüklüklerinin ise ±0.3 bir hata payına sahip olduğu hesap-

lanmıştır. Lokasyon düzeltmesi yapılmamıştır. Çünkü deprem merkezlerinin çoğunlukla sedimenter alanlarda olduğunu gösteren her hangi bir belirtiye rastlanmamıştır. Ayrıca, bu tür düzeltmelerin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi, ayrıntılı jeolojinin bilinmesi ile mümkündür.

5. Gerilim değişmesinden sonra beklenen bir deprem oranında  $R(t) = r / [\exp(-\Delta t / \alpha) - 1] \exp(-t / \alpha) + 1$  geçici gerilim değişimi, değişken Poisson işlemleri  $P(r, \Delta t) = 1 - \exp(-J(r, \Delta t) / \alpha)$  yoluyla,  $\Delta t$  zaman aralığı boyunca verilen bir büyüklükte bir depremin meydana gelme olasılığı ile alakalı olabilir. Burada  $r$  background sismisite oranı,  $\Delta t$  Coulomb gerilim değişimi,  $\alpha$  state/rate aslı parametresi,  $\sigma$  toplam normal gerilme,  $t$  zaman ve  $r_0$  geçici azalma süresidir. Geçici olasılık değişimi kalıcı değişiklik üzerine eklenir. Bu durum, gerilimdeki değişikliğin sebep olduğu, beklenen bir depreme kadar geçen süredeki gecikme veya hızlanmadan kaynaklanmaktadır. Beklenen deprem sayısını  $N(t)$  zaman aralığı  $\Delta t$  ile entegre edersek

$N(t) = r_0 \int_0^t \Delta t \exp(-\ln(1 + [\exp(-\Delta t / \alpha) - 1] \exp(-t / \alpha)) / \alpha) dt$  olur. Burada  $r_0$  kalıcı olasılık değişikliği ile ilgili olan, beklenen deprem oranıdır. Bu oran  $r_0 = (-1/\Delta t) \ln(1 - P)$  olarak tanımlanan sabit Poisson olasılığı denkleminde elde edilir. Burada  $P$  şartlı olasılık olup, herhangi bir dağılım kullanılarak elde edilebilir. Tekrarlanma aralığı ve bir deprem sonrası geçen zamana ilaveten, bu teknikte her bir fay üzerindeki gerilim değişiminin (burada her fay yüzeyi üzerine düşen ortalama olarak hesaplanmış gerilim değişmesi kullanılmaktadır), geçici gerilim azalmasının (Stein ve diğerlerindeki verilerden yararlanılarak yapılan Şekil 4A) ve gözlemlenen deformasyon oranından (0.1 bar/yıl) ve fay geometrisinden elde edilen, her bir fay üzerindeki gerilim hızı değerinin bilinmesi gerekmektedir. Hata miktarının sınırlarını tespit etmek için 1000 Monte Carlo araştırması yapılmıştır. Bu Monte Carlo simülasyonlarında kullanılan parametrelerden dört tanesi, 0.5 biçim faktörüne sahip deprem tekrarlanma zamanı hariç, her araştırmada 0.25 biçim faktörüne sahip bir normal dağılımdan rastgele çekilmiştir. Sırasıyla yapılan Monte Carlo araştırmaları Brownian geçiş zamanı ve lognormal dağılımı yapılmıştır.

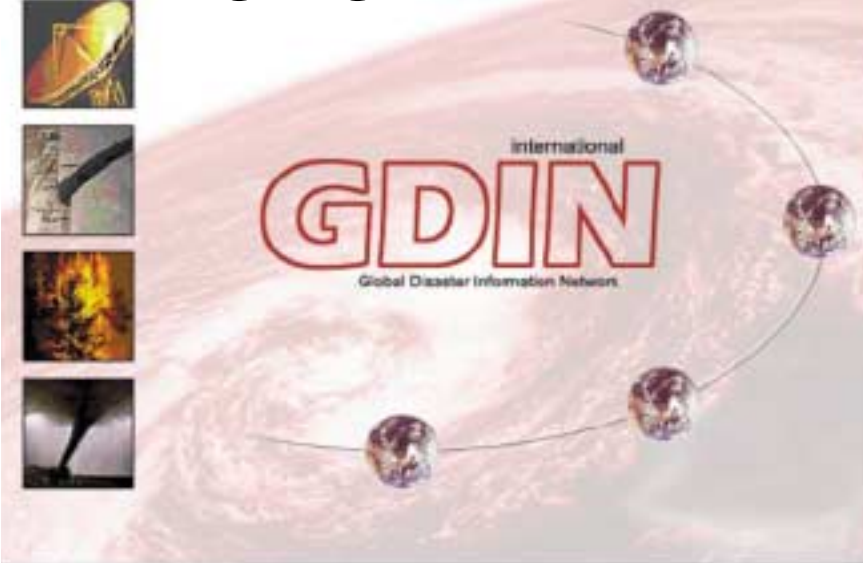
6. a-c fayları için birleştirilmiş olasılık formülasyonu  $P = 1 - (1 - P_a)(1 - P_b)(1 - P_c)$ , deprem tehlikesi için bağımsız bir kaynağın varlığını kabul eder. Çünkü gelecekte olacak etkileşimleri ve de yakın zamanda oluşan depremler dışında, geçmişte meydana gelmiş bütün depremler sonucu oluşan etkileşimleri hesaplamaya dahil edemeyiz.

#### Kaynaklar

- A. A. Barka, Bull. Seismol. Soc. Am. 86, 1238  
A. Ito, et al, Precise Distribution of Aftershocks of the Izmit Earthquake of August 17, 1999, Turkey, Eos Trans. 80, F662  
C. F. Finkel, N. N. Ambraseys, The Marmara Sea earthquake of 10 July 1894 and its effect on historic buildings, Anatolia Moderna Yeni Anadolu VII (Bibliothèque de l'Institut Français d'Etudes Anatoliennes-Georges Dumézil, Paris, 1996), vol. 43.  
C. Straub, H.-G. Kahle, C. Schindler, J. Geophys. Res. 102, 27,587  
C. Gürbüz, et al, Tectonophysics in press  
D. L. Wells, K. J. Coppersmith, Bull. Seismol. Soc. Amer. 84, 974  
The most recent event for the Yalova segment is 1894; İzmit segment, 1999;7; Ganos fault, 1912;7; Prince's Islands fault, 1766;7; Central Marmara fault, 1509.8  
D. J. Wald, V. Quitoriano, T. H. Heaton, H. Kanamori, Earthquake Spectra 15, 557  
G. C. P. King, R. S. Stein, J. Lin, Bull. Seismol. Soc. Amer. 84, 935  
Hubert-Ferrari et al, Nature 404, 269  
I. Ketin, Bull. Min. Res. Explor. Inst. Turkey 72, 1  
J. C. Savage, Bull. Seismol. Soc. Am. 81, 862 (1991).  
J. Dieterich, J. Geophys. Res. 99, 2601  
J. H. Dieterich, B. Kilgore, Proc. Nat. Acad. of Sci. USA 93, 3787  
J. R. Parke, et al, Terra Nova, in press.  
K. Aki, Bull. Earthquake Res. Ins. 43, 237  
M. N. Toksöz, A. F. Shakal, and A. J. Michael, Pageoph 117, 1258  
M. V. Matthews, J. Geophys. Res. in press.  
Nalbant, S. S., A. Hubert, G. C. P. King, J. Geophys. Res. 103, 24469  
N. N. Ambraseys, C. F. Finkel, Terra Nova 3, 527  
N. N. Ambraseys, C. F. Finkel, Terra Nova 2, 167  
N. N. Ambraseys, C. F. Finkel, The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas: A historical review, 1500-1800 (Muhiittin Salih Eren, İstanbul).  
N. N. Ambraseys, C. F. Finkel, Annales Geophysicae 5B, 701  
N. N. Ambraseys, Earthqu. Engin. and Structural Dynamics 17, 1  
P. A. Reasenberg, R. W. Simpson, Science 255, 1687  
R. A. Harris, J. Geophys. Res. 103, 24,347  
R. S. Stein, A. A. Barka, J. H. Dieterich, Geophys. J. Int. 128, 594  
R. S. Stein, Nature 402, 605  
S. G. Westnousky, Bull. Seismol. Soc. Amer. 89, 1131  
Includes earthquakes in 1509, 1556, 1719, 1754, 1766, 1855, 1857, 1863, 1877, 1894, 1953, and 1964 from (12-14) and (35).  
S. Toda, R. S. Stein, P. A. Reasenberg, J. H. Dieterich, J. Geophys. Res. 103, 24,543  
T. J. Wright, P. C. England, E. J. Fielding, M. Haynes, B. E. Parsons, Eos Trans. 80, F671  
T. Parsons, R. S. Stein, R. W. Simpson, P. A. Reasenberg, J. Geophys. Res. 104, 20,183  
W. H. Bakun, C. M. Wentworth, Bull. Seismol. Soc. Amer. 85, 379-439  
Working Group Calif. Earthquake Probabilities, Seismic hazards in southern California: Probable earthquakes, 1994-2014, Bull. Seismol. Soc. Amer. 85, 379-439  
Working Group Calif. Earthquake Probabilities, U.S. Geol. Surv. Circular 1053  
Working Group Calif. Earthquake Probabilities, U.S. Geol. Surv. Open File Rep. 99-517  
Y. Ogata, Bull. Seismol. Soc. Am. 82, 1018  
Y. Ogata, J. Geophys. Res. 104, 17995



## Afet Bilgi Ağı Konferansı 2000



Afetlerle mücadelede, zamanında verilmiş her doğru kararın yaşamsal önemi vardır. Doğru bir karar için doğru bilginin, doğru kişilere, en kısa ve en güvenilir yoldan ulaştırılması gereklidir. Son konferansı geçtiğimiz günlerde Ankara'da gerçekleştirilen Küresel Afet Bilgi Ağı (GDIN) da böylesi bir yaklaşımı benimseyerek, gelişmiş bir iletişim teknolojisini afet yönetiminde kullanmayı hedefleyen uluslararası yeni bir girişim. Henüz kurumsallaşma aşamasındaki bu girişim için, Ankara 2000 konferansının ayrı bir önemi vardı.

# Afet Yönetimi Küreselleşiyor

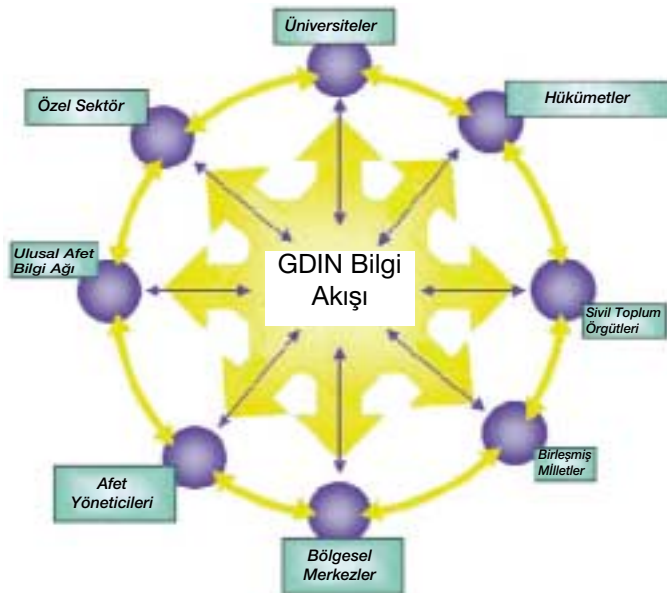
Dünyada her yıl yaklaşık 140 bin kişi doğal ve teknolojik afetler nedeniyle yaşamını yitiriyor, 140 milyondan fazla insan da evsiz kalıyor. Can kayıplarının % 96'sı gelişmekte olan ülkelerde gözleniyor. Bu durumun parasal karşılığıysa yaklaşık 440 milyar dolar. Afet zararlarının en aza indirilmesine yönelik çalışmalar, her ülkenin kurumsal yapısı içinde bir ya da birkaç birimce yürütülürken, pek çok uluslararası örgüt ya da kuruluş da bu çalışmaları destekliyor. İşte bu uluslararası çabalardan biri de kısa adı GDIN olan Küresel Afet Bilgi Ağı (Global Disaster Information Network). Daha üç yıllık bir geçmişi olan GDIN'ın temel ilkesini; afetlerle mücadelede gerekli bilginin doğru kişilere, en güvenli yoldan ve en kısa sürede ulaşması gerekliliği oluşturuyor.

İletişim teknolojisi büyük bir hızla ilerliyor çağı-

mızda. Bu alandaki teknolojinin ve bilgi birikiminin ticaretten sanata kadar pek çok farklı alandaki uygulamalarına her geçen gün yenileri ekleniyor. İşte bunlardan biri olarak da değerlendirebileceğimiz Küresel Afet Bilgi Ağı'ysa, uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları gibi uzaktan algılama teknolojisinin ürünlerini, internet teknolojisiyle bir-

leştirerek, afet zararlarının azaltılmasında kullanmayı amaçlıyor.

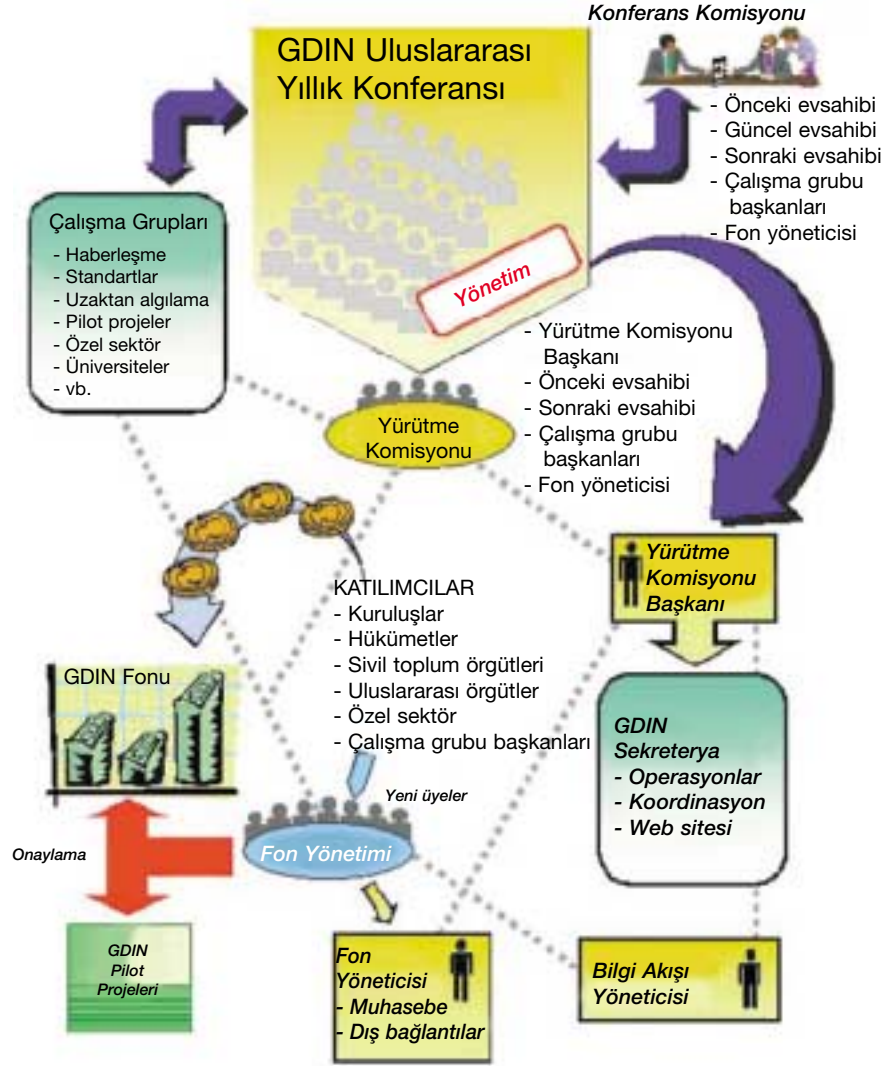
Herhangi bir afet sırasında, afetin boyutları hakkında doğru ve zamanında alınmış bir bilginin, afet zararlarını büyük ölçüde azalttığı göz önüne alındığında, dünya ölçeğinde kurulacak böylesi bir bilgi ağının çok büyük yararları olacağı yadsınamaz. Sözelimi yaşadığımız son depremlerden sonra, karşı karşıya kalınan afetin boyutlarıyla ilgili, ilk birkaç gün kesin bir fikir edinilememişti. Birkaç dakikanın bile yaşamsal öneme sahip olduğu böylesi bir durumda, afetin boyutlarıyla ilgili, zamanında ulaşılmış güvenilir bilginin değeri kuşkusuz ölçülebilecek bir şey değildir. GDIN, özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki uzaktan algılama teknolojilerinin ve bu teknolojinin ürünlerinin, bilgi ağına üye ülkelerle paylaşı-



masını öngörüyor. Dünyanın %97'sinde internetin hiç kullanılmadığı ya da çok az kullanıldığı düşünüldüğünde, özellikle gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkeler için GDIN'in büyük yarar sağlayabileceği su götürmez bir gerçek. Kuşkusuz bu, uluslararası güvenlik sorunları bir yana, farklı ülkelerdeki benzer teknolojilerin birbirleriyle uyum sorunlarının da çözülmesini gerektiriyor.

Çeşitli yöntemlerle, pek çok ülkeden toplanan bilgilerle oluşturulacak büyük bir bilgi veri bankası içinse, derlenen verileri işleyerek anlamlı bilgiler haline getirecek ve buna da kolay ulaşılmasını ya da gereksinim duyulan yere kolay ve çabuk bir biçimde ulaşmasını sağlayacak bir veri işlem ve servis sağlama merkezinin ya da merkezlerinin kurulması da GDIN'in temel gereksinimleri arasında. Her düzeyde yönetimler, sivil toplum örgütleri, sanayi kuruluşları, yükseköğretim kurumları, özel sektör, kamu kurumları ve araştırma kurumları ya da kuruluşlarının Afet Bilgi Ağı içinde yer alabiliyor olması, GDIN'in çok geniş bir tabana yayılabilmesini sağlıyor.

Oluşumunu henüz tamamlamamış olmasına karşın GDIN'in bünyesinde yürütülen bazı pilot projeler de bulunuyor. Bunlardan biri REMAPS (Relief Emergency Mapping System) kısa adıyla bilinen Acil Yardım Haritalama Sistemi. Birleşmiş Milletler örgütüne bağlı İnsani Yardımlar Bölümü'nün önerisiyle ikinci ReliefWeb konferansı sırasında gündeme gelen ve Amerika Birleşik Devletleri'nde geliştirilen ve yürütülen bir haritalama yazılımı, REMAPS. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (GIS) büyük ölçüde kullanıldığı proje, henüz geliştirilme aşamasında. Bir



GDIN'in tasarlanan organizasyon şeması.

başka projeyse GDIN etkinliklerinin tümünün üzerinde gerçekleşeceği bilgi veri tabanının oluşturulmaya çalışıldığı bir çekirdek veri tabanı projesi. Sudan'da birkaç uluslararası örgütlerle birlikte yürütülen Güney Sudan Projesi ise iç savaştan sonra zarar gören haberleşme ağını onarmaya ve mayın-

lar ya da patlamamış bombalar gibi savaş artıklarını belirlemeye yönelik olarak hazırlanmış. Peacewing adlı bir başka projeyse, atmosferin üst katmanlarına kadar çıkabilecek ve yüksek çözünürlükte hava fotoğrafı çekebilecek, uzaktan kumanda edilebilen araçların tasarlanmasını hedefliyor. NASA'yla birlikte yürütülen bu projede daha ucuza, yaşamsal ve çevresel hiçbir risk alınmadan veri üretilmesi planlanıyor.

Henüz kurumsallaşma aşamasındaki GDIN'in oluşumu uluslararası gündeme, 1997 yılında ABD Dışişleri Bakanlığı'nın girişimiyle gelmişti. Ülkemizin de içinde bulunduğu bazı ülkelerin ilgi ve desteği sonucunda, afetlerle mücadelede uluslararası boyutta bilgi paylaşımı olanaklarının tartışılacağı bir konferansın toplanmasına karar verilmiş, Temmuz 1998'de yapılan Washington Konferansı'yla, GDIN gi-



GDIN'in pilot projelerinden biri olan REMAPS, ABD'de gerçekleştirilen ve afetler sırasında kullanılması planlanan sorgulama bir harita yazılımı (sol üst). Peacewing projesinde de hava fotoğrafı çekebilecek uzaktan kumandalı araçların yapımı için çalışılıyor.



rişiminin uluslararası boyutta resmi bir kimlik kazanması sağlanmıştı. Öncelikle, Birleşmiş Milletler örgütünün afetler ve insani yardımlar konusunda çalışan bölümleriyle yakın bir iletişim kurulmuştu. Afetlere müdahalede özellikle uydular aracılığıyla daha ayrıntılı bilgi toplanması ve gelişmiş veri işlem teknikleriyle elde edilen bilgilerin kullanılması benimsenmişti.

Mayıs 1999'da Meksika'da yapılan ikinci konferanstaysa, GDIN girişimine katılan ülke sayısı artarken, ulusla-

rarası örgütler, özel sektörden temsilciler ve hükümet dışı kuruluşlar (sivil toplum örgütleri vb.) da yer almıştı. Ülke sayısı artmasına karşın, katılım daha çok Amerika kıtasıyla sınırlıydı. Avrupa ve Asya'dan az sayıda ülke temsil edilmişti. Bu toplantıda yapılan sunumlarla afetlerle mücadelede bugün kullanılan ya da yakın gelecekte kullanılması planlanan bilgi sistemleri üzerinde konuşulmuştu. Çalışma grupları oluşturularak, bir sonraki konferansta GDIN girişiminin yakın bir

gelecekte kurumsallaşması için çalışma yapılması ve ortak kabul görececek bir taslak metin hazırlanması benimsenmişti.

Afet Bilgi Ağı'nın bu yılki konferansıysa geçtiğimiz günlerde Ankara'da gerçekleştirildi. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü'yle Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Afet Yönetimi ve Uygulamaları Merkezi'nin ortaklaşa düzenledikleri bu üçüncü konferans, GDIN'in kurumsallaşması yolunda çok önemli bir adım niteliğindeydi. Konferansta, GDIN girişiminin bundan böyle nasıl bir kurumsal yapılanmaya sahip olacağı konusunda, genel çizgileriyle bir görüş birliğine varıldı. Yaklaşık kırk ülkeden iki yüzün üzerinde temsilcinin yer aldığı konferansın belkide en önemli sonucu, katılımcı ülkelerin fikir birliğine vardıkları Ankara Deklarasyonu'ydu. Sonuç bildirgesi niteliği taşıyan bu deklarasyonla afetlerle mücadelede kullanılacak ileri teknolojilerin belirli standartlar ve düzenlemelerle uluslararası kullanıma açılmasının esasları, ilkesel olarak belirlendi. Uzaktan algılama teknikleriyle elde edilerek işlenen uydu görüntüleri ve coğrafi bilgi sistemiyle değerlendirilen veri tabanları yardımıyla, afetlerin meydana getireceği zararların hızla belirlenmesi ve azaltılması planlanıyor. Bu amaçla her ülkenin kendi afet bilgi sistemleriyle temel veri tabanlarını öncelikle oluşturup, bir afetle karşılaştıklarında, GDIN kanalıyla gelecek görüntü ya da değerlendirmeleri kullanmaya uygun düzenlemeleri yaratmaları gerekiyor. Afetlerle etkili bir mücadelenin ancak, bu ileri teknolojinin yerel yönetimlere, bağımsız kurumlara, kuruluşlara ve sade vatandaşlara kadar ulaştırılması halinde mümkün olabileceği, konferansın temel yaklaşımlarından birini oluşturuyordu.

26 Nisan 2000 çarşamba günü, ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi'nde başlayan konferansta, üç gün boyunca teknik sunumlar, teknolojik gösterimler ve bir sergi yeraldı. Konferans sonrasındaysa, geçen yıl meydana gelen iki yıkıcı depremle büyük hasar ve can kaybına uğrayan Düzce ile Kaynaşlı'ya teknik bir inceleme gezisi düzenlendi.

*Yardımlarından dolayı Polat Gülkan ve Hüseyin Güler'e teşekkür ederiz*  
Murat Dirican

## ODTÜ Deprem Sempozyumu

ODTÜ Afet Yönetimi ve Uygulamaları Merkezi ve ODTÜ Araştırmalar Koordinatörlüğü'nce düzenlenen sempozyum, 27 Mart 2000 tarihinde, Ankara'da gerçekleştirildi. Sempozyumda toplam altı bildiri sunuldu. İlki Afete Hazırlık Değerlendirmesi ve Planlama: Yerel Yönetim ve Toplamların Güçlendirilmesi adını taşıyordu. ODTÜ Afet Yönetimi ve Uygulamaları Merkezi'nden Prof. Dr. Polat Gülkan ve Prof. Dr. Murat Balamir'in hazırladığı bildiride, 17 Ağustos ve 12 Kasım'da yıkıma uğramış alanların yeniden normal yaşama döndürülme projelerinin geliştirilmekte olduğu bugünlerde, aynı sistem üzerinde bulunan ve henüz önemli bir zarar görmemiş olan; buna karşın, önemli deprem tehlikesi altında bulunan yerleşmelerde, olası bir depremin verebileceği zararları azaltmak için yapılabileceklerin belirlenmesi ve uygulanması üzerinde duruluyordu. Bu amaçla Gerede örneği üzerinde; var olan risklerin ve hazırlık durumunun belirlenmesi; genel yerleşme, yapı ve altyapı dayanıklılığının irdelenmesi ele alınmıştı. Ayrıca, imar planında ve yapı stokunda alınması gereken önlemlerin saptanması; Halkın, yerel yönetim ve kurumların afete hazırlıklarının belirlenmesi ve yönetim, kurumlar, hanehalkları ve bireylerin hazırlık programlarının kapsam ve araçlarının geliştirilmesi konuları tartışılıyordu.

ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü'nce hazırlanan ve Prof. Dr. Ülkü Yetiş'in sunduğu bildiriyse Deprem Bölgesinde Tehlikeli Kimyasal Depolayan Tesislerde Ortaya Çıkan Çevresel Sorunların Tespiti adını taşıyordu. Aslında bu bildiri, ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, ODTÜ Rektörlüğü ve Çevre Bakanlığı'nın birlikte gerçekleştirdikleri bir araştırma projesinin sonuç bildirisi niteliğindeydi. Araştırma kapsamında deprem nedeniyle çevre sorunu yaşamış olabilecek 37 kimyasal tesis belirlenmiş ve sözkonusu tesislerle yazışmalar sonucu ancak beşinden yanıt alınabilmiş. Bu tesislerden yalnızca AKSA Akriklik Tesisleri'nde çevresel kirlenme sorunların yaşandığı belirlenerek, sorunun çözümüne yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiş.

17 Ağustos 1999 Gölcük-Arifiye Depremleri Sonrası Sakarya İli ve Ona Bağlı Yerleşmeler için Yeni Yerleşim Alanları Ara-

tırma Raporu adını taşıyan bildiriyse TÜBİTAK, ODTÜ ve MTA'nın (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü) işbirliğiyle gerçekleştirilen bir araştırmanın sunumuydu. Bildiride, Sakarya ili ve ona bağlı büyük yerleşmeler için sürekli yerleşim alanı seçimine yönelik yerbilimsel araştırmaların sonucunda yeni yerleşim alanı önerileri getiriliyordu.

Sempozyumda sunulan bir başka bildiri de Prof. Dr. Çağlar Güven'in sunduğu, Körfez Depremi Rehabilitasyon, Acil Müdahale Sistemi ve Yeniden Yapılanma Çalışmaları Önprojesi'ydi. Bildiride, 17 Ağustos depremi sonrasında ortaya çıkan olumsuz koşulların üstesinden gelinebilmesi ve benzer afetlere daha iyi hazırlanabilmesi için, afetlerin yol açtığı süreçlerin hem kendi aralarında hem de toplumsal süreçlerle karşılıklı etkileşen sistemli bir bütün oluşturduklarının iyi anlaşılması gerektiği savunuluyordu. Sorunun çözümüne yönelik olarak da yöneylem araştırması ve sistem düşüncesinin önerdiği bütünlük yaklaşımlardan yararlanmak gerektiği, başka bir deyişle afet sorunlarını parça parça ele alan yöntemlerle çözüme ulaşılamayacağı belirtiliyordu.

Yapılan pek çok araştırma, deprem gibi doğal afetlerin çocuk ve yetişkinleri psikolojik açıdan derinden etkilediğini ortaya koyuyor. Dolayısıyla afet yönetimi kavramı içinde psikolojinin önemli bir yeri olduğunu söylemek yanlış olmaz. Depremzedelerin Psikolojik Sorunları ve Bunlarla İlişkili Değişkenler adlı bildiride de insanların travma yani afet sonrası geliştirdikleri tepkileri hangi etkenlerin belirlediğinin, risk gruplarının saptanarak koruyucu sağlık hizmetlerinin düzenlenmesi açısından büyük önem taşıdığı söyleniyordu. Bu doğrultuda ODTÜ Psikoloji Bölümü öğrencilerinden oluşturulan bir ekibin Adapazarı ve Gölcük'te gerçekleştirdikleri proje de örnek olarak sunuldu. ODTÜ Eğitim Bilimleri Bölümü'nce gerçekleştirilen Adapazarı Öğretmen - Veli Destek Projesi de sempozyumda sunulan bildiriler arasındaydı. Adapazarı'ndaki üç ilköğretim okulunda gerçekleştirilen proje, öğretmenler, öğrenciler ve veliler olmak üzere üç ayrı grup üzerinde gerçekleştirilmişti.

Sempozyumun son bildirisi ODTÜ-Baraka Kent Projesi'ni özetliyordu. ODTÜ Mezunlar Derneği İstanbul Şubesi ve Eymir Kültür Vakfı'nın ortaklaşa yaptığı çalışmada Değirmendere ve İzmit'teki toplam 57 dönümlük alanda 410 geçici konutun sosyal tesisleriyle birlikte gerçekleştirildiği belirtildi.





# Uygarlığın Doğduğu Dönem Neolitik Çağ

*Doğanın uyanışının doruk noktası mayıs ayı. Ekinlerin yeşermeye başladığı, hayvanların doğurduğu, ağaçların çiçeğe durduğu bir ay mayıs. İnsanoğlu çok eskiden beri baharın gelmesini ve toprağın canlanmasını kutluyor. Kutlamaların kökeni çok eskilere, MÖ sekiz bin yıllarında yaşanan neolitik çağa kadar uzanıyor. Tarımın bulunduğu bu dönemde baharın gelmesi ve verimli bir mevsim geçirmek çok önemliydi. Toprakla özdeşleşen ana tanrıça inancı da bu dönemde ortaya çıkmıştı. Günümüzde bile bu inanın izlerini görmek olası. İçerdiği anlam zaman zaman değişse de hidrellez ya da nevrüz gibi törenlerde insanlar doğanın uyanışını kutluyorlar hâlâ. Doğanın uyanışı bize şimdi çoktan unutulmuş bir çağı, insanlığın uyanışı olan neolitik çağı anımsatıyor.*

**G**ÜNDELİK yaşamımızda neler yaptığımıza dikkat ediyor muyuz? Sabahları uyanıyor, evlerimizden çıkıp işe gidiyoruz. Çalışmamızın sonucu elimize geçen parayla dükkânlardan alışveriş yapıyor, gereksinimlerimizi karşılıyoruz. Gereksinim duyduğumuz her şeyi alışveriş yoluyla edinebiliriz. Bu söylediklerimiz oldukça sıradan, yaşamımızın basit ayrıntıları sanılıyor bugün. Bu tarz bir yaşam, bize binlerce yıl önce neolitik çağda yaşayan atalarımızdan miras kaldı. Çünkü o güne değin yaşadığından çok daha farklı bir dünya kurmaktaydı insanoğlu.

Bütün canlıların doğadaki en temel gereksinimi besindir kuşkusuz. Hayvanlar besinlerini avlayarak ya da buldukları bitkileri yiyerek sağlarlar. İnsansa yiyeceğinin büyük bir bölümünü kendi üretir. Bu üretim elbette ki birdenbire ortaya çıkmadı. İnsanın kendi yiyeceğini üretmesi binlerce yıllık bir sürecin sonunda gerçekleşti. Günümüzden bir-iki milyon yıl önce

yeryüzünde beliren insanın tarıma başlaması ve üretici duruma gelmesi ancak on bin yıl önce oldu. Bu dönüm noktasına kadar yaşanan dönem ikiye ayrılıyordu: Avcılık-toplayıcılık dönemi ve uzman avcılık-balıkçılık dönemi. eski taş çağı olarak da adlandırılan paleolitik dönemde insanın hayatta kalmasının tek yolu avcı-toplayıcı bir yaşam tarzı sürdürmektir. Aslında atalarımızın başka türlü bir yaşam sürmek için fazla şansları olduğu da söylenemez elbette. Binlerce yıl boyunca art arda gelen buzul dönemleri farklı bir yaşama olanak vermiyordu.

Buzul çağlarının sona ermesinin ardından dünyadaki tüm canlılarda olduğu gibi insanlarda da büyük gelişme ve değişimler olmaya başlamıştı.

*Paleolitik çağda yaşamını avlanarak sürdüren insan neolitik çağda tarımı keşfedecekti.*



İnsan, çevresine aklını kullanarak uyum sağlıyordu. Diğer canlılardan farklı olarak, çevresini de kendine uydurma çabası içine girmişti. İlk köy topluluklarının görülmeye başladığı neolitik çağ, günümüzün temellerinin atıldığı bir dönem olmuştu. Yaklaşık MÖ 8500-5000 yıllarını kapsayan bu dönemde, her şeyden önce besin kaynaklarını denetim altına almaya, bazı bölgelerde de yiyeceğini kendi üretmeye başlamıştı insan. Böylece doğa ile insan arasındaki ilişkilerin değiştiği, bir anlamda yeniden tanımlandığı bir çağ oldu.

## Yerleşik Yaşamın Getirdikleri

Bu değişim sürecinin ilk adımı, artık kalıcı yerleşmeler kurmaya başlayan insanın geçici kulübelere kalıcı, dayanıklı konutların yapımına geçmesi sayılabilir. Böylece ilk mimari yapıların ortaya çıktığı görülüyor. İkinci adım da, insanın belirli bir toprağa bağlanmasıyla, daha önce kimseye ait olmayan ya da bir kabilenin ortak av alanı olarak kullanılan topraklarda üretimin başlamasıydı. Buna dayalı olarak da mülkiyet ve miras sorunlarının gündeme geldi. Bu durum gerçek anlamda aile kurumunun doğmasını sağlamıştı. Akrabalık ilişkileri-

nin belirlenmesi de işte ilk kez bu yolla olmuştu.

Neolitik devrimin bu temel sonuçları dışında günlük yaşamı derinden etkileyen başka gelişmeler de olduğu da biliniyor. Ateşte kızartılarak beklenmeden yenilen av etinin yerini tahıla dayalı beslenme alışkanlığının alması, yemek için birtakım hazırlıklar yapmayı ve yeni çözümler bulmayı gerektiriyordu. Tahıl tanelerini ufalamaya yarayan öğütücü aletler, pişirmeye yarayan ocak ve fırınlar, suyu yemekleri pişirmekte kullanılan önce taştan sonra kilten yapılan çanak çömlekler hep bu gereksinimden doğdu. Daha önceleri basit bir kullanım eşyası olan bu kapların giderek birer sanat eserine dönüşmesi, kültür tarihi açısından çok önemli bir yeniliktir. Bu nedenle çanak-çömlek yapımındaki evreler tarih öncesi toplumların kültür ve gelişmişlik düzeyini gösterir. Bundan dolayı neolitik çağ iki alt bölüme ayrılır: Çanak-çömleksiz neolitik ve çanak-çömlekli neolitik.

Neolitik çağ, getirdiği köklü değişikliklerle kültür tarihinde gerçek bir devrim yaratmıştır. İlk köy topluluklarının kurulması, tarımın, çömlekçiliğin, mimarlığın doğuşu gibi maddesel kültür öğelerindeki temel gelişmelerin yanı sıra, bütün toplumsal kurumlara damgasını vuran yeni kavramların doğuşu da birer dönüm noktası sayılır.

Özellikle verimli topraklarda tahıla dayalı tarım yapan insanın tüketeceğinden daha fazlasını üretmesi çok önemli sonuçlar doğuran yeni kavramları ve etkinlikleri de beraberinde ge-



tirmişti: "artı ürün" değeri ve buna bağlı olarak ticaretin doğuşu. Bu gelişmelerle birlikte insanlar, toprağın her yerde aynı verimlilikte olmadığını ve yeni yeni kullanıma giren hammaddelerin her yerde bulunmadığını fark ettiler. Bu durum yeryüzünün bazı ayrıcalıklı yerleri ve insanlar arasındaki sınıf farkı gibi yeni kavramların yerleşmesiyle sonuçlandı. neolitik çağ'ı izleyen ilk kent toplulukları ve devlet kurumları gibi gelişmelerin temelinde bu kavramların yattığı görülüyor.

Dinsel törenler için kullanıldığı anlaşılan, konuttan farklı özel yapıların ortaya çıkışı da bu döneme rastlar. Bu tür yapıların bilinen en eski ve en ilginç örneklerinden biri Batman'daki Hallan Çemi yerleşmesindedir. MÖ 8000 yıllarına tarihlendirilen bu büyük yuvarlak yapıda, kurban edilmiş hayvanlara ait binlerce kemik bulunmuştur. Bunun gibi bir örnek de Çayönü'nde bulunan MÖ 7200-6500 yılları arasındaki dönemden kalan üç büyük yapıdır.

nızca temizlenir, kazılır ve tohum atılır. Böyle bir durumda, aradan birkaç mevsim geçince toprak verimsizleşir. Bunun üzerine yeni bir toprak parçasına geçilir. Sözelimi orman arazisi tarım arazisine dönüştürülür ve bu toprak da verimsizleşinceye kadar ekim yapılır. Çok geçmeden yerleşme alanına yakın tüm topraklar kıraçlaşır. İş bu noktaya gelince, insanlar yollara düşer, başka yörelere yerleşir. Ev eşyaları kolayca taşınacak kadar basittir. Evleri basit olduğundan gittikleri yerlerde yenilerini kolayca yapabilirler. Bu tarımın en basit biçimidir. Buna çapa ekimi ya da bahçe kültürü adı verilir. Neolitik çağın başlarında da yaygın olarak uygulanan tarım biçimi bu şekildedir. Toprağın kıraçlaşması sorunu bir süre sonra ister istemez daha gelişmiş tarım modellerini de beraberinde getirecekti.

Neolitik çağın ekonomik modelleri içinde en kalıcı olanı, tahıl tarımına ve hayvanların evcilleştirilmesine dayalı Yakınoğu modelidir. Bu ekonomik model ancak buğday, arpa, mercimek gibi tahılların koyun, keçi, domuz gibi hayvanların ya-

bani olarak bulunduğu bölgelerde başlayabilirdi. Günümüzden yaklaşık on bin yıl öncesinin çevre koşullarında bu türlerin doğal yetişme alanı "Bereketli Hilâl" olarak adlandırılan bölgeydi. Filistin'deki Lübnan Dağı'ndan kuzeydeki Amanos Dağları'na uzanan, Doğu Torosların güney eteğini izleyerek Zagros Dağları'yla güneye kıvrılan bu bölgede önce yabani tahılların toplandığı ve öğütülerek yendiği anlaşıldı. MÖ 7000 yıllarına gelindiğinde yabani tahıllarda bazı genetik değişiklikler olmuş ve bugün de var olan daha iri taneli, başakları ken-



## Tarım Toplumu

Tarımla uğraşmaya başlamak yerleşik yaşamı da beraberinde getirmiştir. Ama yerleşik yaşam, tarımın her zaman doğurduğu bir sonuç değil. Sözelimi ilk tarımcıların toprakla uğraştığı fakat tam anlamıyla yerleşik olmadıkları biliniyor. Kaldı ki bazı ekim türleri ekicileri bir çeşit göçebe yaşam sürmeye zorlar çoğu zaman. Böyle bir üretim biçiminde toprak sürülmez, gübrelenmez. Ekim için toprak yal-





diliğinden dökülmeyen türler ortaya çıkmıştı. Aynı süreç içinde koyun ve keçi de evcilleştikçe boynuzları küçülmüş, koyunların gövdelerini örten kıllar yerini yüne bırakmıştı.

MÖ 7000 yıllarında artık Bereketli Hilal'in hemen her yerinde buğday, arpa, mercimek gibi tahıllar üretilir hale gelmişti. Un elde etmek için de bazalttan yapılma öğütme taşları kullanılıyordu. İnsanları sürekli yiyecek arayışından kurtaran bu gelişme hem yerleşmelerin kalıcı olmasını sağladı, hem de büyük bir nüfus artışına yol açtı. Ancak bu dönemde yalnızca kuru tarım yapıldığından, insanların korkulu düşü kuraklık yıllarında hiç ürün alamamaktı. Bu tehlikeye karşı tahılları depolamayı ve zarar verebilecek bü-

tün dış etkenlerden korumayı öğrendiler. Bütün bu gelişmelere karşın av hayvanlarının beslenmedeki önemi uzun süre değişmeden kaldı. Ancak MÖ 6000 yıllarında evcil hayvan sürülerinin yaygınlaşmasıyla beslenme alışkanlıklarında değişimler görüldü.

Besin üretimi ekonomisinin başlangıcı bir devrim olarak herkesi etkilemiş olmalı. Bu da nüfus eğrisinde görülebilir. Doğal olarak o döneme ait nüfus artışını kanıtlayacak istatistikler yok elimizde. Ama böyle bir artışın varolduğunu kabul etmek için pek çok neden var. Besin toplayan ve avlanan topluluklar bulabildikleri besin maddeleriyle yetinmek zorundaydılar. Bu da onların sayısını sınırlı tutuyordu. İnsan çabasının bu kaynakları artırabilmesine olanak yoktu. Gerçekten de toplama ve avlanma uğraşları geliştirildikçe, bir noktadan sonra gerek av hayvanları, gerekse besin bitkilerinin kaynağı kuruyacaktı. Avcı nüfusun ulaşabildiği kaynaklara sayı bakımından uyduğu söylenebilir. Oysa tarım toplumunda besin kaynağı, insanın çabasıyla artırılabilir. Kaynağı artırmak için daha çok tohum ekmek, daha geniş alanları tarıma açmak gerekir. Beslenecek ağız arttıkça, ekecek el de çoğalır. Bu dönemde çocuklar da ekonomik açıdan yararlı olmaya başla-



mışlardı. Avcılara çocuk yük olur. Aile kilerine katkıda bulunacağı yaşa gelinceye kadar çocuklara karşılık beklemeden bakılması gerekir. Oysa tarım toplumlarında küçücük çocuklar bile tohum ekmekte, kurtları, kuşları kovalamakta yararlı olabiliyordu. Koyun ve sığır sürülerine çocuklar bakabilirdi. Bu nedenle yeni ekonomiyle

birlikte nüfusun artmış olması olasıdır. Bazı yörelerde önceleri boş, ya da çok ıssız alanların birdenbire kalabalıklaşması ancak böyle yorumlanabilir.

## Neolitik Çağın Getirdiği Kültürel Değişimler

İnsanlar ölümlerini gömmeye paleolitik çağın ortalarında başlamışlardı. Üst paleolitik çağdan beri de ölümden sonraki ikinci yaşam inancının ilk belirtileri görülüyordu. neolitik çağın getirdiği yenilik, artık sabit konutlarda yaşayan insanların ölümlerini de

evin içine, tabanın altına gömmeleridir. Ölümler, ana rahmindeki gibi dizlerini karnına çekmiş olarak yan yatırılır; yüzleri de genellikle yere bakar. Bu yatış biçimi büyük olasılıkla ölüyü olabildiğince küçük bir yere sığdırma kaygısından kaynaklanmıştır. Ölüle-

rin genellikle büyük bir sepete konularak gömüldüğü, bazen de üstlerine bir hasır örtüldüğü görülür. Bu da tabut geleneğinin ilk belirtisi sayılabilir.

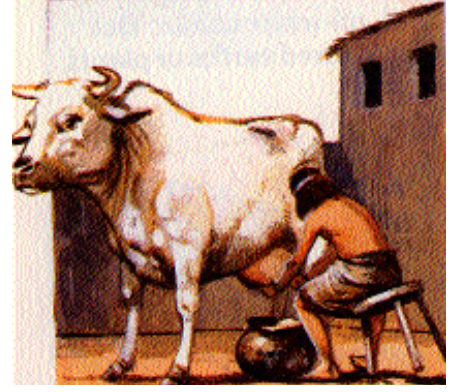
Dönemin başlarına değin uzanan mezarlar arasında cinsiyet ya da toplumsal sınıf ayrımı gösteren hiçbir belirti yoktur. Oysa sonlara doğru bazı ölümlere ayrıcalık tanındığı, mezar armağanlarında önemli farklılıkların ortaya çıktığı görülür. Sözgelimi Filistin'deki Eriha (Jericho), Diyarbakır'daki Çayönü ve Konya'daki Çatalhöyük örneklerinde olduğu gibi, bazı ölümlerin kafatasları toplanarak özel yerlerde biriktirilmiş, bazı kafataslarıysa Eriha'da ve Niğde Köşkhöyük'te olduğu gibi kırmızı aşı boyasıyla boyanmıştır.

Ölü gömme geleneklerindeki ilginç bir gelişme de geçici bir mezara konan ya da açık havada çürütülen ölünün kemiklerinin sonradan özel bir yere, bazen evlerin tabanının altına taşınarak yeniden ana rahmindeki durumunda dizilmesidir.

Neolitik çağa borçlu olduğumuz en önemli gelişmelerden biri de kuşkusuz mimarlıktır. Gerçi insanlar paleolitik çağdan beri saz, kamış ve de-







riden kulübe yapmayı biliyorlardı. Bununla birlikte neolitik çağda mimari gelişmiş bugün anladığımız anlamda konutların ilk biçimleri ortaya çıkmıştı. Eğimli olarak birbirine yaslanan kulübe duvarlarının, düşey duran ve çatı örtüsünü taşıyan gerçek duvara dönüşmesini, temel, kapı, pencere, bodrum, oda içindeki ocak ve baca sorunlarının çözümünü neolitik çağ insanlarına borçluyuz. Bu insanlar yerleşik düzene geçerken, bina yapmaya bildikleri yuvarlak planlı yapılarla başladılar. Ama konutlara bir tahıl deposu ekleme gereği doğunca yapı alanının iyice genişletilmesi gerekti. Bu durumda yuvarlak plandan dörtgen plana zorunlu bir geçiş yapıldı. En büyük güçlük duvarların köşe bağlantıları ile çatı örtüsüne akılcı bir çözüm bulmaktı. Kerpiç tuğlanın bulunmasının ardından düz dama geçildi.

Bu dönemin önemli teknik gelişmelerinden biri de kirecin bulunmasıdır. Kireçtaşının doğal bağlayıcı haline getirilmesi için çok yüksek sıcaklıkta kavrulması gerekir. Bu teknik Yakındoğu'nun bazı yerlerinde çanak çömlek yapımından önce bulunmuş, bazı özel yapıların taban ve duvar sıvalarında kullanılmıştı. Bu yapıların bilinen en iyi örnekleri Ürdün'deki Ayn Gazal, Diyarbakır'daki Çayönü, Şanlıurfa'daki Nevalı Çori ve Aksaray'daki Aşıklıhöyük'tedir. Bilinmeyen bir nedenden dolayı bu teknik bırakılacak, insanlık ancak demir çağında söndürülmüş kireçten evler yapmaya yeniden başlayacaktır.

Neolitik çağın yeni yaşam biçimi doğal olarak alet yapım teknolojisi de etkiledi. Tarla açmak, konut ve eşya yapmak için çok sayıda ağaç kesmek gerekti. Bu iş için pek de uygun olmayan çakmaktaşının yerini sert başkalaşım kayalarından biçimlendirilen

len yassı balta ve keserler aldı. Koyun ve keçinin evcilleştirilmesiyle önce dokumacılığın ortaya çıkmasına, sonra da peynir yoğurt gibi mayalı yiyeceklerin yenmesine yol açtı.

İnsanların bütün paleolitik ve mezolitik çağlar boyunca kullandığı çakmaktaşı, kesici olmasına karşılık darbelere dayanıklı değildir. Bu yüzden bazı işlerde, sözgelimi ağaç kesmekte kullanılamaz. Oysa neolitik çağda tarla açmak ve konut, eşya, tarım aletleri, hatta kayık yapımında kullanılan ahşabı sağlamak için çok sayıda ağaç kesmek gerekiyordu. Bu gereksinim, sürtülerek biçim verilebilen ve sürtüldükçe yüzeyi parlayan serpantin gibi başkalaşım kayalarından alet yapımını başlattı. Cilalı balta olarak adlandırılan, üçgen biçiminde, yassı, keskin ağzı olan baltalar neolitik çağda yaygınlaştı.

Sürtmeyle taşla biçim verme tekniği öğrenildi. Bu teknik, en sert taşları bile delebilen el matkabı gibi aletlerin geliştirilmesi türünden bu dönemin



birçok gereksinimini karşılayan yeni bir teknolojinin başlangıcı oldu. Bu yöntemle taş kaplar, bilezik, boncuk gibi takılar ve küçük heykelcikler yapıldı. Yine aynı yöntemle bazalt gibi gözenekli püskürük kayalar da işlenmiş, tahılların un haline getirilmesi, toprak boyaların, özellikle de aşıboyasının ezilmesi için öğütücü, aşındırıcı aletler yapılmıştı. Bu yeni teknoloji paleolitik çağ boyunca doğada yalnızca çakmaktaşı arayan insanın çevresine yeni bir gözle bakmasını sağladı. Böylece malakit, doğal bakır, kurşun gibi kolay bulunan madenlere yönelen insan, bunları taş gibi işlemek yerine ısıtarak biçimlendirmenin daha kolay olduğunu gördü.

MÖ 7000-6000 yılları arasında bütün Yakındoğu'da hammadde ticaretinin etkisiyle büyük bir ekonomik canlılığın yaşandığı görülür. Zenginleşen bölgelerde giderek daha anıtsal kült yapılar belirmeye başladı. Süs eşyaları ve değerli eşyalar hızla yaygınlaştı. Toplumsal sınıflar arasındaki farkın iyice belirginleşmeye başlaması bu döneme rastlar. Bu devre ait mezarlara konulmuş özel eşyaların ve hediyelerin, ölünün toplumsal konumuna göre farklılık göstermesi bunun en açık kanıtıdır.

Doğal yataklarından yüzlerce kilometre uzaklarda kaliteli çakmaktaşlarının bulunması, takasa dayalı ticaretin daha paleolitik çağda başladığını gösteriyor. Ama büyük çaplı ve düzenli olarak sürdürülen ticaretin doğuşu neolitik çağa rastlar. Bu dönemde kazıbilimsel (arkeolojik) veri-

lerle kanıtlanan en önemli ticaret obsidiyen ticaretidir. Genellikle koyu renkli cam görünümünde olduğu için "doğal cam" olarak da bilinen obsidiyen, asitli lavların hızla katılaşmasıyla oluşmuş bir püskürük kayadır. Obsidiyenin kullanım alanı çakmaktaşıyla aynıdır. Bununla birlikte, görünümü daha güzel olduğu için neolitik çağda değerli bir lüks madde sayılmıştır. Doğu ve Orta Anadolu yataklarından çıkarılan obsidiyenin takas edildiğini, zamanla bu tür ticaretin yaygınlık kazanarak arttığını biliyoruz bugün. Henüz hiçbir binek ve yük hayvanının evcilleştirilmediği bu dönemde obsidiyen gibi ağır bir taşın yüzlerce kilometre uzaklara büyük miktarlarda taşınması ne kadar iyi bir ticaret ağı kurulduğunu gösteriyor. En yakın obsidiyen yatağından 150 km uzakta olan Çayönü yerleşmesindeki kazılarda bir tondan fazla obsidiyen bulundu. Bu taşın Bingöl'den Filistin'e değin gittiği düşünülse ticaretin yoğunluğu daha iyi anlaşılır. Obsidiyenin yanı sıra deniz kabuğu ve yarı değerli taşların ticaretiyle ilgili veriler de bulunmuştur. Çayönü kazılarında Hint okyanusu ve Akdeniz kökenli deniz kabuğundan yapılma takıların bulunması bu ticaretin çok yönlü olduğunu gösterir.

Yabancı ürünlerin böylesine uzun yollardan taşınmasının nedeni yerleşik tarım köylülerinden başka bol sayıda göçebe halkın da bulunmasıyla açıklanabilir. Göçebelerle çiftçiler arasında ilişki kurulur ve ticaret başlar. Bu madenciliğin başlamasına yol açacaktır.

Neolitik Mısır'a ve Yakındoğu'ya ithal edilen parlak, değerli taşlar önceleri değersiz süs eşyaları sanılmıştı. Ama çok geçmeden bunlar gerekli nesneler olarak kabul edilmişlerdi. Mısırlılar, gözlerini boyamak için malakit taşı kullanırlardı. Bu taş süslü deri torbalarda taşınır, hayvan biçiminde yontulmuş paletler üzerinde çentilirdi. Yeşil renk güneşin parlaklığından gözü korur, taşın içindeki bakırkarbonat da, sıcakta sineklerin taşıdığı göz mikroplarına karşı dezenfektan görevi yapardı. Mısırlıların malakitteki bu etkileri gizemli buldukları ve taşın kutsal



bir nitelik tanıdıkları biliniyor. Bu nedenle boya hazırlamak da törenle gerçekleşirdi. Diğer ticaret ürünlerinin de benzer gizsel değerleri vardı. Sözelimi deniz kabuğundan yapılan süs eşyaları takmanın doğurganlığı ve bereketi artıracığına inanılırdı. Bir süs eşyası olarak birden bire değer kazanan deniz kabukları, Afrika ve Asya'nın bazı yerlerinde para olarak bile kullanıldı. Altın, akik, opal, kantaşı gibi renkli taşlarla, firuze, lapis lazuli gibi daha ender bulunan taşlar, yalnızca parlak oldukları için değil, içlerinde gizsel güçler olduğuna inanıldığı için değerliydi. Özel bir şekilde yontulursa nesnenin içinde sakladığı gücünün artacağına inanılırdı. Sözelimi bir firuze boğa biçiminde oyulursa, sahibi yalnızca göğün berraklığına değil, boğanın gücüne de erişmiş olurdu. Böylece muska yapma alışkanlığı başladı. Bunun sonucu olarak mücevhercilik ve taş yontma gibi yepyeni bir sanat da gelişti.

Taşı bir muska biçiminde oymaktansa, üstüne bir nesnenin ya da, sözelimi "gamalı haç" gibi bir simgenin resmi kazınıp değeri artırılabilirdi. Bu tür kazınmış boncukların özel bir ye-

teneği vardı: Üzerlerindeki simge, kil gibi yumuşak bir maddeyle yapılmış yüzeyler üzerine kopyalanabiliyordu. Büyü ve giz artık yumuşak nesneye de işlenmiş oluyordu. Sonuç tabuların doğmasıydı. Kazılı taş da mühürdü. Bir kabın üstü kille kapatılır ve üstüne mühür basılırsa, kabın içindeki madde bu mühürle korunmuş olur. Mühür kırılınca, tabu kırılmış olur ve cezalandırmayı gerektirir.

İçinde bulunduğu sanılan gizsel nitelikler nedeniyle altın, değerli taş ve kabuk aramak çok önemli sonuçlar doğurmuştu. Tarlasının verimini artırmak, kendi bahtını açmak amacıyla köylü kendi tahılı ve meyvesinin bir bölümünü değerli taşlar karşılığında göçebelere vermeye razı oluyordu. Göçebeler için de bu taşlar, tarım ürünleri elde etmek için takasta kullanılacak taşınabilir nesnelerdi. En eski düzenli ticaretin bu boncuklar ve değerli taşlarla yapıldığı görülüyor.

Bu büyü nesnelerinin yüksek değeri, onların ardından koşulması yol açmıştı. Sonraları altın, değerli taşlar ve amber arayan insanların dünya üzerine yayılmaya başladığı ve uygarlığı beraberlerinde taşıdıkları da öne sürülen savlar arasında. Bu taşların aranmaya başlaması, tarımsal değeri olmadığı için göz ardı edilen arazilerin de araştırılmasına, bu da madenciliğin doğup gelişmesine olanak sağlamıştı.

Günümüzden on bin yıl öncesine baktığımızda karşımıza çıkan tablo bu. Neolitik çağda yaşananlar sayesinde günümüzü daha iyi anlayabiliyoruz. Anadolu toprakları üzerinde yaşayan bizler bu konuda biraz daha şanslıyız aslında. Çatalhöyük, Nevalı Çori, Hallan Çemi, Çayönü gibi birçok neolitik çağ yerleşim alanı topraklarımız üzerinde. Mayıs ayıyla birlikte doğanın uyanışını duyumsadığımız bugünlerde, insanlığın uyanışını daha iyi anlamak için bu güzel bir fırsat olabilir.

Gökhan Tok

*Bu yazıda görüşlerine başvurduğumuz Prof.Dr. Berna Alpogut'a teşekkür ederiz.*



#### Kaynaklar

Childe, G., *Kendini Yaratın İnsan*, Çev: Filiz Ofluoğlu, Varlık, 1996  
 Maisels, K. C., *Uygarlığın Doğuşu*, Çev: Alâeddin Şenel, İmge, 1999  
 Morgan, H. L., *Eski Toplum*, Çev: Ünsal Oskay, Payel, 1994  
<http://www.alekseefmanuscript.com/ChapterVI.html>  
<http://archeo.amu.edu.pl/pe11.htm>





# Linares

*Bu ay Linares turnuvasına bir göz atacağız. Yıllardır çok kuvvetli oyuncuların katılımıyla Linares turnuvası satranç dünyasında kendisine önemli bir yer edindi; hem satranç severlerin hem büyükustaların çok önem verdikleri bu turnuvada devler birbiriyle kapıştı. Yine kuvvetli büyükustaların katıldığı turnuvada birbirinden ilginç oyunlar oynandı. Bu oyunları altta bulabilirsiniz. Sayfalarımızda satranç dünyasından yeni turnuva haberleri de var. Her zamanki gibi Açılış Ansiklopedisi köşemiz ikinci sayfada.*



En önemli satranç turnuvalarından biri olan Linares turnuvası geçtiğimiz Şubat ve Mart aylarında yapıldı. Kasparov, Anand, Shirov, Kramnik, Khalifman ve Leko gibi büyükustaların katıldığı turnuvada birinciliği

6 puanla Kasparov ve Kramnik paylaştı. Üçüncülüğten altıncılığa kadar olan sıralamayı tümü 4,5 puan toplayan Khalifman, Leko, Shirov ve Anand aldı. Birinciliği iki büyükustanın paylaştığı ve diğer oyuncuların aynı puanları aldığı bu zorlu turnuvadan oyunları aşağıda bulabilirsiniz.

## Braingames Dünya Satranç Şampiyonası

Braingames (Zekâ oyunları), Zekâ Oyunu Olimpiyatları Komitesi'nce kurulan yeni bir organizasyon. Bu organizasyon Linares'ten birincilikle ayrılan Kasparov ve Kramnik'in, Braingames Dünya Satranç Şampiyonluğu

için tahta başına geçmelerini sağlayacak. 16'nın üzerinde oyunun oynanacağı maçın Londra'da yapılması bekleniyor. Kazanan 1 milyon 333 bin dolar alacak; kaybedeniyse bu ödülün yarısı kadar bir tutar bekliyor. İki yılda bir yapılması düşünülen bu organizasyon hayli ses getireceğe benzer.

## Xie Jun-Dünya Maçı

Benzerlerini daha önceden gördüğümüz bir büyükusta-Dünya karşılaşmalarından biri daha. Dünyanın bu kezki rakibi bayanların dişli büyükustası Xie Jun. İnternet üzerinde oynanan oyun başladı bile. Bu oyuna katılmak isterseniz adres altta: <http://chess.lotof.com>

## Turnuvadan Oyunlar

### Khalifman, A-Kramnik, V ECO E59

1. d4 Af6 2. c4 e6 3. Ac3 Fb4 4. e3 O-O 5. Fd3 c5 6. Af3 d5 7. O-O Ac6 8. a3 Fxc3 9. bxc3 Vc7 10. Fb2 dxc4 11. Fxc4 e5 12. Fe2 Kd8 13. Vc2 Fg4 14. dxe5 Axe5 15. c4 Axf3+ 16. gxf3 Fh3 17. Kfd1 Vc6 18. Vc3 Ae8 19. Şh1 Fe6 20. Kg1 f6 21. Kg3 Kd7 22. Kag1 Kad8 23. Fc1 Ff5 24. e4 Fg6 25. h4 Ac7 26. Ff1 Ae6 27. Kh3 Fh5 28. Khg3 Şh8 29. Ve3 Ad4 30. Fg2 Ke8 31. Kh3 Va4 32. Ff1 Vd1 33. Fg2 Vc2 34. f4 Ae2 35. Kf1 Kd1 0-1

### Kasparov, G-Shirov, A ECO C42

1. e4 e5 2. Af3 Af6 3. Axe5 d6 4. Af3 Axe4 5. d4 d5 6. Fd3 Fd6 7. O-O O-O 8. c4 c6 9. cxd5 cxd5 10. Ac3 Axc3 11. bxc3 Fg4 12. Kb1 Ad7 13. h3 Fh5 14. Kb5 Ab6 15. c4 Fxf3 16. Vxf3 dxc4 17. Fc2 Vd7 18. a4 g6 19. Fd2 c3 20. Fxc3 Kac8 21. Fe4 Kc4 22. Kbb1 Kxa4 23. Fxb7 Ka3 24. Kfc1 Vc7 25. Ka1 Kb8 26. Fe4 Kb3 27. Fd2 Fh2+ 28. Şh1 Kxf3 29. Kxc7 Kxf2 30. Şxh2 Kxd2 31. Kaxa7 Ac8 32. Kab7 Kxb7 33. Kxc8+ Şg7 34. Fxb7 Kxd4 35. g4 h5 36. g5 h4 37. Kc7 Kf4 38. Fc8 Kf2+ 39. Şg1 Kf4 40. Şg2 Şf8 41. Fg4 Şg7 42. Kc5 Şf8 43. Ff3 Şg7 44. Şf2 Ka4 45. Şe3 Ka3+ 46. Şf4 Ka4+ 47. Şe5 Ka3 48. Fd5 Ke3+ 49. Şf4 Kd3 50. Fc4 Kd7 51. Kc6 Ke7 52. Kf6 1-0

### Leko, P-Anand, V ECO B17

1. e4 c6 2. d4 d5 3. Ac3 dxe4 4. Axe4 Ad7 5. Ag5 Agf6 6. Fd3 e6 7. Af3 Fd6 8. Ve2 h6 9. Ae4 Axe4 10. Vxe4 Vc7 11. Vg4 Şf8 12. O-O c5 13. c3 b6 14. Vh4 Fb7 15. Fe4 Fxe4 16. Vxe4 Şe7 17. dxc5 bxc5 18. Ke1 Af6 19. Ve2 Khd8 20. h3 Şf8 21. Ad2 Fh2+ 22. Şh1 Ff4 23. Ac4

Fxc1 24. Kaxc1 Kd5 25. Ae3 Kd7 26. Kcd1 Kad8 27. Kxd7 Kxd7 28. Şg1 Ad5 29. Ac4 Ab6 30. Ae5 Kd6 31. Ve4 Şg8 32. g3 c4 33. Vf4 Kd5 34. Ke4 Kb5 35. Axc4 Vxf4 36. Kxf4 Axc4 37. Kxc4 Kxb2 38. Ka4 Kc2 39. Kxa7 1/2-1/2

### Shirov, A-Leko, P ECO C42

1. e4 e5 2. Af3 Af6 3. Axe5 d6 4. Af3 Axe4 5. d4 d5 6. Fd3 Fd6 7. O-O O-O 8. c4 c6 9. Vc2 Aa6 10. a3 Fg4 11. Ae5 Fxe5 12. dxe5 Aac5 13. f3 Axd3 14. Vxd3 Ac5 15. Vd4 Ab3 16. Vxg4 Axa1 17. Fh6 g6 18. Ac3 Vb6+ 19. Kf2 Kf8 20. Vf4 f5 21. cxd5 Ab3 22. e6 cxd5 23. Axd5 Vxe6 24. Ac7 Vc6 25. Axc8 Kxe8 26. g4 Vc5 27. Şg2 Ad4 28. b4 Ve5 29. Kd2 Vxf4 30. Fxf4 Ae6 31. Fe3 a6 32. gxf5 Ag7 33. Fc5 Axf5 34. a4 Ae3+ 35. Şf2 Ac4 36. Kd7 Ae5 37. Kxb7 Ad3+ 38. Şg3 Axc5 39. bxc5 Kc8 40. Kb6 Kxc5 41. Kxa6 Şg7 42. Ka7+ Şh6 43. Kb7 Kg5+ 44. Şh3 Kh5+ 45. Şg2 Kh4 46. a5 Ka4 47. Kb5 g5 48. Kb6+ Şh5 49. a6 g4 50. f4 Ka2+ 51. Şg1 g3 52. h3 Kc2 53. Kb7 Ka2 54. Kg7 Kxa6 55. Şg2 h6 56. Şxg3 Ka3+ 57. Şg2 Ka2+ 58. Şf3 Şh4 59. f5 Şxh3 60. f6 Ka1 61. Şf4 Kf1+ 62. Şe5 h5 63. Kg5 h4 64. Kf5 Ke1+ 65. Şf4 Kf1+ 66. Şg5 Kg1+ 67. Şh6 Kg8 68. Kg5 Kf8 69. Şg7 Ka8 70. f7 Şh2 71. Şf6 Kf8 1/2-1/2

### Leko, P-Khalifman, A ECO C17

1. e4 e6 2. d4 d5 3. Ac3 Fb4 4. e5 c5 5. a3 Fa5 6. Vg4 Ae7 7. dxc5 Fxc3+ 8. bxc3 Ag6 9. Fd3 Ad7 10. Af3 Vc7 11. O-O Adxe5 12. Axe5 Vxe5 13. Fb5+ Fd7 14. Fxd7+ Şxd7 15. Va4+ Şe7 16. Vb4 Kab8 17. f4 Ve4 18. f5 Vxb4 19. axb4 exf5 20. Kxf5 Şe6 21. Kf2 a6 22. Ff4 Axf4 23. Kxf4 f5 24. Kd4 Kbd8 25. Ke1+ Şf6 26. Ked1 Khe8 27. c4 Ke2 28. Kxd5 Kde8 29. K1d2 Kxd2 30. Kxd2 Ke1+ 31. Şf2 Ke4 32. Kd7 Kxc4 33. Kxb7 a5 34. bxa5 Kxc5 35. a6 Kxc2+ 36. Şf3 Kc3+ 37. Şe2 Kc2+ 38. Şe3 Şe5 1/2-1/2

### Khalifman, A-Kasparov, G ECO D97

1. d4 Af6 2. c4 g6 3. Ac3 d5 4. Af3 Fg7 5. Vb3 dxc4 6. Vxc4 O-O 7. e4 Aa6 8. Fe2 c5 9. d5 e6 10. O-O exd5 11. exd5 Ff5 12. Fe3 Vb6 13. b3 Kf8 14. Kad1 Kad8 15. h3 Va5 16. Kf1 Ad7 17. Aa4 Ab4 18. Fg5 Ac2 19. Fxd8 Vxd8 20. Kf1 Ad4 21. Axd4 Fxd4 22. Kxd4 cxd4 23. Fg4 Fxg4 24. hxg4 Ke4 25. f3 Ae5 26. Vb4 Ad3 27. Vc4 Ae5 28. Vb4 Ad3 29. Vc4 1/2-1/2

### Kasparov, G-Kramnik, V ECO C42

1. e4 e5 2. Af3 Af6 3. Axe5 d6 4. Af3 Axe4 5. d4 d5 6. Fd3 Ac6 7. O-O Fe7 8. c4 Ab4 9. Fe2 O-O 10. Ac3 b6 11. a3 Axc3 12. bxc3 Ac6 13. cxd5 Vxd5 14. Ke1 Fb7 15. Fd3 Kae8 16. Vc2 h6 17. Fh7+ Şh8 18. Fe4 Vd8 19. Fb2 Ff6 20. c4 Aa5 21. Fxb7 Axb7 1/2-1/2

### Kramnik, V-Anand, V ECO D18

1. d4 d5 2. c4 c6 3. Af3 Af6 4. Ac3 dxc4 5. a4 Ff5 6. e3 e6 7. Fxc4 Fb4 8. O-O O-O 9. Ah4 Abd7 10. Axf5 exf5 11. Vc2 Ab6 12. Fb3 Vd7 13. a5 Abd5 14. f3 Kf8 15. Axd5 Axd5 16. e4 Af6 17. Vc4 Ff8 18. exf5 Kad8 19. Şh1 Ke7 20. Vc2 1/2-1/2

### Anand, V-Shirov, A ECO C42

1. e4 e5 2. Af3 Af6 3. Axe5 d6 4. Af3 Axe4 5. d4 d5 6. Fd3 Fd6 7. O-O O-O 8. c4 c6 9. cxd5 cxd5 10. Ac3 Axc3 11. bxc3 Fg4 12. Kb1 Ad7 13. h3 Fh5 14. Kb5 Ab6 15. c4 Fxf3 16. Vxf3 dxc4 17. Fc2 Vd7 18. a4 g6 19. Fe3 Kac8 20. Kfb1 c3 21. a5 Ac4 22. Kxb7 Ve6 23. Ka1 Fb8 24. Fb3 Vd6 25. g3 Axe3 26. Fxf7+ Şh8 27. Vxe3 Vf6 28. Fe6 Kce8 29. d5 Fe5 30. Ka2 Fd4 31. Ve1 Vf3 32. Şh2 Vxd5 33. Fxd5 Kxe1 34. Şg2 Fxf2 35. Kf7 Kxf7 36. Fxf7 Fc5 37. Fb3 Şg7





## Frankfurt Chess Classic 2000

Frankfurt Chess Classic 2000 turnuvasına katılacak oyuncuların listesi açıklandı. 16-25 Haziran tarihleri arasında yapılacak turnuvaya Anand, Kasparov, Kramnik, Leko, Morozevich, Shirov katılıyor. Bu büyüktür turnuvasının yanında, bilgisayarlarla oynanacak oyunlar, simultane karşılaşmalar da var. Hatta Fischer'in bulunduğu, arka sıradaki taşların bilgisayarcı rastgele dizildiği Fischer Rasgele satranç karşılaşmaları da yapılacak. Tam bir satranç şenliği şeklinde geçecek olan turnuvayla ilgili daha fazla bilgiyi alttaki adresten bulabilirsiniz.

<http://www.frankfurt-west.de/ChessClassic2000>

Özgür Tek

38. Kc2 Fd4 39. a6 Şf6 40. Ka2 Şe5 41. h4 Şe4 0-1

### Anand, V-Kasparov, G ECO B92

1. e4 c5 2. Af3 d6 3. d4 cxd4 4. Axd4 Af6 5. Ac3 a6 6. Fe2 e5 7. Ab3 Fe7 8. O-O Fe6 9. f4 Vc7 10. Ad5 Fxd5 11. exd5 Abd7 12. c4 O-O 13. Şh1 Kfe8 14. Fe3 exf4 15. Fxf4 Ff8 16. Kc1 Vb6 17. Kc2 g6 18. Ff3 Kac8 19. Ac1 Ae5 20. b3 h5 21. h3 Fg7 22. Ae2 Axf3 23. gxf3 Vc5 24. Kc1 b5 25. Vd2 bxc4 26. bxc4 h4 27. Fg5 Ah5 28. Fxh4 Kb8 29. Ag1 Kb2 30. Kc2 Vxc4 31. Kxc4 Kxd2 32. f4 Kxd5 0-1

### Kramnik, V-Shirov, A ECO D17

1. Af3 d5 2. d4 c6 3. c4 Af6 4. Ac3 dxc4 5. a4 Ff5 6. Ae5 e6 7. f3 Fb4 8. e4 Fxe4 9. fxe4 Axe4 10. Fd2 Vxd4 11. Axe4 Vxe4+ 12. Ve2 Fxd2+ 13. Şxd2 Vd5+ 14. Şc2 Aa6 15. Axc4 b5 16. axb5 Ab4+ 17. Şc3 cxb5 18. Kd1 Vc5 19. Ve5 Ad5+ 20. Kxd5 b4+ 21. Şb3 Vxd5 22. Fe2 O-O 23. Vxd5 exd5 24. Aa5 Kfe8 25. Ff3 Kac8 26. Kd1 Ke3+ 27. Şa4 b3 28. Kxd5 g6 29. Kd7 Kc2 30. Şa3 Şg7 31. Kxa7 h5 32. h3 h4 33. Kb7 Kc5 34. Şb4 Kf5 35. Kc7 g5 36. Axb3 Kf4+ 37. Kc4 Kxc4+ 38. Şxc4 f5 39. Ad4 Şf6 40. b4 Ke1 41. b5 Şe5 42. Ac6+ Şd6 43. b6 Kc1+ 44. Şb5 g4 45. b7 Kb1+ 46. Ab4 Şc7 47. hxg4 fxd4 48. Fe4 1-0

### Shirov,A-Khalifman, A ECO C02

1. e4 e6 2. d4 d5 3. e5 c5 4. c3 Vb6 5. Af3 Ac6 6. a3 Ah6 7. b4 cxd4 8. cxd4 Af5 9. Fb2 Fe7 10. Fd3 a5 11. Fxf5 exf5 12. Ac3 Fe6 13. b5 a4 14. bxc6 Vxb2 15. O-O bxc6 16. Axa4 Vb5 17. Ac3 Vc4 18. Ae2 O-O 19. Kc1 Va6 20. Kc3 Kfc8 1/2-1/2

## Açılış Ansiklopedisi

Bu ay köşemizde yine Kabul Edilmeyen Vezir Gambiti açılışlarının yanı-Slav varyasyonlarını bulabilirsiniz.

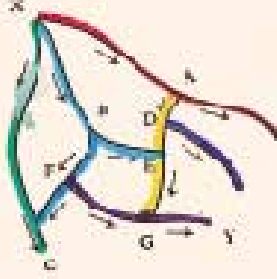
D42 KEVG : yarı-Tarrasch (7.Fd3)  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c5 5.cxd5  
Axd5 6.e3 Ac6 7.Fd3  
D43 KEVG : yarı-Slav  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6  
D43 KEVG : yarı-Slav  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.Fg5 h6  
6.Fxf6 Vxf6 7.e3  
D43 KEVG : yarı-Slav, Hastings varyasyonu  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.Fg5 h6  
6.Fxf6 Vxf6 7.Vb3  
D44/07 KEVG : yarı-Slav, anti-Meran, Denker varyasyonu (1945)  
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 e6 5.Fg5  
dxc4 6.e4 b5 7.e5 h6 8.Fh4 g5 9.Axg5 hxg5  
10.Fxg5 Abd7 11.exf6 Fb7 12.g3 c5 13.d5  
Vb6 14.Fg2 O-O-O 15.O-O b4 16.Aa4 Vb5  
17.a3 Ab8 18.axb4 cxb4 19.Vg4 Fxd5 20.Kfc1  
D44 KEVG : yarı-Slav (5.Fg5 dxc4)  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.Fg5  
dxc4  
D44 KEVG : yarı-Slav, Botvinnik sistemi (anti-Meran)  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.Fg5  
dxc4 6.e4 b5  
D44/06 KEVG : yarı-Slav, Botvinnik sistemi (anti-Meran a4'le)  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.Fg5  
dxc4 6.e4 b5 7.a4  
D44 KEVG : yarı-Slav, Ekstrom varyasyonu  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.Fg5  
dxc4 6.e4 b5 7.e5 h6 8.Fh4 g5 9.exf6 gxh4  
10.Ae5  
D44 KEVG : yarı-Slav, anti-Meran gambiti  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.Fg5  
dxc4 6.e4 b5 7.e5 h6 8.Fh4 g5 9.Axg5  
D44 KEVG : yarı-Slav, anti-Meran, Lilienthal varyasyonu  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.Fg5  
dxc4 6.e4 b5 7.e5 h6 8.Fh4 g5 9.Axg5 hxg5  
10.Fxg5 Abd7 11.g3  
D44 KEVG : yarı-Slav, anti-Meran, Alatortsev sistemi  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.Fg5  
dxc4 6.e4 b5 7.e5 h6 8.Fh4 g5 9.Axg5 Ad5  
D44/05 KEVG : yarı-Slav, anti-Meran (4...dxc4)  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 dxc4 5.e4  
Fb4 6.Fg5 b5 7.a4 c6 8.e5 h6 9.exf6 hxg5  
10.fxd7 Kg8  
D45 KEVG : yarı-Slav (5.e3)  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
D45 KEVG : yarı-Slav, hızlandırılmış Meran (Alekhine varyasyonu)  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3 a6  
D45 KEVG : yarı-Slav (5...Ad7)  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7  
D45 KEVG : yarı-Slav, Rubinstein (anti-Meran) sistemi  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Ae5  
D45 KEVG : yarı-Slav, Stoltz varyasyonu  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Vc2 Fd6 7.Fe2 O-O 8.O-O  
D45 KEVG : yarı-Slav, taşduvar savunması  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3 Ae4  
6.Fd3 f5  
D46 KEVG : yarı-Slav (Vc2/Fd3) (doğal yol)  
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Ac3 Af6 4.e3 e6 5.Af3  
Abd7 6.Vc2 Fd6 7.Fd3 O-O 8.O-O dxc4  
9.Fxc4 Ve7 10.h3  
D46 KEVG : yarı-Slav (Ac3'süz)  
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.e3 e6 5.Abd2  
Abd7 6.Fd3 Fd6 7.O-O O-O 8.e4 dxe4 9.Axe4  
Axe410.Fxe4 h611.b3 Af6

D46 KEVG : yarı-Slav (6.Fd3)  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Fd3  
D46 KEVG : yarı-Slav, Romih varyasyonu  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Fd3 Fb4  
D46 KEVG : yarı-Slav, Chigorin savunması  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Fd3 Fd6  
D46 KEVG : yarı-Slav, Bogolyubov varyasyonu  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Fd3 Fe7  
D47 KEVG : yarı-Slav (7.Fc4)  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Fd3 dxc4 7.Fxc4  
D47 KEVG : yarı-Slav, Meran varyasyonu  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Fd3 dxc4 7.Fxc4 b5  
D47 KEVG : yarı-Slav, yeni-Meran (Lundin varyasyonu)  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Fd3 dxc4 7.Fxc4 b5 8.Fd3 b4  
D47 KEVG : yarı-Slav, Meran, Wade varyasyonu  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Fd3 dxc4 7.Fxc4 b5 8.Fd3 Fb7  
D48 KEVG : yarı-Slav, Meran (8...a6)  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Fd3 dxc4 7.Fxc4 b5 8.Fd3 a6  
D48 KEVG : yarı-Slav, Meran, Pirc varyasyonu  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Fd3 dxc4 7.Fxc4 b5 8.Fd3 a6 9.e4 b4  
D48 KEVG : yarı-Slav, Meran, Keynold's varyasyonu  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Fd3 dxc4 7.Fxc4 b5 8.Fd3 a6 9.e4 c5  
10.d5  
D48 KEVG : yarı-Slav, Meran, eski ana yol  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Fd3 dxc4 7.Fxc4 b5 8.Fd3 a6 9.e4 c5  
10.e5  
D49 KEVG : yarı-Slav, Meran, Flumenfeld varyasyonu  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Fd3 dxc4 7.Fxc4 b5 8.Fd3 a6 9.e4 c5  
10.e5 cxd4 11.Axb5  
D49 KEVG : yarı-Slav, Meran, Rabinovich varyasyonu  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Fd3 dxc4 7.Fxc4 b5 8.Fd3 a6 9.e4 c5  
10.e5 cxd4 11.Axb5 Ag4  
D49 KEVG : yarı-Slav, Meran, Sozin varyasyonu  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Fd3 dxc4 7.Fxc4 b5 8.Fd3 a6 9.e4 c5  
10.e5 cxd4 11.Axb5 Axe5 12.Axe5 axb5  
13.O-O  
D49 KEVG : yarı-Slav, Meran, Rellstab atağı  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Fd3 dxc4 7.Fxc4 b5 8.Fd3 a6 9.e4 c5  
10.e5 cxd4 11.Axb5 Axe5 12.Axe5 axb5  
13.O-O Vd5 14.Ve2 Fa6 15.Fg5  
D49 KEVG : yarı-Slav, Meran, Stahlberg varyasyonu  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Af3 c6 5.e3  
Abd7 6.Fd3 dxc4 7.Fxc4 b5 8.Fd3 a6 9.e4 c5  
10.e5 cxd4 11.Axb5 Axe5 12.Axe5 axb5  
13.Vf3  
D50 KEVG : 4.Fg5  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Fg5  
D50 KEVG : Been-Koomen varyasyonu  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Fg5 c5  
D50 KEVG : yarı-Tarrasch  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Fg5 c5 5.cxd5  
D50 KEVG : Kanal (Venedik) varyasyonu  
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Ac3 Af6 4.Fg5 c5 5.cxd5 Vb6

## Zekâ Oyunları

### Selçuk Alsan

### Tek Yönlü Yollar



Şekildeki oto yolları tek yönlüdür ve yönler okla işaretilidir. Buna göre X'den Y'ye kaç türlü gelinebilir?

### Esrarengiz Bir Ölüm

Sıcak bir Temmuz günü sabahı, Sakarya Caddesindeki balıkçılardan biri dükkânının üstündeki depoda tavana boy-nundan asılmış olarak bulundu. İşin garibi oda bomboştu; hiçbir eşya yoktu ve tavan yüksekti. Olaya dedektif Kafacan el koydu. Büyüteçle döşemeyi incelerken orada ince talaş tozlarına rastladı. Hepsı bu. Kafacan olayı çözmüştü. Acaba nasıl?

### Mantığın Gücü



Matematik Olimpiyatları'na katılmak için 15 okuldan toplam 100 öğrenci seçildi. Kanıtlayınız ki en az 2 okuldan aynı sayıda öğrenci seçilmiştir.

### Kralların İddiası

Üç kral, zekâlarını denemek için tefeci Feci ile bahse tutuştular.

1. Kral- 100 altınına bahse girerim ki bana 500 altın verirken sana 1000 altın veririm.
2. Kral- 500 altınına bahse girerim ki bana 500 altın verirken sana 1000 altın veririm.
3. Kral- 1000 altınına bahse girerim ki bana 500 altın verirken sana 1000 altın veririm.

Tefeci Feci, hangisinin bahsini kabul etmeli? Tefeci Feci hangi kralı en feci duruma soktu dersiniz? Bir diğer deyişle hangi kral, mantığı ve matematiği zayıf olduğu için, zor duruma düştü?

### Mantık Uygulaması

Size bir seri önerme veriliyor.

- 1- İkinci önerme yanlıştır.
  - 2- Üçüncü önerme doğrudur.
  - 3- Dördüncü önerme yanlıştır.
  - 4- Beşinci önerme doğrudur.
  - 5- Birinci önerme yanlıştır.
1. önerme doğru mu, yanlış mı?

### Halkanın Alanı



İki eş merkezli daire var. Küçük daireye büyük daire içinde kalan bir teğet çiziliyor. Sonra da bu teğeti çap alan 3. bir daire çiziliyor. Kanıtlayınız ki bu 3. dairenin alanı eş merkezli daireler arasında kalan halkasının alanına eşittir.

### Amip Üremesi-I

Bir amipin ikiye bölünmesi 1 saat alsın a) Bir kavanoza M sayıda amip koyalım. 1 saat sonra N sayıda amip bulursak, amiplerin ikiye bölünme olasılığı nedir? (N/M değil).

### Amip Üremesi II

Bu amipin soyunu sonsuza dek sürdürme olasılığı nedir?

### Bellek Testi



Soldaki resme 2 dakika dikkatle bakınız. Sonra soldaki resmi bir kağıtla kapatıp sağdaki resimde nerelerin hangi renk olduğunu hatırlamaya çalışın (siyah ve beyazlar dahil).

### Tangram



### Kaplan mı Hazine mi?

Cin Ruhi ve arkadaşları Mantikos yıldızında yalnız kafadan ibaret yaratıklara esir düşmüşlerdi. Yaratıkların koca kafalarının altında küçük ayakları vardı. Düşünce yiyor ve düşünce üreterek çoğalıyorlardı. Kahramanlarımız üç kapı önüne getirildiler: A, B ve C. Şu bilgiler verildi: Bu 3 kapının arkasında ya 2 kaplan ve 1 hazine ya da 2 hazine ve 1 kaplan vardır. Kaplanın (veya kaplanların) kapısı üzerinde yazan yanlış, hazinenin (veya hazinelerin) kapısı üzerinde yazan doğrudur. A kapısında yazan: B ve C'nin arkasındakiler aynıdır. B kapısında yazan: A ve C'nin arkasında kaplan var. C kapısında yazan: Bu kapının arkasında kaplan yok.

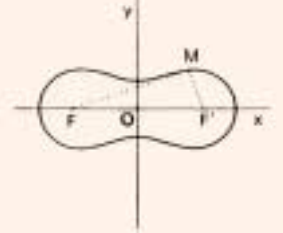
Hatırlatalım ki uzay kaplanları insan yemiyor, bir pençe darbesiyle insanı yürüten kafaya çeviriyorlardı. Bundan en çok Kafaboş korktu: "Dostlar, ben o zaman balon gibi uçarım; Ruhi ne olur kaplandan koru beni" diyordu. Hazineye ulaşmak için Ruhi hangi kapıyı açtı?

### Uydu Fırlatma Hızı

Uzayda uydu taşıyacak bir roketi ekvatordan fırlatmak mı, meridyen doğrultusunda fırlatmak mı daha fazla enerji gerektirir?

### İlginç Eğriler

Cassini oval'i



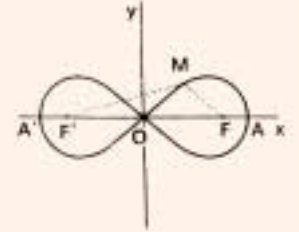
F ve F' gibi sabit iki noktaya olan uzaklıklarının çarpımı  $k^2$  gibi sabit bir sayıya eşit olan M noktalarının geometrik yeridir.

$$OF = OF' = c.$$

$$(x^2 + y^2 + c^2)^2 = 4c^2x^2 + k^4.$$

(Cassini 1747-1845)

Bernouilli lemniskat'ı



$$MF.MF' = OF^2$$

$$(x^2 + y^2)^2 = a^2 (x^2 - y^2)$$

(Bernouilli 1654 - 1705)

### 100 Kent

Bir ülkede 100 kent var. Rastgele seçilen herhangi iki kent arasındaki uzaklık, yine rastgele seçilen herhangi iki kent arasındaki uzaklıktan farklı. Her kent kendine en yakın kente doğrusal bir yolla birleştirilmiş.

a) Kanıtlayınız ki her kentten en fazla 5 yol çıkabilir.

b) Yollardan bazılarının bir çokgen oluşturması olası mıdır?

### Yüklü Parçacıklar

Bir elektrik alanında hareket eden yüklü parçacıkların çizdiği yol, o alanın kuvvet çizgileri doğrultusunda mıdır?

## Geçen Ayın Çözümleri

### Sonsuzluğu Tadalım

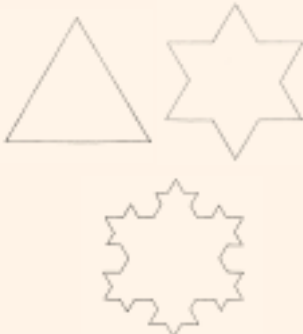
a) Bir eşkenar üçgenin kenarlarını üçe bölün (Şekil 1.). Her kenarın orta üçte birini yeni bir eşkenar üçgenin tabanı olarak alın. Yeni üçgende de aynı işlemi yapın ve buna sonuza kadar devam edin. İsveçli Helge van Koch'un (kuk okunur) 1914'de bulduğu Koch çokgenini (kar tanesi eğrisi) çizmiş oldunuz. Bu çokgenin kenar sayısı sonsuz, alanıysa sonludur. İlk üçgenin alanı 1 ise Koch çokgeninin alanı  $8/5$  dir. Üçgenleri dışa değil içe doğru çizerse-niz yine kenar sayısı sonsuz ve bu defa alanı  $2/5$  olan bir şekil bulursunuz.  $8/5 - 5/5 = 3/5$  ve  $1 - 3/5 = 2/5$ .

b) Kenarı 1 olan bir küp alalım (Şekil 2.) Küpün her yüzünü 9 eşit kareye bölelim. Her karenin kenarı  $1/3$  ve alanı  $1/9$  dur. (Şekle bkz). Ortadaki kare yeni bir küpün tabanı olsun. Bu yeni küpün hacmi  $1/3^3 = 1/27$  dir. Bu küpde aynı işlemi yapalım ve bu böylece sonuza kadar devam etsin. Koch eğrisine yaptığımız gibi bunu tekrarlayalım. Sonsuz yüz-lü bir şekil elde ederiz. Bu şekil bir küre içine sığar. O halde hacmi son-ludur.

Herhangi bir düzgün çokyüzlü (sekiz yüz-lü, on yüz-lü, on iki yüz-lü, ve yirmi yüz-lü) bu şekilde büyütülüp düzgün bir infiniedron haline getirilebilir.

c) Derecesi sonsuz olan açığı  $\alpha$  dersek  $0 < \alpha < 360^\circ$  dir.  $\alpha = 0^\circ$  ile  $360^\circ$  arasında bütün olası açılara karşılık-tır.  $\alpha = 1^\circ$ ,  $\alpha = 15^\circ$ ,  $\alpha = 122^\circ$ ,  $\alpha = 250^\circ$ ,  $\alpha = 355^\circ$ .... olabilir.

### Sonsuzluğu Tadalım



Şekil 1. Koch Eğrisi



Şekil 2. Infiniedron yapılışı

### Yine Mantık

a) Doğru, b) Doğru, c) Yanlış. Minnesota'lı ve çiçekli şapkalı bazı kadın-lar Louvre Müzesini gezmektedir; d) Yanlış, e) Yanlış, f) Doğru.

### Alo, alo! Adliye Servisi mi?

Mari 27.5, Anna 16.5 yaşındadır.  $27.5 + 16.5 = 44$ . 11 yıl önce (T tarihi) Mari 16.5 ve Anna 5.5 yaşındaydı ( $3 \times 5.5 = 16.5$ ). Anna'nın Z tarihindeki ya-şı  $16.5 \times 3 = 49.5$  ve  $5.5 \times 9 = 49.5$ ,  $49.5/2 = 24.75$  ve  $24.75 - 16.5 + 5.5 = 13.75$ .  $2 \times 13.75 = 27.5$ .

### Dost Sayılar

1210'un alikot bölenlerinin toplama-ı 1184, 1184'ün alikot bölenlerinin toplamı 1210'dur (Her sayının bölenleri arasında kendisi de vardır. Bir sayının kendisini içermeyen bölenlerine alikot bölenler denir). Örneğin 6'nın bölenleri 1, 2, 3 ve 6'dır. 6'nın alikot bölenleri 1, 2, ve 3'dür.  $1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 37 + 74 + 148 + 296 + 592 = 1210$  (bunlar 1184'ün alikot bölenleri).  $1 + 2 + 5 + 10 + 11 + 22 + 55 + 110 + 121 + 242 + 605 = 1184$  (bunlar 1210'un alikot bölenleri). Eskiler dost sayıları biliyorlardı. Pisagor "iki dost 220 ile 284 gibi olmalıdır" demişti. 11. yüzyılda bir Arap matematikçisi sevgilisine 220'yi yedirmiş, kendi de 284'ü yiyecek bir çeşit büyü yapmıştı. İncil'de Yakup'un 220 keçisinin olduğu yazar; belki de 284 keçisi olan Esau'nun dostluğunu arıyordu. Euler 1750'de 60 çift dost sayı verdi; fakat ikinci en küçük çift olan 1184 ve 1210'u atlamıştı; bunları 1866'da B.N.I. Paganini adlı 16 yaşında bir oğ-lan buldu.

$a = 3 \cdot 2^{x-1}$ ;  $b = 3 \cdot 2^{x-1} - 1$ ;  $c = 9 \cdot 2^{2x-1} - 1$  ( $x > 1$ ) alalım. a, b ve c asalsa  $2^x$  ab ve  $2^x$  dost sayılardır.  $x=2$  için 220 ve 284 bulunur. Birkaç dost sayı çifti verelim: 2620-2924; 5020-5564; 6232-6368; 10744-10856 vb.

Şimdi sürekli olarak alikot bölenleri toplayalım: 20'nin alikot bölenlerinin toplamı  $= 1 + 2 + 4 + 5 + 10 = 22$ ; 22'nin alikot bölenlerinin toplamı  $= 1 + 2 + 11 = 14$ ; 14'ün  $1 + 2 + 7 = 10$ ; 10'un  $1 + 2 + 5 = 8$ ; 8'in  $1 + 2 + 4 = 7$  ve 7'nin 1.

Birçok sayı bu işlemlerle 1'e iner; bazılarıysa sonuza gider. Az önceki 6 toplam  $s(n)$ ,  $s^2(n)$ , ...,  $s^6(n)$  olarak gösterilir; burada  $s^2$  kare değil, 2. toplamdır (yukandaki örnekte  $s^2(n) = 14$ ). Şimdi 12496'ya bakalım:  $s(n) = 14288$ ,  $s^2(n) = 15472$ ,  $s^3(n) = 14536$ ,  $s^4(n) = 14264$  ve  $s^5(n) = 12496 = n$ . Başlangıca döndük. Fakat en ilginç şudur;  $s^{28}(14316) = 14316$ . Ayrıntı için Bkz. Recreations in the Theory of Numbers. A. H. Beiler Dover Pub.

### Düzgün Çokgen ve Daire

Kenar sayısı 3, 4, 5, 6, 8, 10 veya bu sayıların iki katı olan düzgün çokgenlerin çizimi Pisagor (M.Ö. 530) bu manından beri biliniyordu. Eski Yunanlılar düzgün yedigenin pergel-cet-

velle çizilemediğini biliyorlardı. Böylece hangi çokgenlerin pergel ve cetvelle çizilebileceği araştırılmaya başlandı. Bu soruya ancak Gauss (1777-1855) yanıt verebilmiştir. Fermat sayıları ile bu konu yakından ilgilidir.  $2^{2^n} + 1$  şeklindeki sayılara Fermat sayıları denir; Fermat bütün bu gibi sayıların asal olduğuna inanıyordu. Gerçekten  $n=0$  için 3,  $n=1$  için 7,  $n=2$  için 17,  $n=3$  için 257 ve  $n=4$  için 65537 asal sayılardır. Fakat  $n=5$  için  $2^{2^5} + 1$  sayısının  $(2^{32} + 1)$  asal olmadığı Euler tarafından kanıtlandı. Pergel ve cetvelle çizilebilen düzgün çokgenler, kenar sayısı Fermat sayıları olanlardır; yani düzgün üçgen, beşgen, 17 gen, 257 gen ve 65537 gendir. (Ne kadar esrarengiz bir olgu:  $2^{2^2}$  ile bir çokgenin cetvel ve pergelle çizilebilmesi arasında nasıl bir ilişki olabiliyor?); Aslında Gauss teoremine göre m bir tamsayı ve  $p_1, p_2, p_3 \dots$  Fermat sayıları olmak üzere, kenar sayısı  $2^m \cdot p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \dots$  olan bütün çokgenler pergel ve cetvelle çizilebilir; yani Fermat sayıları esas olmakla birlikte çizilebilen çokgen sayısı 5'in çok üstündedir. Örneğin  $2^4 \cdot 3 \cdot 7 = 16 \cdot 21 = 336$  kenarlı düzgün bir çokgen de cetvel ve pergelle çizilebilir. Böylece 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 16, 17, 20, 24, 32, 34... kenarlı çokgenler çizilebilir; 7, 9, 11, 13, 14, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33 ... kenarlı çokgenler çizilemez.

Bir çokgenin etrafına çevrel çember çizilebilmesi (veya bir daire içine bir çokgen çizilebilmesi) dairenin n eşit parçaya ayrılabilmesiyle olasıdır; böylece 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 20, 30, 45, 60, 90 ... kenarlı çokgenler daire içine çizilebilir (360, bunların her-biryle bölünebilir).



### Hedefler

Kenarları 2 km olan bir eşkenar üçgenin çevrel çemberini çizelim. Pergeli 2 km açıp A, B ve C noktalarına koyarak BC, AC ve AB yaylarını çizelim. Tanklar beyaz alanda olmak zorundadır (nedenini düşününüz). Dairenin yarıçapı Pisagor'a göre ve yükseklikler birbirini  $1/3$  h,  $2/3$  h şeklinde keser kuralı gereğince

$$\frac{2/3}{3} = 1.15 \text{ km olmalıdır.}$$

### Saf Mantık

Tek sayılı sıralardaki siyah kare kümesine A, çift sayılı sıralardaki siyah kare kümesine B, tek sayılı sıralardaki beyaz kare kümesine C diyelim, A, B ve C kümelerindeki taşların toplam sayısı sırasıyla n, m ve k olsun. 1, 3, 5 ve 7. sıraların her birinde tek sayıda taş var. A ve C kümelerinin toplamı 1, 3, 5 ve 7. sıraların toplamını verir (A kümesi 1, 3, 5 ve 7 sıraların siyahlarını, C kümesi 1, 3, 5 ve 7. sıraların beyazlarını verir. Bu ikisi bir arada 1, 3, 5 ve 7'nin bütün karelerini verir). 1, 3, 5 ve 7'nin herbirinde tek sayıda taş ol-

duğundan, dört tek sayının toplamı ise çift olacağından,  $n+k$  çift olmak zorundadır. B ve C kümelerinin toplamıysa b, d, f ve h sütunlarının toplamını verir (1b, 3b, 5b ve 7b beyaz ve 2b, 4b, 6b, 8b siyah; bunların toplamı b sütununu verir; aynı mantık d, f ve h sütunları içinde geçerli). Bu nedenle  $m+k$  çift olmak zorundadır (4 tek sayının toplamı çifttir).

$n+k = 2a$  ise (çift) ve  $m+k = 2b$  ise (çift)  $n+k+m+k = 2a+2b$  ve  $m+n = 2(a+b-k)$ . Demek ki  $m+n$  çifttir; yani tahtanın siyah karelerinde (A ve B kümelerinin toplamı tahtanın bütün siyah karelerini verir) çift sayıda taş vardır.

### Çılginca Oyunlar

a) 1. oyuncu kırk çizgiyi aşağı doğru devam ettirdiği sürece oyunu kaybedemez. Hamle yapılamadığı zaman, kırk çizgi kendi üstüne kapanmış demektir. Kırk çizgi yalnız çift sayıda hamleden sonra kapanır. Bu nedenle 2. oyuncu ne yapsa oyunu kaybetmez. (2n. hamleyi 2. oyuncu yapıp kırk çizgiyi kapatır; 1. oyuncu artık hamle yapamaz ve kaybeder).

b) 1. oyuncu tek n ile, 2. oyuncu çift n ile kazanır. Her düğümde, o düğümünden çıkan kesilmemiş iplerin sayısını yazalım. Bu sayıların toplamı  $n \times n$  karelik ağ için  $3.4(n-1) + 4(n-1)^2$  olacaktır; bu, 4'e bölünür. Ağı ikiye bölmeyecek maksimal kesi sayısı  $2n^2 + 4n - 8$ 'dir. Bu ifade n tek ise 4'e bölünmez, çiftse bölünür. Her kesiş düğüm sayısını 2 azaltır.

### Tangram



### 10 Çift Çizme

En fazla 5 kişi çizmesiz kalabilir. Bütün ayaklar aynı büyüklükte olsaydı kimse çizmesiz kalamazdı. Bunun tam aksi, en kötü olasılık, her ayağın farklı büyüklükte oluşudur. Çizmelerin büyüklük sırasını 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ile gösterelim.

1, 10'un; 2, 9'un; 3, 8'in 4,7'nin; 5, 6'nın çizmesini giyer; geriye 1, 2, 3, 4, 5 No lu çizmeler ve ayağı 6, 7, 8, 9, 10 olanlar kalmıştır. 6, 7, 8, 9, 10 tabii ki çizmesiz kalır.

### Tutuklu İkilemi

A itiraf ederse 5 veya 10 puan alır; yani ya hafif bir hapis yer (5 puan) ya da serbest kalır (10 puan), A susarsa ya orta derecede bir hapis ya da ağır hapis yer. B için de benzer mantık geçerlidir. O halde ikisinin de en lehine olan durum itiraf etmektir. Bu kararı almak için görüşmelerine gerek yoktur; mantıkla bu sonuca varılabilirler.

A ve B'nin davranışları	A itiraf eder	A susar
B itiraf eder	Durum iyice: 5 puan	Durum kötü: -10 puan
B Susar	Durum iyi: 10 puan	Durum orta : 0 puan



## İlettikleriniz

### Konusunda Tek Dergi

Dergimi yaklaşık 10 yıldan fazla süredir almaktayım. Ülkemizde bilim ve magazin konularını bir arada sunan, konusundaki tek dergiye benim dergim dememde sanırım bir sakınca yoktur.

Derginin özellikle son sayılarında okurlarca dile getirilen bazı isteklere ben de katılmaktayım. Bunlardan biri posterlerle ilgili; kimse verdiğiniz posterlerin içerik ve baskı kalitesini eleştirmemekte. Ancak çift taraflı baskı poster kullanımını kısıtlamaktadır. Benim önerim posterin ya tek taraflı baskısının yapılması ya da bir poster verilmesidir. Çevremden bazı sayılardan iki tane alan kişiler var.

Diğer bir konu da CD verilmesi. Bilgisayar kullanımının yaygınlaştığı Türkiye'de artık bunun halledilmesinin gerektiğini düşünmekteyim. Dergi fiyatının artırılması gerekiyorsa sürekli dergiyi alanların bu konuda itirazının olacağını sanmıyorum.

Semih Öge  
Ankara

### Dergimden İstediklerim

Mart 2000 sayınızdaki bazı konular hakkında görüşlerimi iletmek istiyorum. İlgileneniz sevinirim.

Konu 1: Nükleer enerji. Bu konuyu çok güzel anlatmışsınız. Ama Fransa'daki güneş fırınından alternatif bir yol olarak hiç bahsetmiyorsunuz. Daha doğrusu kimse bahsetmiyor. Halbuki Toros Dağları'nın güney yamaçları böyle bir uygulama için çok uygun ve çevre kirliliği olasılığı, standart bir güneş ışığının verebileceği zarar kadar, yani sıfır. Hiç öyle aşırı bir teknoloji falan da gerekmiyor. Üstelik sıcaklığı gece de devam ettirmek için ne kullanılıyor biliyor musunuz? Bildiğimiz sofra tuzu. Boruların içinde

sıvı halde 1000 derecenin altına düşmeden dolaşıyor. Sabah güneş doğar doğmaz da yine ikibinlere fırlıyor. Sizin bir yazınız vardı. O yazıyı yeniden yayınlama vakti geldi!

Konu 2: Kuşların tüyleri. Yine dergimizde yayımlanan, yanlış hatırlamıyorsam 1997 Mayıs olacak, "Boyunuzdan Memnun musunuz?" diye bir yazı yayımlanmıştı. O yazı bence bütün dünya belgesellerinin özetidir ve anahtar gibidir. Çünkü ayrıntılı matematik hesaplarına kadar inerek, enerji metabolizması ve canlıların iriliği konusunu ele almaktadır. Özetle anlatılan şudur: Bir canlı ne kadar küçükse, yerçekimi onun için o kadar önemsizdir. Bir canlı ne kadar küçükse birim ağırlığa oranla o kadar çok enerji harcayarak yaşar. Bir fil zıplamayı düşünmez bile. Ama bir köpek duvarlara tırmanır, bir sinekse hiç inmeden bütün günü havada geçirebilir. Çünkü enerji üreten doku büyüdükçe ürettiği enerji de artmakta ama, kendi ağırlığı da artmaktadır. Bunun çok tipik bir uygulaması kuşlardır. Belli bir sınırı aşan kuş uçamaz. Daha doğrusu uçabilen canlıların bir büyüklük sınırı vardır. Devekuşu gibi sınırı geçerse uçamaz, ama koşar. Sınırdaki kuş, albatrostur. Tıkabasa karnını doyurduğunda sınırı geçer ve havalanamaz. Akbaba da iri bir kuştur, gökyüzünün planörüdür, dev kanatları yüzünden pike yapamaz, yani avlanamaz, açlıktan ölmek için mecburen leş yer. Kuş tüyleri de böyledir. Aynı büyüklükteki balık pu-

luyla tüyden, tabii ki tüy daha hafiftir. Bu da kuşların yaşam kilitidir. Bence o yazıda asıl anlatılması gereken bilimsel nokta eksik kalmıştır. Tüyün rengi kuşu kuş yapmaz. Hafif ve sağlam olması yapar. Ama yine de olağanüstü bir enerji metabolizmaları olmasa, kuşlar yaşayamazlar. Çünkü uçmak, çok enerji gerektiren bir iştir. Tüyler, halkanın sadece bir parçasıdır. O yazıda hepsi anlatılıyordu.

Bu yerçekimi ve canlıların irilik meselesi bence önemli; çünkü şu sıra basında bu konu, uzayda döllenme bahsi olarak sıkça işleniyor ve uzayda seks adı altında, ciddiyetten uzaklaşarak konuyu işliyorlar ve bence hiç de bilimsel yaklaşmıyorlar. Yapılan araştırmalarda ağırlıksız ortamda spermatozoid hareketliliğinin %20 azaldığı saptanmış, ama patogenezi bilinmiyor. Bence bu doğrudan enerji üreterek hareket eden bir canlının büyüklüğü ile ilgilidir. Tek bir hücre boyutunda, enerji üreterek hareket eden bir canlı için aslında yerçekiminin anlamsız derecede az önemli olması gerekir. Ama böyle olmadığına göre, araştırılacak daha çok şey var demektir.

Sizlerden ricam, "Boyunuzdan Memnun musunuz?" adlı yazıyı elden geçirip yenden yayımlamanız ve histoloğlara şu uzayda hücrelerin davranışı konusunda güzel bir makale yazdırmanızdır.

Yayın hayatınızda başarılar dilerim.

Gazi Başdoğan  
Nevşehir

### İnternet'de İndeksiniz Olmalı

Yayınlarınızı 333. sayınızdan bu yana takip ediyorum. Derginizi takip etmeye başladığımda arşivleme konusunda sıkıntım yoktu ve sayı az olduğundan neyin nerede olduğunu biliyor ve bir konuyu tartışmak istediğimde hangi sayınızı kanıt olarak sunabileceğimi biliyordum. . . Kısacası belli bir sayıya kadar derginize ve konulara hakimdim. . .

Ancak geline sayı Mayıs 2000 itibarıyla 390. Artık okuduğum çoğu makalenin, çevirinin nerede ne zaman, hangi sayının içeriğinde yer aldığını bulmak oldukça zorlaştı. . .

Bu sebeple evimdeki bilgisayarımda oluşturduğum bir veritabanına sayılarınızın kapak isimlerini ve indekslerini girmeye başladım, henüz bunun çok başındayım ve oldukça uzun bir çalışma beni bekliyor. . . Bu çalışmayı siz de gerçekleştirebilirsiniz.

Gürkan Durukal

### Türkiye Çöl Olmayacak

2 yıla yakındır derginizi incelemekteyim. Haberlerinizin çoğunu dış kaynaklar oluşturmakta. Niçin kendiniz bir haber yapamıyorsunuz, yoksa bütün dünya dergileri de böyle mi?

Asıl amacım Türkiye çapında Greenpeace nitelikli bir grup oluşturmak. Bunun için de derginizin yardımına ihtiyacım var. Eğer adresimi

### Mektuplaşmak İsteyenler...

#### İngilizce

Sekan Eroğlu  
Trabzon  
e-posta:  
serkan\_er@hotmail.com

#### Genel

Kuday  
İzmir  
e-posta:  
kuday56@hotmail.com

#### Genel

Veysi Özer  
Pınarbaşı mah.  
2213. sok No: 1  
Batman

#### Bilgisayarlar

Melih Rıza  
Denizli Merkez  
Anadolu Teknik Lisesi  
No:79 Sınıf Atl-1

#### Denizli

e-posta:  
ed\_melih@hotmail.com di\_er

#### Şiir

Mehmed Gönenç  
Bahçeli Evler mah  
1641. Sok  
No : 15 Kat : 2  
Batman

#### İngilizce-Elektronik

Mustafa Teke  
Elektrik-Elektronik Müh.

#### Hazırlık Sınıfı

06531-ODTÜ  
Ankara  
e-posta:  
mustafateke@hotmail.com

#### İngilizce-Genel

Mehmet Fatih Yelci  
İsmet İnönü mah. 737  
sok. Blok:3 no:3  
31200 Iskenderun  
Hatay  
e-posta:  
fatih\_yelci@hotmail.com

derginizde yayımlarsanız bana çok yardımcı olursunuz.

"Türkiye çöl olmayacak buna inanın".

Mehtmet Akkaya  
Gemiler Çekęęi Mah.  
Tozlu Sok. Yenikent apt.  
B Blok 28/7 Giresun  
e-mail:mehmet\_akkaya@hotmail.com

## Nükleer Santrallerin KarşısındaYım

Öncelikle böyle düzeyli bir dergi çıkardığınız için sizi kutlarım. Ben 18 yaşında bir lise son sınıf öğrencisiyim. Ayrıca derginizin abonesisim.

Nükleer santrallara kesinlikle karşıyım. Mart sayınızda ki nükleer santralların gerekli olduğunu belirten yazınız açıkçası beni üzdü. Yazınızdan anladığım kadarıyla dünyada enerji sorununun çözümü için gelişmiş ülkelerin nükleer santrala yöneldiğini söylemişsiniz. Bu açıklamanız geçmiş için bence doğru; fakat günümüz koşullarına göre yanlış. Gelişmiş birçok ülkede nükleer santrallar kapatılmaktadır. Buna İngiltere, Kanada ve Almanya'yı örnek verebiliriz. Ayrıca Kanada'daki nükleer santralların çevresindeki yerleşim birimlerinde kanser belirtilerinin arttığı tespit edilmiş ve Kanada Sağlık Bakanlığı burada yaşayanların düzenli olarak sağlık kontrolünden geçmesi gerektiğini belirtmiştir.

Bence nükleer santrala karşı olanların kesinlikle haklı olduğu ortaya çıkmaktadır.

Nevzat Samet Baykal  
İsmir

## Teknik Liselerin Sorunu

Atatürk Anadolu Teknik Lisesi'nde Bilgisayar Bölümü'nde okuyorum. Bizim okulumuz hazırlık ile beraber beş yıllık bir lise. Benim sizden istediğim bizim sesimizi duyurmanız. Mümkünse bir sayınızda bizim bu sorunu muza yer vermeniz: Ben 4 yıldır bilgisayar donanımı, MS-DOS, Windows, Pascal, C, Basic, Excel gibi birçok programlama dili ve paket program öğrenmeme rağmen, bizim bilgisayar mühendisliğine

gitmemiz engelleniyor. Bu yeni sınav sistemine göre, bize sadece yüksek okul ve bilgisayar öğretmenliğinde ek puan veriliyor.

Bilgisayar mühendisliğini kazanan her insanın mühendislik okumaya hakkı olmalı. Fakat bizim üzüldüğümüz, 4-5 yıl o bölümü okuyup da, mühendisliğine gidememek. Bu yalnızca bizim için değil kimya, elektronik ve diğer bölümlerdeki arkadaşlarımız için de geçerli. Bu haksızlığı düzeltmemizde yardımcı olursanız çok sevineceğiz.

Onur Göncüoğlu  
Mersin

## Önerilerim Var

Doğu Akdeniz Üniversitesinde okumakta olan 19 yaşında bir gencim. Daha okula yeni başladım ve daha önce İstanbul'da okuyordum.

Klasik olduğu için, Bilim ve Teknik dergisinin çok muhteşem olduğunu belirten kelimeler kullanmayacağım; çünkü bunu artık herkes biliyor. Gerçekten de çok iyi bir iş çıkartıyorsunuz.

Bu yazıyı yazma amacımı söyleyeyim isterseniz: İlk olarak Bilim ve Teknik dergisinin, benim de ilgi alanım olan gökbilimine ve uzay hakkındaki her şeye biraz daha sayfa ayırmasını istiyorum.

Şu an bulunduğum yer itibariyle (Kıbrıs), TÜBİTAK'ın diğer yayınlarını takip edemiyorum. Dergimizde özellikle, biz öğrencilere faydalı eğitim programları sunan İnternet kanallarının tanıtılmasını bekliyorum.

Cem Demirci

## Bilgi Erdemdir

19 yaşında, Kocaeli Üniversitesinde okuyan bir öğrenciyim. Tam 53 aydır derginizin sıkı bir takipçisiyim. Son yüzyılın en fazla zarar veren depremlerinden birini, depremin merkez üssünün çok yakınında oturan biri olarak yaşadım. Eylül ayından itibaren bu zamana kadar konusunda uzman kişilerin ağzından yayımladığınız Marmara Bölgesi'nin deprem gerçeğiyle ilgili yazıları büyük

bir zevkle okudum. Derginin bu konunun üzerinde fazlasıyla durması beni çok sevindirdi. Artık Marmara'da ileride bizleri ne gibi bir tehlikenin beklediğini biliyorum. Fakat etrafımdaki birçok insanın durumunu gördükçe sinirleniyorum. Onların "duydunuz mu yarın deprem olacakmış" ya da "ayın bilmemkaçıyla bilmemkaçı arasında deprem bekleniyormuş" gibi saçmasapan sözler söyleyip panik yaptıklarını gördüğümde onlara gülmekten başka bir karşılık veremiyorum. Çünkü konunun aslını Bilim ve Teknik sayesinde çok iyi biliyorum. Onlarsa bu tür yanlış şeyleri televizyondan, gazetelerden ya da oradan, buradan öğreniyorlar. Ve sonunda diyorum ki bilgi erdemdir.

Bunun yanında, makine mühendisliğinde okuyor olmama rağmen bu dergi sayesinde astrofizik, parçacık fiziği ve uzay bilimleri konularında çok geniş bir bilgi birikimine sahip oldum. Bütün bunlar için Bilim ve Teknik'e teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak bir şey daha var; niçin bu kadar inatçısınız? Evet, niçin direniyorsunuz? Derginin okuyucularından gelen yazıların yüzde doksandında CD isteniyor. Fakat siz vermemekte ısrarlısınız. Nedenini bir türlü anlamıyorum. Bunu bir kere daha düşünün. Lütfen ama lütfen posterleri de tek taraflı basın.

Erhan Yüksek  
Değirmendere/Kocaeli

## CD İstiyorum

16 yaşındayım ve derginizi severek okuyorum. Öncelikle bizi araştırmalarınızla bilgilendirdiğiniz için ve birçok soruya yanıt verdiğiniz için teşekkür ediyorum. Türkiye'de bilimsel gelişmelere önem veren ve kalitesi tartışılmaz tek derginin Bilim ve Teknik dergisi olduğundan hiç şüphem yok.

Dergiyle birlikte CD de verirseniz sevinirim. Bunu son iki sayıda başka arkadaşlar da söylemişti.

Fatih Baştuğ

## Bilimsel Kuruluşların Görevi Ne?

Derginizin Mart sayısında şöyle bir cümle var: "Türkiye'de yılda, trafik kazaları nedeniyle 7000'e yakın insan ölüyor; 60 000 kadarı da sakat kalıyor. Fakat otomobil kullanımının yasaklanmasını isteyen yok.

Çeşitli iş kollarında meydana gelen kazalarda ölenlerin bir yıllık dökümü belki de şimdiye kadarki tüm nükleer kazalarda ölenlerin sayısından fazla. Bu riskler olağan sayılırken nükleer enerjiye karşı sert tepki gösteriliyor." diye geçmekte. Şimdi, bilimin amacının insan hayatını risklerden uzak tutmak olduğu tartışılmaz bir gerçek. Sizin bir bilim kuruluşu olarak yaptığınız nedir? Sizin göreviniz ulusun ve insanlığın çıkarlarını gözlemek değil mi? Böyle bir kıyaslamayı inanarak mı yapıyorsunuz? Bunu anlamakta güçlük çekiyorum. Bilim kuruluşlarının görevi trafik kazalarında meydana gelen can, mal kaybının önlenmesi için de çözüm üretmek değil midir?

Hasan Şevki Çiğçi  
Büyükdere/İstanbul

## Bilim Kulübü

ODTÜ'de öğrenciyim. Bilim ve Teknik'i izlemeye lise 2. sınıfta kimya hocamızın önerisiyle başladım. Gerçekten yeni konular öğrenmek beni çok heyecanlandırıyor ve her ayın başını iple çekiyorum.

Bu yazıyı yazmamın asıl sebebi sizlere birkaç öneride bulunmak.

Ben bilime ve onun farklı dallarına ilgi duyan gençlerin İnternet'le biraraya gelebileceği bir "Bilim Kulübü" kurulmasını istiyorum; böylece birbirimize kolayca ulaşabiliriz. Ayrıca, kolayca yararlanabileceğimiz bir İnternet arşivinin kurulması çok iyi olur.

Yayınlarınızın başarılı bir şekilde devam etmesini dilerim.

Mustafa Teke  
Ankara

## Yayın Dünyası

Murat Dirican



**Sokrates İnternet'te**  
Bir Medya Felsefesi İçin  
Denis Huisman  
Çeviren: Kerem Eksen Güncel Yayıncılık İstanbul Mart 2000

Özel TV ve radyoların kurulmasıyla birlikte ülkemizde de batılı anlamda bir medya kurulmuş oldu. Toplumsal etkisi görece zayıfken bile, devlet yöneticilerinin hüsnuna uğrayan basın, bir yandan özgürlük temsilcisi olarak görülürken, öte yandan bireysel hayatları da yıkıma sürükledi. Bugün belirli bir okuyucu kitlesi, gündelik haberleri ve değerlendirmeleri medyadan alıyor; ama hepimiz, yakın geçmişin tek kanallı, resmi görüşlü devlet televizyonunun ve gazetelerinin yaydığından daha fazla bir bilgi yığını ve bu yığının hayatlarımızda yarattığı değişikliklerle karşı karşıyayız. Denis Huisman, işte bu etkili aracın toplumsal ve siyasal etkilerini incelemekle kalmıyor aynı zamanda, konuya felsefi bir bakış getirerek, medyanın düşünce hayatında yol açtığı değişiklikleri de sorgulamamızı sağlıyor.

Kitabın ana sorununun bir "medya felsefesi" olduğu söylenebilir. İletişim ve felsefe arasındaki ilişkilerin tarihi, eleştirel düşünce tarafından yalnızlığa terk edilen ve medyanın in-

safına bırakılan toplumumuzun geçirdiği manevi krizi gözler önüne seriyor bu kitap. Ayrıca, Sokrates'den Habermas'a kadar felsefe öğretilerinin hepindeki iletişim kavramını irdeleyen, iletişim ve felsefe arasında geçmişte yaşanan ayrılığa da dikkat çekiyor.



**Bilimsel Devrim**  
Steven Shapin  
Çeviren: Ayşegül Yurdaçalış İzdüşüm Yayıncılık İstanbul Mart 2000

"Bilimsel devrim diye bir şey olmamıştır; bu kitap işte bunu anlatıyor." California Üniversitesi sosyoloji profesörü Shapin, modern bilimsel dünya görüşünün köklerine yaptığı tarihi keşif yolculuğunu, işte bu sav üzerine temellendiriyor. Shapin, erken modern felsefenin hem gündeminden, hem de politik bağlantılardan ve dinsel yaklaşımlarından etkilendiğini gösteriyor. Bilime, pratikte hiçbir işlevi olmayan, uçuk birtakım fikirler toplamı olarak değil, bilmenin ve yapmanın, tarih boyunca geliştirilmiş yolları olarak bakıyor Shapin. Ortaya koyduklarıyla sarsıcı olduğu kadar karmaşık da olmasına karşın, son derece açık ve kolay okunabilir bir kitap. *Bilimsel Devrim* için, bilimsel bilgiye ve uygulamalarına ilişkin anla-

yışımızı etkileyecek bir tarihsel, sosyolojik ve felsefi duyarlılıklar toplamı da diyebiliriz.



**Anadolu'da Büyük İsyan 1591-1611**  
William J. Griswold  
Çeviren: Ülkün Tansel Tarih Vakfı Yurt Yayınları İstanbul 2000

Kuyucu Murad Paşa'nın Celali isyanlarını kanla bastırması ünlüdür. Ancak, Anadolu'yu yıllarca derinden sarsan, halkı yerinden edip, "büyük kaçgun" a yol açan bu ayaklanmaların tarihi üzerinde ne yazık ki çok az çalışma yapılmış bugüne değin.

Tarihçi William J. Griswold'un bu kitabı, Celaliler'in güçlenmesine yol açan Haçova meydan savaşıyla başlıyor ve o dönem için büyük Celali hareketinin bastırılmasını simgeleyen Sultan Ahmed Camisi'nin yapımına başlanmasıyla son buluyor. Griswold; Karayazıcı, Deli Hasan, Kalenderoğlu Mehmed gibi Celaliler'in Osmanlı siyasi sistemini yıkmaya da bu sistemden ayrılma amacıyla olmadıklarını, tersine bu sistemin içinde yer almak istediklerini, oysa Canbuladoğlu Ali Paşa'nın farklı olarak Kuzey Suriye'de ayrı bir devlet kurmak istediğini öne sürüyor. Ama ister Celaliler, ister Canbuladoğlu Ali Paşa'nın ayrılıkçı hareketi olsun, her iki isyan da

yönetici Osmanlı seçkinlerini şaşkına çevirmiş ve önemli siyasi değişikliklere yol açmıştı. Yaşlı sadrazam Kuyucu Murad Paşa'nın bu korkunç isyanları bastırmadaki akıl almaz başarısıya İstanbul'a rahat bir soluk aldırılmıştı.



*Bilimde ve Sanayide*  
**Kimya Tarihi**  
Zeki Tez  
Nobel Yayınları  
Dağıtım  
Ankara 2000

*Bilimde ve Sanayide*  
**Kimya Tarihi**

hi, ülkemizde çok da fazla ürün verilmeyen, bilim tarihi alanında yayımlanmış, az sayıdaki yetkin çalışmalardan biri. İlk kez 1986 yılında *Kimya Tarihi* adıyla yayımlanan kitabın bu baskısında; sanayi devrimi sırasında ve sonrasında kimya sanayisinin biçimlendiği koşullar ve günümüze ulaşan gelişme çizgisiyle ilgili konulara biraz daha geniş yer verilmiş. Kitapta ilginç çizimler eşliğinde İlkçağ'dan günümüze değin, belli dönemler halinde kimya ve kimya sanayisinin gelişimi (bazı açılardan ilginç ayrıntılarla bezenerek) olabildiğince kolay anlaşılır bir dille anlatılmış. Buna karşılık, konuyla ya da en azından doğa bilimleriyle uzaktan yakından ilgisi olmayan okurlar için bazı kimyasal kavram ve olguların anlaşılmasının da ek bir çabayı gerektirdiğini söylemek gerek.



**Kaplan! Kaplan!**  
Bilimkurgu  
Alfred Bester  
Altıkkırkbeş Yayınları  
Çeviren: Serap Şenkul Tezcan  
İstanbul, Mart 2000



**Herkesin Bilmediği Olağanüstü Yerler**  
Gezi  
Sevan Nişanyan,  
Müjde Nişanyan  
Boyut Kitapları  
İstanbul, Mart 2000



**21. Yüzyıl ve Türkiye**  
Araştırma  
Erol Mütercimler  
Güncel Yayıncılık  
İstanbul, Şubat 2000



**Amatörler için Dijital Fotoğrafçılık**  
Fotoğraf  
Julie Adair King  
Çeviren: Caner Özer  
Dünya Yayıncılık  
İstanbul, Mart 2000

### Yirmi Yedinci Adam

Öykü  
Nathan Englander  
Çeviren: Elif Uras  
Dost Kitabevi Yayınları  
İstanbul, Mart 2000



### Mühendisler ve İdeoloji

Nilüfer Göle  
Metis Yayınları /  
Tarih Toplum  
Felsefe Dizisi  
İstanbul  
Haziran 1998



### Front Page 2000

Kim Korkar  
Bilgisayardan  
Bilgisayar  
Cenk Tarhan  
Pusuyla Yayıncılık  
İstanbul, Mart 2000



### Bir Bakışta İnternet Explorer 5

Bilgisayar  
Çeviren: S. Buğra Ercilasun  
Arkadaş Kitabevi  
Ankara, 2000

