

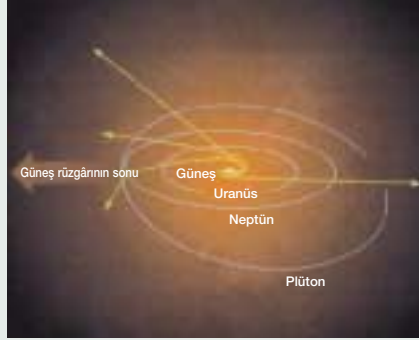


Raşit Gürdilek

Sizleri Unutmadık...

Yıllarca önce dış gezegenlere gönderilen keşif araçları, görevlerini uzun süre önce tamamlamış olmalarına karşın Güneş Sisteminin dışına doğru yolculuklarını sürdürüyorlar. Bunlardan Pioneer 10, Güneş'ten 11,2 milyar km ya da 75 Astronomik Birim uzaklıkta bulunuyor. (1 Astronomik Birim [AB], Dünya'nın Güneş'e ortalama uzaklığı = 150 milyon km).

Araç, ekliptik düzleminde Samanyolu'nun merkezine ters yönde, Boğa takımyıldızına doğru yol alıyor. Şimdi NASA'nın uydu kontrol görevlilerinin eğitilmesinde kullanılıyor. Öteki üç araçsa gökadamızın merkezine daha yakın yönlerde yıldızlararası boşluğa doğru ilerliyorlar. Ancak hızları görece çok düşük olduğundan, Güneş'in gökada merkezi çevresindeki yörüngesinden fazla uzaklaşamayacaklar. Bun-



lardan Pioneer 11, ikizinin ters yönünde Kalkan takımyıldızına doğru yol alıyor. Tüm sistemleri durmuş olan araç halen Güneş'e 52 AB uzaklıkta ve ekliptik düzleminin de 14 AB kuzeyinde.

Daha sonra fırlatılmalarına karşın daha hızlı yol alan Voyager uzay araçları, Pioneer 11'i geçmiş durumda. Dürbün takımyıldızına doğru yol alan Voyager 2, Güneş'e 61 AB uzaklıkta ve

ekliptik düzleminin 26 AB güneyinde bulunuyor. Yıldızlararası boşluğa en yakın elçimizse, Voyager 1. Yılancı takımyıldızına yönelmiş olan araç, Güneş'ten 76 AB uzaklıkta.

Başka bir ölçeğe vurulduğunda, bu 10 ışık saatinden daha fazla bir uzaklık anlamına geliyor. Oysa, Güneş'in saniyede 300 000 km yol alan ışığı, Dünya'mıza yalnızca sekiz dakikada ulaşıyor. Voyager 1, ekliptik düzleminin de 44 AB kuzeyine tırmanmış durumda. Her iki Voyager aracı da insanlık için son görevlerine hazırlanıyorlar: Hâlâ çalışır durumda bulunan parçacık ve radyo dalgası algılayıcılarıyla, Güneş rüzgârındaki parçacıkların ulaşabildiği en büyük uzaklıkla, yıldızlararası boşluk arasında "heliyopoz" diye adlandırılan sınır noktasını belirleyecekler.

Sky & Telescope, Ağustos 2000

Bilimkurgu Okuyun Kazanın

Koltuğa yayılıp televizyonda "Uzay Yolu"nu izlerken artık suçluluk duymanıza gerek yok. Çünkü bilimsel çalışmaya yapıyorsunuz! Avrupa Uzay Ajansı ESA, herkesi bilimkurgu kitapları karıştırıp, bu türden filmler izleyerek insanlığı şimdiye değin ulaşamamış noktalara taşıyacak teknolojileri bulmaya çağırıyor.

Aslında kurum pek haksız da sayılmaz. Bilimkurgunun daha önce de geleceği isabetle tahmin ettiği gerçek. Arthur C. Clarke, daha 1945 yılında Dünya'nın sa-



bit yörüngelere yerleştirilmiş iletişim uydularıyla çevreleneceğini öngörmüş. ESA, günümüzdeki bilimkurguda da benzer mücevherlerin saklı olabileceği görüşünden hareketle, literatürü tarayıp yaratıcı düşünceleri ortaya çıkaracak çalışmalar için maddi destek sağlayacağını açıklamış. Ajans, OURS Vakfı adlı bir İsviçre uzay kültürü kulübü ve Maison d'Ailleurs adlı bir bilimkurgu müzesiyle birlikte, bilimkurguda sıkça işlenen nanoteknoloji, kütleçekimini ortadan kaldı-

ran düzenekler ve kurt delikleri aracılığıyla uzayı boydan boya kat etme gibi konular üzerinde ayrıntılı raporlar istemiş. Adı geçen kuruluşlar ayrıca, ilgilenenlerin öteki "uçuk" düşünceler konusunda sunumlar yapabilecekleri bir de Web sitesi hazırlamışlar (itsf.space-art.net). Ancak OURS Vakfı'nın yöneticisi Arthur Woods'a göre ESA bu konularda biraz cimri. Ismarladığı çalışmalar için harcamayı göze aldığı para, yalnızca "on binlerce dolar düzeyinde". Oysa NASA, salt kütleçekimini ortadan kaldıracak düzenek araştırmalarına yüz binlerce dolar harcamış.

Science, 7 Temmuz 2000

Galileo'dan Kamikaze

NASA, Jüpiter ve uyduları çevresinde gözlemler yapan Galileo uzay aracını, bir intihar dalışı için dev gaz gezegene yönlendirecek. ABD Ulusal Bilim Akademisi'nce onaylanan intihar dalışının amacı, Jüpiter'in yaşam barındırabileceği düşünülen uydularının "kirlenmesini" önlemek. Ancak kararı onaylayan komite, hareket ve yön bulma sistemlerinin çalışamaz hale gelmesinden önce araçtan sonuna kadar yararlanılmasını da karara bağladı. 1989'da fırlatılan ve 1995 yılından bu yana da Jüpiter çevresinde dolanmakta olan Galileo, halen bir dizi yakın geçişle gezegenin en büyük dört uydusundan biri olan Io'daki şiddetli volkanik süreçleri görüntülüyor. Bu nedenle intihar dalışı bir yıl ertelenmiş durumda. NASA yöneticileri, bu bir yıl içinde yönendirme aygıtlarının devre dışı kalma-



sıyla aracın kontrol dışına çıkması olasılığının düşük olduğu görüşündeler.

Uzmanlar, Jüpiter'in ayları içinde, özellikle Europa'da basit yaşam biçimleri bulabilmekten umutlu. Nedeni, Europa'yı kaplayan buz tabakasının altında kalın bir sıvı su

okyanusunun bulunduğu yolunda kanıtların birikmesi. Araştırmacılara göre Galileo üzerine Dünyamızdan bulaşmış ve hâlâ canlılıklarını korumuş olabilecek organizmalar, Europa'daki olası yaşam ortamını kirlitebilir.

Nature, 6 Temmuz 2000

Hindistan, Ay Kulübüne Girmeye Hazırlanıyor

Hindistan Uzay Araştırmaları Örgütü (ISRO), hükümete sunmaya hazırlandığı bir fizibilite raporuyla Ay'a bir yörünge aracı göndermek için izin ve para isteyecek.

ISRO yetkililerince yapılan açıklamaya göre, üç ay içinde sunulması beklenen proje onaylarsa, araç 2005 yılında fırlatılabilecek. Proje direktörü ve ISRO Uydu İletişim Bölümü Başkanı S. Rangarajan, Ay seferinin ülkeye maliyetinin yaklaşık 90 milyon dolar olacağını açıkladı.

Aracın Ay'a Hindistan'ın daha önce geliştirmiş olduğu Kutup Uydusu Fırlatma Aracı adlı roketin daha gelişkin bir modeliyle gönderil-

mesi düşünülüyor. Araç, Ay yüzeyine konmadan çevresinde dolanacak. Uzaktan algılayıcılar ve yüksek çözünürlükte görüntüleme aygıtlarıyla donatılmış bir yörünge aracı olarak tasarlanmıştır.

ISRO Uydu Merkezi yöneticisi P.S. Goel, aracın Hindistan'ın on yıllık aşkın bir süreden beri üretmekte olduğu uzaktan algılama uydularının görece hafif bir modeli olacağını söylüyor.

ISRO Başkanı Krishnaswami Kasturirangan'a göre, tasarlanan Ay seferi, Hindistan'da bilime ivme kazandırmakla kalmayacak, daha ilerideki uzay araştırmaları için de bir deney platformu sağlayacak. Kurumun Ay aracı için sıraladığı olası görevler arasında ayrıntılı harita çizimi, ender bulunan elementlerin dağılımının araştırılması ve yüzey bileşiminin incelenmesi de bulunuyor. ISRO, ayrıca araştırmacıların projeye ilgili başka önerilerine de açık olduğunu belirtiyor.

Ancak Hintli bilim adamları arasında farklı görüşte olanlar da var. Bangalore'daki Hindistan Bilimler Enstitüsü'nün Uzay Mühendisliği



Bölümü Başkanı H.S. Mukunda'ya göre "başkalarının 30 yıl önce yaptığını tekrarlamanın ülkeye kazandıracığı fazla bir şey yok."

Nature, 6 Temmuz 2000



Gökbilimin Vazgeçilmezleri: Cüceler...

Gökbilimde "bitpazarına nur yağıyor". Giderek büyüyen ayna çapları nedeniyle gözden düşen küçük teleskoplar, tozlu depolara kaldırılmayı beklerken, son birkaç yıl içinde kullanıldıkları yaratıcı uygulamalar ve imza attıkları olağanüstü başarılarla, yeni nesil dev teleskoplara rakip olmaya başladılar. Gereken, bunların doğru alanlarda kullanılması. Sağladıkları yararlar, yalnızca büyük ağabeylerinin yapabildikleri şeyleri çok daha ucuza gerçekleştirebilmeleri değil. Uluslararası işbirliği projeleri için çok daha uygun araçlar olmaları, "arka bahçe gökbilimcileri"ni de seferber eden, dünya çapında büyük ağlar oluşturabilmeleri, ve nihayet "kendi kendilerine gözlem yapabilme" yetenekleri.

2 metre ya da daha küçük ayna çaplı teleskoplar kullanılarak gökyüzünün çok geniş bölgeleri izlenebiliyor. İstenildiğinde aynı gökcisimleri, yıllar boyu her gece gözlenebiliyor. Hatta küçük teleskoplardan oluşan gözlem ağları, belirli bir gökcismini sırayla birbirlerine devrederek hiçbir kesinti olmaksızın sürekli gözlem altında tutabiliyorlar. ABD Değişken Yıldız Gözlemcileri Derneği (AAVSO) Direktörü Janet Mattei'ye göre küçük teleskoplar belki manşetlere çıkmıyorlar; ama gökbilimin temel direği haline geldikleri de kesin.

Haziran ayında Rochester'de yapılan Amerikan Astronomi Derneği toplantısında, tümüyle otomatik duruma getirilmiş küçük teleskopların yararları dile getirildi. Bu düzenekler, gözlem koşulları uygun olduğunda koruyucu kubbelerini açıyorlar ve daha önce programlarına yüklenmiş çok sayıda hedefi büyük bir hızla tarayabiliyorlar.

California Üniversitesi (Berkeley) gökbilimcilerinden Alex Filippenko'nun kullandığı, 0,75 m çapında böyle bir teleskop. Katzman Otomatik Görüntüleme Teleskopu (KAIT) adı verilen aygıt, bir gecede binlerce gökadayı teker teker görüntülüyor ve birkaç gecede bir gözlemi yineleyerek elde ettiği görüntüleri bilgisayarlar aracılığıyla karşılaştırıyor. Filippenko bu yöntemle yalnızca geçen yıl 40 yeni sü-

pernova belirlemiş. Bu süpernovalar üzerindeki gözlemler, daha uzak gökadalarda meydana gelen benzer patlamaların ışıyla karşılaştırılarak evrenin genişleme hızı konusundaki varsayımlar sınıyor.

Ksa sürede ün yapan bir başka otomatik teleskopsa ROTSE (Geçici Optik Işık Keşif Deneyi) adını taşıyor. New Mexico'daki Los Alamos Ulusal Laboratuvarı'nda bulunan aygıt, yalnızca bir platform üzerine yerleştirilmiş dört teleobjektiften oluşuyor. İşlevi, evrendeki en şiddetli olaylar olan ve uydularla belirlenebilen gama ışını patlamalarından sonra ortaya çıkan optik yankıyı gözlemek. ROTSE, ününü 23 Ocak 1999 günü, milyarlarca ışık yılı uzaklıkta bir gama patlamasının optik yankısını yalnızca 22 saniyede belirleyerek yaptı. LOTIS adlı benzer bir teleskop da California'daki Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarı'nda bulunuyor.

Bir başka küçük teleskop gözlemci de Arizona'da Meksika sınırı yakınındaki Fairborn Gözlemevi. Burada çapları 0,25 m ile, 0,8 m arasında değişen sekiz teleskop bulunuyor. Yakında bunlara beş tane daha katılacak. Güney Amerika'dan Avusturya'ya kadar birçok ülkenin gökbilimcileri, bu teleskoplarla sağlanan görüntüleri İnternet aracılığıyla izliyorlar. Bu araçlarla Güneş benzeri yıldızlardaki parlaklık değişimlerini inceleyen gökbilimci Greg Henry, yalnızca 50-100 yıllık işi bir yıla sığdırmakla kalmıyor, bir kadirin yalnızca 10 000'de biri küçüklüğündeki değişimleri bile güvenle saptayabiliyor.



Gama ışın patlamalarının optik yankılarını gözleyen LOTIS, bir platforma yerleştirilmiş 4 teleobjektiften oluşuyor.

Dev teleskoplardan gökbilimcilerin satın aldıkları son derece kısa ve pahalı gözlem sürelerinin tersine, küçük teleskoplarla tek bir hedefi istediğiniz kadar gözleyebilirsiniz. Lowell Gözlemevi'nden Wesley Lockwood, 0,55 m çapında bir teleskopla 30 yıl süreyle Satürn'ün dev uydusu Titan'ın parlaklığını gözlemiş ve Hubble Uzay Teleskopu'nun da gözlemleriyle geçen yıl bu uydunun 14 yıl süreli bir parlaklık döngüsünün belirlenmesine yardımcı olmuş.

Şimdilerde moda olansa, dünyanın uzak köşelerindeki teleskopların gözlemlerini birleştirerek bir ağ oluşturmak. Bu yöntem, belirli hedeflerin hiçbir kesintiye uğramaksızın sürekli gözlenmesini sağlıyor. Böylesine bir ağ, Iowa Eyalet Üniversitesi'nden gökbilimci Steven Kawaler tarafından yönetiliyor. Ağ oluşturan gözlemcileri, her

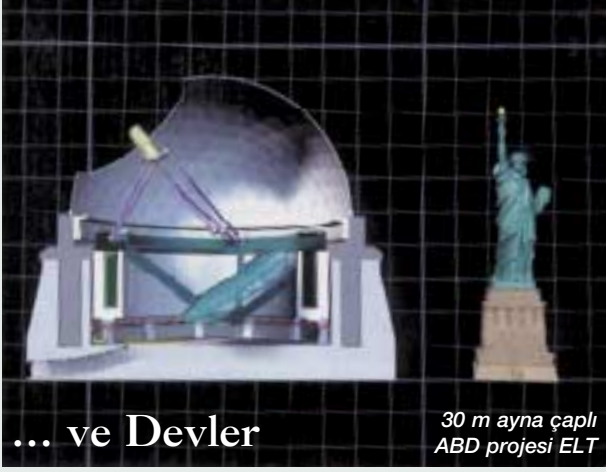


yıl iki kez iki hafta süreyle işbirliği halinde gözlem yapıyorlar. Ağ oluşturanlar, Brezilya, Çin, Honduras, Litvanya gibi ülkelerde bulunan 1-2 m ayna çaplı teleskoplar. Bunlarla, ömrünü tamamlamış Güneş benzeri yıldızlardan arta kalan, Dünya büyüklüğündeki sıcak ve sıkışık küreler inceleniyor.

New York'taki Columbia Üniversitesi'nden Joseph Patterson ise, yetenekli amatörlerden bir küresel ağ oluşturmuş: "Arka Bahçe Astrofizikçileri Merkezi". İkili sistemlerdeki yıldızlardan birinden ötekine akan gazın zaman zaman yol açtığı patlamalarla tanıyan "patlayıcı değişkenleri" izliyorlar.

"Marifetli cüceler"in belki de en küçüğü, Şili'deki Las Campanas Gözlemevi'nde bulunan 8 cm mercek çaplı olanı. Polonyalı gökbilimci Grzegorz Pojmanski'nin ekibi, bu araçla güney gökkürenin yalnızca yüzde birini kapsayan bir alanda 3400 değişken yıldız belirlemiş. Bu durumda amatör gökbilimciler için av bol: Daha en azından yarım milyon parlak değişken yıldız, keşfedilmeyi bekliyor.

Science, 7 Temmuz 2000



... ve Devler

30 m ayna çaplı
ABD projesi ELT

dusu Fırlatma Aracı adlı roketin daha gelişkin bir modeliyle gönderil-



deki uzay araştırmaları için deney platformu sağlayacak. mun Ay aracı için sıraladığı ol- revler arasında ayrıntılı harita ç ender bulunan elenmentlerin lımının araştırılması ve yüzey minin incelenmesi de bulu ISRO, ayrıca araştırmacıların f le ilgili başka önerilerine de a duğunu belirtiyor.

Ancak Hintli bilim adamlarında farklı görüşte olanlar c Bangalore'daki Hindistan Bi Enstitüsü'nün Uzay Mühen

Ağustos 2000
Atacama Büyük Milimetre Dizgesi (ALMA) 2010 yılında tamamlandığında dünyanın en büyük teleskopu olacak. Dev radyoteleskop, çekilerek yer değiştirebilen 64 çanaktan oluşacak.

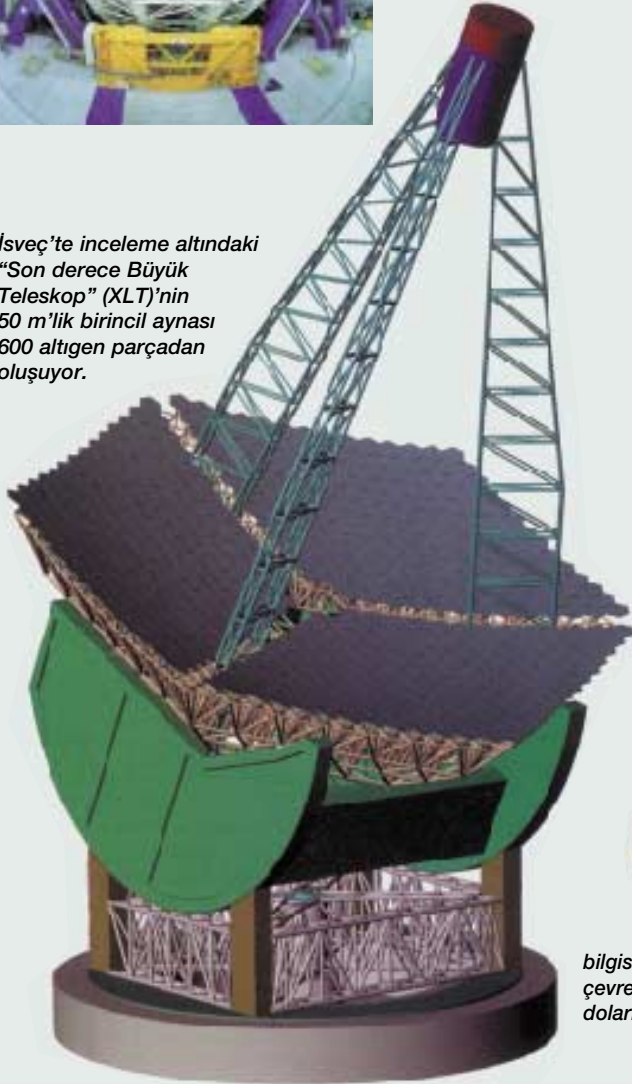
Küçük teleskopların tartışılmaz yararlarına karşın, evrenin daha derinlerine bakmak, kozmolojik ölçekte bilinmeyenleri aydınlatma dürtüsü ülkeleri, hatta ülke topluluklarını, hayal gücünü zorlayan boyutlarda gözlem araçları yapmaya yönlendiriyor. Günümüzde "ileri gökbilim" için oluşmuş 10 m ayna çapı, yeni tasarımların yanında cüceleşiyor.



Şili'deki Cerro Paranal'da bulunan "Çok Büyük Teleskop" (VLT), 8,2 m ayna çaplı 4 teleskoptan oluşuyor. Henüz yalnızca iki ünitesi devreye girmiş olan VLT, girişim (interferometri) tekniğiyle çok uzak cisimleri gözleyebilecek.



İsveç'te inceleme altındaki "Son derece Büyük Teleskop" (XLT)'nin 50 m'lik birincil aynası 600 altıgen parçadan oluşuyor.



Mount Graham'da (Arizona) yapılmakta olan Büyük Dürbün Teleskopu (LBT), 8,4 m çapındaki ikiz aynaları sayesinde, 11,8 m'lik apertür genişliğine ve 23 m'lik bir teleskopun çözünürlüğüne sahip olacak. Gene de bu gelecek için tasarlanan dev teleskopların en küçüklerinden biri.



LBT'nin aynalarından biri



Olağanüstü Büyüklükte Teleskop (OWL=Baykuş) adındaki tasarımdaki birincil aynanın genişliği bir futbol sahasının uzunluğuna eşit. Ayna, bilgisayarlarla yönetilen 2000 parçadan oluşuyor. Teleskop kullanılmadığında, çevresindeki dört binadan uzanan kalkanlarla örtülüyor. Ancak 1 milyar dolarlık proje için birtakım mühendislik sorunlarının çözülmesi gerekli.

Sky&Telescope, Ağustos 2000

Tau Nötrinosu İçin Kanıt

Parçacık fiziği alanında dünyanın önde gelen kuruluşlarından olan Fermi Ulusal Laboratuvarı'nda görevli fizikçiler, Standard Model'in öngördüğü üçüncü nötrino türü olan tau nötrinosunun varlığı için ilk doğrudan kanıtı elde ettiklerini açıkladılar.

ABD'nin Illinois eyaletinde, Chicago kenti yakınlarındaki Batavia'da bulunan Fermilab'da Nu Tau (DONUT) Deneyini yürüten 54 Amerikalı, Japon, Koreli ve Yunanlı fizikçi adına açıklama yapan Byron Lundberg, bir tau nötrinosunun bir atom çekirdeğine çarparak onu tau leptonu adlı başka bir parçacığa dönüştürdüğü dört olgunun duyarlı dedektörlerce saptandığını belirtti. Lundberg, daha önce de tau nötrinosunun varlığı konusunda dolaylı işaretler görülmesine karşın, ilk kez böylesine güvenli bir kanıt elde edildiğini vurguladı. Sözcü,"sonunda tau nötrinosunun da doğanın yapıtaşlarından biri olduğu ve günümüzde geçerli parçacık etkileşimleri kuramına uygun olarak başka parçacıklarla tepkimeye girdiği konusunda doğrudan bir kanıtı kavuşmuş bulunuyoruz" dedi. Bölünemeyen temel parçacıklardan olan olan nötrinolar, elektrik yükü taşımadıklarından ve neredeyse sifıra yakın kütleleri nedeniyle başka parçacıklarla son derece ender etkileşen madde parçacıkları. Nötrino ailesinin öteki iki üyesi olan elektron nötrinosu ve müon nötrinosu, 1956 ve 1962 yıllarındaki de-



DONUT deneyinde kullanılan aygıt ve sözcü Lundberg (solda). Yüklü parçacıklar temizleyerek yüksüz nötrino demetini oluşturan mıknatıs (sağda)

neylerle ortaya çıkarılmışlardı. Bu iki nötrino türünün gözlenmesi ve üretilmesi, görece daha kolay. Ancak tau nötrinosunun bulunması için 30 yıl süresince bilgi ve teknoloji birikimi gerekti.

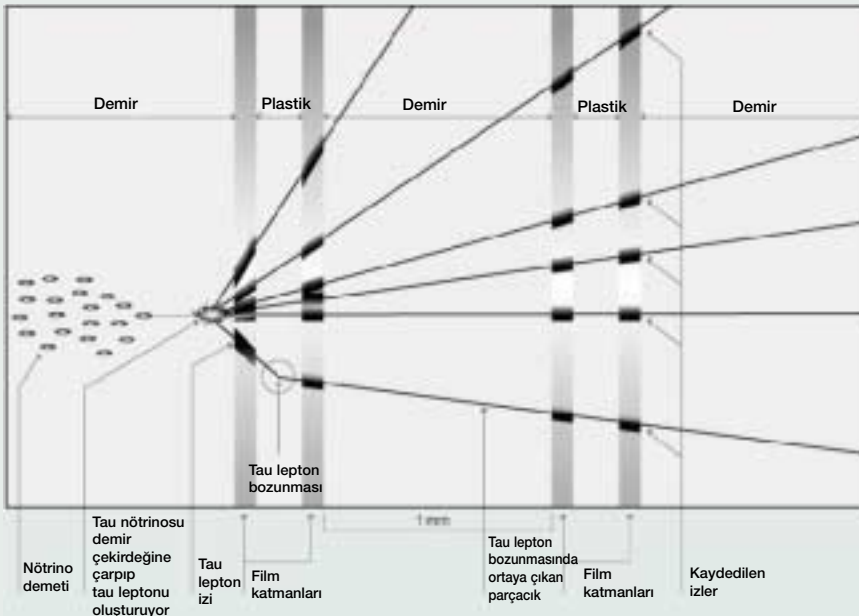
Nötrino ailesinin üçüncü ve son bireyinin ortaya çıkmasıyla sonuçlanan DONUT deneyi 1997 yılında gerçekleştirildi. Deneyde, yoğun bir nötrino demeti, aralarında çarpışmaları kaydeden duyarlı film tabakaları bulunan levhalardan oluşmuş bir metre kalınlığındaki bir demir hedefe yönlendirildi. Hedefte bir trilyon tau nötrinosundan yalnızca bir tanesi bir demir çekirdeğine çarparak, tau leptonu oluşturdu. Leptonun tartışılmaz kanıtı, film tabakası üzerinde bıraktığı bir milimetre uzunluğundaki iz. Fi-



zikçiler ancak üç yıl süren bir çalışma sonucu tau leptonunun ve bozunmasının izini belirleyebildiler. Tau leptonunun parmak izi, duyarlı film tabakası üzerinde bıraktığı bükülmüş bir iz. Bükülme, tau leptonunun ortaya çıktıktan hemen sonra bozunduğuna işaret ediyor.

DONUT ekibi, deney sonuçlarını bu ay içinde Amerikan Fizik Derneğinin toplantısında dünyanın her yerinden gelen parçacık fizikçilerine resmen açıklayacak. Ancak tau nötrinosunun varlığını gösteren kanıt, nötrino fiziği konusundaki araştırmaların noktalanacağı anlamına gelmiyor. Fizikçileri meşgul eden konu, nötrinoların kütesinin olup olmadığı ve bu kütleinin ne kadar olduğu konusunda çelişen görüşler. Son yıllarda en büyükleri Japonya'da bulunan yeraltı nötrino dedektörleriyle yürütülen deneylerde, nötrinoların birkaç elektronvolt düzeyinde bir kütleyle sahip oldukları ve nötrino türlerinin kolayca birbirlerine dönüşebildikleri yolunda işaretler ortaya çıkmıştı. Bunlardan yola çıkan bazı fizikçiler her üç nötrino türünün kütesinin birbirine yakın olması gerektiği görüşünü savunuyorlar. Nötrinoların kütleyle sahip oldukları kanıtlanırsa, bu evrenin biçimi ve geleceği konusundaki modelleri de etkileyecek. Çünkü bu durumda evrendeki toplam maddenin çok büyük kısmını oluşturduğu düşünülen karanlık maddenin bir bölümünün nötrinolardan oluştuğu anlaşılabilecek.

www.fnal.gov/pub/donut.html



CERN, Süpersimetri Kanıtı Bulmuş Olabileceği Görüşünde

Avrupa Parçacık Fiziği Laboratuvarı CERN'de görevli fizikçiler, atom altı düzeyde etkileşen doğa kuvvetlerini özdeşleştirmeyi amaçlayan süpersimetri kuramı için bir kanıt belirlemiş olabileceklerini açıkladılar. Araştırmacıları bu düşünceye götüren, dört ayrı deneyde madde parçacıklarıyla, bunların ters elektrik yüklü karşılıkları olan "karşı madde" parçacıklarının çarpışmasıyla ortaya çıkan parçacık yağmurlarında gözlenen anormallikler. Ancak sapmaların son derece küçük olmaları nedeniyle fizikçiler ihtiyatı elden bırakmayıp, sonuçların dedektörlerdeki algılayıcılardaki bir titreşimden ya da açıklanabilir başka nedenlerden kaynaklanabileceğini de söylüyorlar. Ancak sonuçlar doğrulanırsa, çağdaş fiziğin üzerine oturduğu Standart Model'in sonu anlamına gelecek. Bazı eksiklik ve tutarsızlıklarına karşın Standart Model, kuark, nötrino, elektron, tau, müon, gluon gibi daha fazla bölünemeyen tüm temel parçacıklar ve etkileşimleri için son derece başarılı bir matematiksel çerçeve oluşturuyor. Doğrulandığı takdirde deney sonuçları, Süpersimetri diye adlandırılan ve kuantum dünyasında etkileşen tüm doğa kuvvetlerini (elektromanyetik kuvvetle, zayıf ve şiddetli çekirdek kuvvetleri) çok yüksek enerji düzeylerinde özdeşleştirme iddiasında olan alternatif bir kuramı da destekleyecek. Aslında Steven Weinberg, Sheldon Glashow ve Abdus Salam daha önce, atom çekirdekleriyle çevrelerinde dolanan elektronları atom yapısı içinde bir arada tutan elektromanyetik kuvvetle, çekirdeklerin bozunmasına yol açan zayıf çekirdek kuvvetinin "elektrozayıf" adlı daha genel kapsamlı bir kuvvetin değişik görünümleri olduğunu kanıtlamışlardı. Ancak atom çekirdeğini oluşturan, proton ve nötron gibi parçacıklarla, bunları oluşturan kuark gibi temel parçacıkların etkileşimini açıklayan şiddetli çekirdek kuvvetini bu birliğe katmak mümkün olmamıştı. Fizikçiler, ancak Büyük Patlama'dan sonraki saniye kesirlerinde var olabildiği sanılan bu "büyük birleşme" nin kuramsal olarak, Süpersimetri temelinde gerçekleştirilebileceğini düşünüyorlar. Bu büyük birleşme için, madde parçacıkları olan fermiyonlarla, kuvvet taşıyıcı parçacıklar olan bozonların özdeş-

leştirilmesi gerekiyor. Bu nedenle, süpersimetri kuramı, her fermiyon parçacık için, bozon nitelikli bir "süperikiz" öngörüyor. Örneğin, bir kuarkın süperikizi skuark (s-kuark), elektronunki, selektron, nötrinounki nötralino vb. Ve tabii bozonlar için de fermiyon süperikizler gerekli: foton için fotino, gluon için gluino vb. Atom ve daha küçük boyutlardaki etkileşimleri açıklayan bu doğa kuvvetlerinin özdeşleştirilmesinden sonraki adım, kozmik boyutlarda etkileşen kütleçekimini de bu birleşmeye katarak, evrendeki tüm etkileşimler için geçerli, genel ve tek bir "Her Şeyin Kuramı" elde etmek. Süpersimetrik parçacıkların yanı sıra, tanıdığımız büyük ölçekli dört boyut (üç uzay ve bir zaman boyutu) dışında çok

Temel Parçacıklar			
Kurarklar	u Yukarı	c Tılsım	t Üst
	d Aşağı	s Garip	b Alt
Leptonlar	ν_e Elektron nötrinosu	ν_μ Müon nötrinosu	ν_τ Tau nötrinosu
	e Elektron	μ Müon	τ Tau
Kuvvet Taşıyıcılar			
γ Foton			
g Gluon			
Z Z bozonu			
W W bozonu			

küçük ölçeklerde birbirlerinin üzerine kıvrılmış altı ek boyut öngören süpersimci kuramı, işte bu nihai birleştirmeyi de gerçekleştirmek iddiasında.

CERN fizikçilerinin, yeraltında 27 km'lik bir halka olan "Büyük Elektron-Pozitron Çarpıştırıcısı" LEP'te gerçekleştirdikleri deneylerin amacı, her iki kuramın öngörülerini sınamak. Bu tünelde (-) elektrik yüklü elektronlarla bunların (+) yüklü karşıtları olan pozitronlar süperiletken mıknatıslarla karşı yönlerde neredeyse ışık hızına kadar hızlandırıldıktan sonra çarpıştırılıyor ve dev dedektörlerle çarpışma ürünleri inceleniyor. Özellikle gözledikleri, tau parçacık çiftleri içeren çarpışma ürünü parçacık yağmurları. Tau'nun da, tıpkı elektron, müon ve kuark gibi temel bir parçacık olduğu düşünülüyor.

Standard model, çarpışan bir elektronla pozitronun (antielektron) çarpışması sonunda tau parçacık çiftlerinin ortaya çıkabileceği farklı parçacık etkileşim zincirleri öngörüyor. Bu etkileşim

zincirlerine kanal da deniyor. Süpersimetri, tüm bu kanalları içermekle kalmıyor, ayrıca Standart Model'de bulunmayan süperikiz parçacıkların tepkilerini de içeren başka kanallar da öngörüyor. Ayrıca her iki model de değişik enerjilerdeki çarpışmalarda hangi sayıda tau parçacığının ortaya çıkması gerektiği konusunda önerilerde bulunuyor, ama iki kuramın öngörülleri her zaman çakışmıyor. CERN fizikçilerinin üzerinde durdukları da işte bu farklar. Düşük enerjilerde LEP hızlandırıcısında ortaya çıkan tau parçacıklarının sayısı, Standart Model'in öngörülleriyle uyum içinde gerçekleşiyor. Ancak CERN mühendislerinin, hızlandırıcıdaki çarpışma enerjisi düzeylerini 189 milyar elektronvolta (189 GeV) yükselttikleri 1998 yılından bu yana, ortaya çıkan tau sayısında bir artış gözleniyor. Çarpışmalarda ortaya çıkan özel bir tau parçacık çiftinin sayısı 170'den 228'e fırlamış. Bu sayıysa, süpersimetri kuramının öngörülleriyle örtüşüyor.

CERN araştırmacılarından Gerardo Ganis'e göre, her dört deneyi de etkileyecek sistematik bir hata olasılığı dışlanırsa, her deneyde salt istatistiksel bir oynama nedeniyle fazlalık çıkması olasılığı %5'i aşmıyor. Dört deney bir arada ele alındığındaysa bu olasılık %1'in bir kesiri kadar oluyor. Ama bu fizikçilerin kutlama için şampanya şişelerini açabilirler anlamına gelmiyor. Geçerli bir saptama için hata payının %0.001'in altına indirilmesi gerekiyor.

Eğer gerçekliği kanıtlanırsa, tau çiftlerindeki fazlalık, bu Standart Model devrinin kapanıp Süpersimetri çağının açılacağı anlamına geliyor. Ancak geçmişteki "süpersimetrik parça gözlemlerinde" olduğu gibi, bunun da veriler arttıkça ortadan kalkacak rastlantısal bir istatistik sapma olması da güçlü bir olasılık. Deneyler Eylül ayına kadar sürecek; ancak fizikçilere göre bu süre, konunun aydınlığa kavuşabilmesi için yeterli değil.

Ancak yeni deneyler ilk bulguları doğrularsa, Standart Model'in ipini çeken LEP olmayacak. Hızlandırıcı, yerini çok daha güçlü olan Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'na (LHC) bırakmak üzere sonbahardan itibaren sökülmeye başlanacak.

Science, 14 Temmuz 2000



Susam Ürdün'e

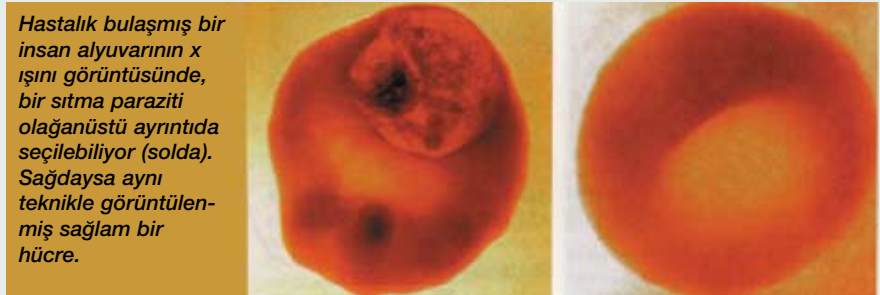
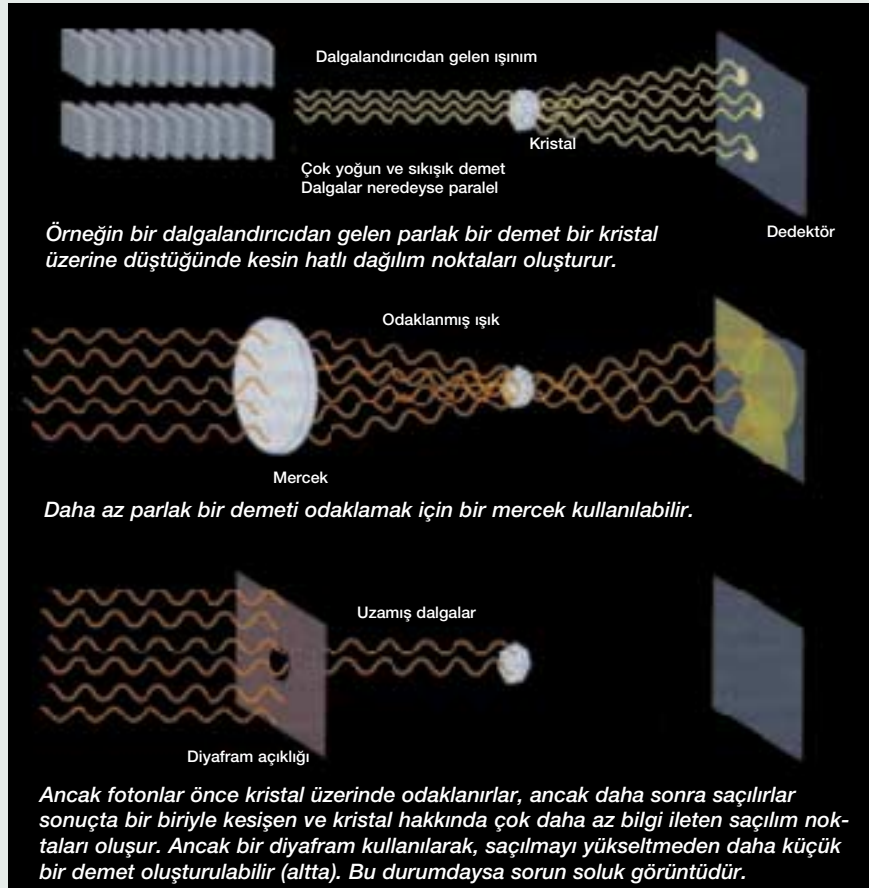
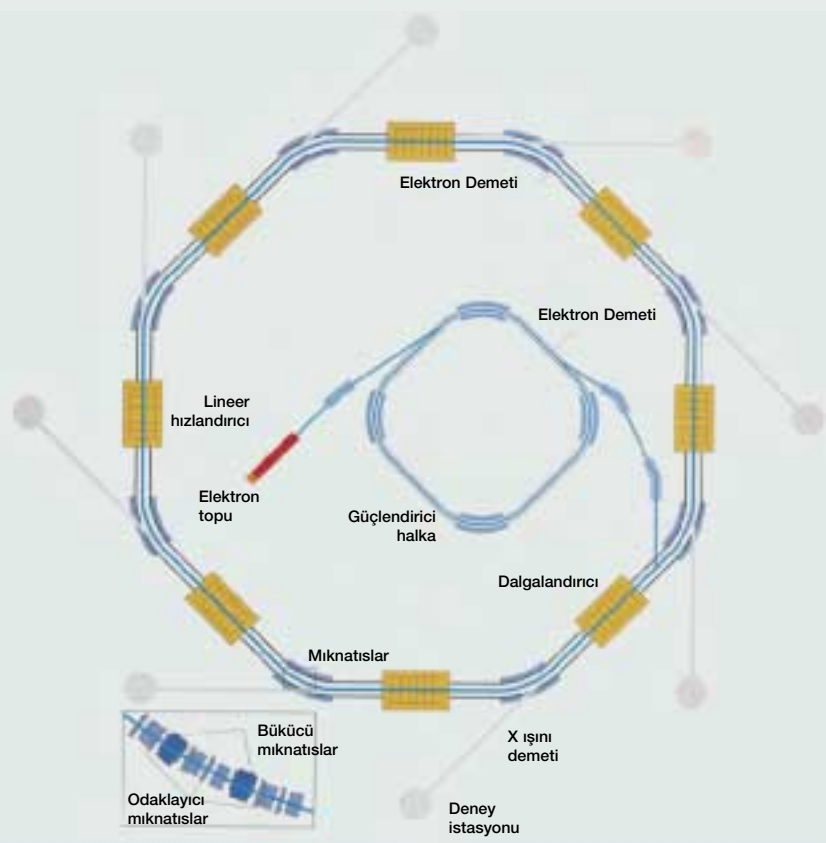
Almanya'nın devreden çıkarttığı ve Ortadoğu'ya taşınması kararlaştırılan güçlü bir sinkrotron ışın kaynağına ev sahipliği yapacak ülke olarak Ürdün belirlendi. "SESAME" (susam) diye adlandırılan Deney-sel ve Uygulamalı Bilimler İçin Ortadoğu Senkrotron Işığı Merkezi, aralarında Türkiye de bulunan en az 11 ülkenin araştırmacılarına açık olacak. Sinkrotron ışınımı, halka biçimine yakın 8 yada 12 köşeli bir kanal içinde hızlandırılan elektronların, güçlü mıknatıslar yardımıyla köşeleri dönerken yayımladıkları enerjiye verilen ad. Enerji, son derece "temiz" (düzenli) X-ışınları biçiminde ortaya çıkıyor. Bu ışınım çeşitli malzemelerin kristal yapılarının ve proteinlerin moleküler yapılarının incelenmesi için özellikle uygun.

Eski adı Bessy-1 olan tesis, Almanya'nın gerçekleştireceği modernleştirme çalışmalarının ardından nakledileceği Ürdün'de Amman ve Batı Şeria arasında bulunan Al-Salt'ta ki Al-Balqa Uygulamalı Bilimler Üniversitesi kampüsüne yerleştirilecek. Tesisin montajının üç yıl sürmesi bekleniyor. Ürdün, tesisin işletim maliyetinin karşılanmasına yılda 1 milyon dolar katkı yapmayı üstlenmiş bulunuyor.

Sinkrotron kaynağı için Ürdün'e karşı başarısız bir lobi çalışması yürüten Ermenistan ile, Fas, Filistin Yönetimi, İran, İsrail, Mısır, Kıbrıs Rum Yönetimi, Umman, Türkiye ve Yunanistan projesi desteklediklerini; Bahreyn, Tunus ve Yemen de katılma niyetlerini açıklamış bulunuyorlar. Ürdün dışındaki katılımcılar, tesisin kurulacağı üç yıl boyunca harcamalara yılda 50 000 dolar katkıda bulunacaklar.

SESAME'nin kurulması ve işletimi için daha fazla kaynak gerektiğinden, proje koordinatörü olan UNESCO ile, bilim merkezinin Ortadoğu'da barışı pekiştireceği umudunu taşıyan Avrupa Birliği'nin de parasal destek sağlamaları bekleniyor.

Nature, 20 Temmuz 2000



Alzheimer'e Karşı Aşı ve İlaç

Beyin dokusunun tahribiyle ileri ölçüde bellek yitimi olarak tanımlanabilecek Alzheimer hastalığı için geliştirilmiş bir aşının, fareler üzerinde yapılan deneylerde olumlu sonuçlar vermeyi sürdürdüğü açıklandı. Washington D.C.'de Temmuz ayında yapılan Dünya Alzheimer Kongresi 2000'e sunulan bildiride aşının, hasta farelerin zihni yeteneklerini iyileştirdiği, ayrıca birçok hayvanda, bu arada büyük bir olasılıkla insanlarda da herhangi olumsuz bir tepkiye neden olmadığı belirtil-di.

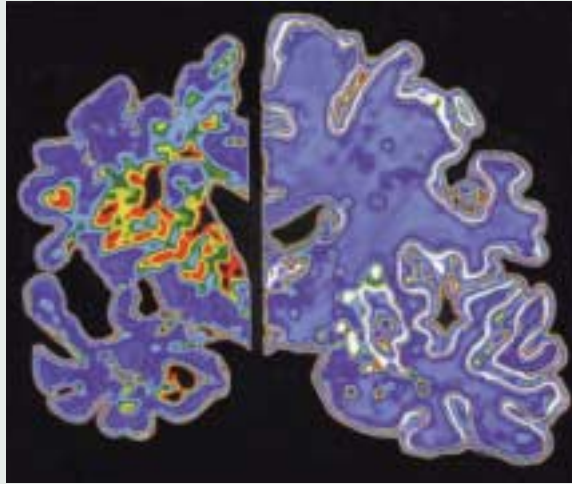
Bununla birlikte ABD Ulusal Sağlık Enstitüleri'nde Alzheimer araştırmaları bölümünün eski yöneticisi olan ve halen ABD Alzheimer Derneği ile bazı başka kuruluşlara danışmanlık yapan Zaven Khachaturian, sevinmek için zamanın henüz erken olduğunu vurgulayarak, farelerde olumlu sonuç veren tedavilerin bazen insanlarda yararsız olduğunu hatırlatıyor.

Denenen aşı, β amiloid (A β) adlı küçük bir protein içeriyor. Bu protein, Alzheimer hastalarının beyinlerinde "plaka" denen tortular oluşturuyor. Birçok Alzheimer araştırmacısı, nörotoksik olan A β 'nin beyin nöronlarını öldürerek bellek yitimine yol açtığı düşüncesinde. A β aşısının, bedenin bağışıklık sistemini hareketlendirerek plakaları temizlemesini ve yeni plaka oluşumunu önlemesini sağlaması, bu yolla da zihinsel yeteneklerin yitimine engel olması bekleniyor.

Alzheimer'a karşı aşının işe yarayabileceğinin kanıtı ilk kez Güney San Francisco'daki Elan Eczacılık Şirketi'nden Dale Schenk ve ekibinin çalışmalarıyla ortaya çıkmış. A β 'nin Alzheimer'daki rolü bilindiğinden daha önce de birçok araştırma ekibi genetik mühendisliği yöntemleriyle farelerin amiloid plakaları oluşturmalarını sağlamış bulunuyorlardı. Hatta bazı olgularda farelerin öğrenme ve hatırlama yeteneklerinin bozulduğu da bilinmekteydi. Elan ekibinin bu tür farelerle yaptığı aşı deneyleri sonunda, aşılanan farelerin beyinlerinde, aşılanmayanlara göre çok daha yavaş tortu oluştuğu gözlenmiş. Daha yaşlı farelere aşı ya-

pıldığındaysa, daha önce oluşmuş plakaların yok olduğu da belirlenmiş. A β bedende bulunan bir protein olduğundan bununla geliştirilecek bir aşının, bağışıklık sisteminin kendi bedenine saldırmasına yol açacağı yolundaki korkular da gerçekleşmemiş. Schenk, aşılanmış kobay, tavşan, maymun ve öteki hayvanların hiçbirinde böyle bir "otoimmün" tepkisi ya da başka türden zehirlenme belirtileri ortaya çıkmadığını söylüyor.

Araştırmacılar, amiloid aşısını sınırlı bir biçimde insanlar üzerinde de deneyip, "cesaret verici" sonuçlar almışlar. Ancak klinik deneylerin bu ilk evresinde, hafif ve orta düzeyde 24 hastaya yalnızca bir doz aşı verilmiş. Ysa Pittsburgh Üniversitesi nörologlarından Stephen DeKosky, etkili bir aşı te-



davisi için hastaya yeni aşılardan yapılması gerektiğini vurguluyorlar. Araştırmacılar, İngiltere'de yürütülen ve gönüllü hastaların bir yıl süreyle iki ayda bir aşılandıkları bir deneyin sonucunu bekliyorlar.

Dünya Alzheimer Kongresi'nde Alzheimer hastalığıyla beden bağışıklık sistemi arasında olası bir ilişki üzerinde de duruldu. Indiana Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden Yansheng Du, insanların doğal olarak A β 'ye karşı antikor taşıdıklarını ve bunların beyin omurilik sıvısında bulunduğunu, Alzheimer'lı hastalarda bu antikorların, sağlıklı insanlara oranla %30 daha az görüldüğünü açıkladı. Du'ya göre Alzheimer hastalarında, A β 'nin birikmesine yol açan bir bağışıklık sistemi bozukluğu olabilir. Ya da antikorlar Alz-



heimer'lı hastaların beyinlerindeki plakalara yapışarak beyin-omurilik sıvısındaki stokun azalmasına yol açıyor olabilir.

Aşının nasıl etkili olduğu yolunda araştırmacılar arasında görüş birliği bulunmuyorsa da Schenk'e göre A β ile aşılanmış fareler, bu proteine karşı antikorlar geliştiriyorlar ve bunlar daha sonra beyne giriyorlar. Antikorlar burada mikrogliya denen temizlik hücrelerini harekete geçiriyor ve bunlarda oluşmuş plakaları yiyerek yok ediyor. Schenk, üzerinde tortu plakaları oluşmuş nöronlarla kültür içinde yapılan deneylerin, kendi bulgularını doğruladığı görüşünü savunuyor.

β -amiloid aşısıyla yürütülen çalışmalar Dünya Alzheimer Kongresi 2000'in başlıca ilgi odağı olduysa da, memantin adlı bir ilacın klinik deneylerinin de olumlu sonuçlar verdiği açıklandı. New York Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden nöropsikiyatrist Barry Reisberg, ortaları düzeydeki Alzheimer hastalarında, ilacın hastalığın ilerleyişini önemli ölçüde yavaşlattığını belirtti. ABD'de şimdiye kadar Alzheimer'a karşı kullanımına izin verilen ilaçlar, hastaların beyinlerinde tahrip olarak zihinsel yeteneklerin yitimine yol açan bir grup nöronun işlevlerini güçlendirmeye yönelik. Bu nöronlar, sinyallerini asetilkolin adlı bir madde kullanarak iletiyorlar. Memantine ise, glutamat adlı bir sinyal ileticisine duyarlı NMDA almacının faaliyetini yavaşlatıyor. Bu almacının aşırı faaliyeti Alzheimer hastalığında sinirlerin hasara uğramasına yol açıyor. Araştırmacılar, Almanya'da on yıldır piyasada olan ilacın, klinik deneylerin sonunda ABD'de de kullanımına izin verileceğini umuyorlar.

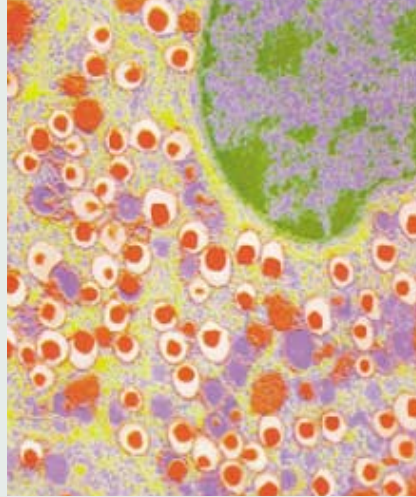
Science, 21 Temmuz 2000

Şeker Tedavisinde Yeni Yöntem

Hastaları sürekli insüline bağımlı kılan şeker hastalığı türünün (tip I. Diyabet) tedavisinde kullanılan bir yöntemin başarısı, Amerikalı araştırmacıları embriyon kök hücreleri alanındaki araştırmalara getirilen sınırlandırmaların kaldırılması için yeni bir kampanya başlatmaya yöneltti. Kanada'nın Alberta Üniversitesi'nden bir ekibin geliştirdiği ve "Edmonton Protokolü" diye adlandırılan teknik, hastaların karaciğerlerine, ölmüş vericilerden alınan pankreas dokusu nakledilmesini içeriyor. Pankreas dokusunda bulunan Beta hücresi adacıkları, insülin üreterek hastanın bu enzimi dışarıdan almasına gerek bırakmıyor. Sonuçları önümüzdeki günlerde yayınlanacak olan bir deneyde bu tekniğin uygulandığı sekiz hasta 15 aydır insülin tedavisine gerek göstermemiş. Ancak nakil için gerekli dokuyu kaynakları sınırlı. Tedavi gören her hasta için gerekli pankreas dokusu için iki kadavra gerekmiş. Bu durumda tedavinin yaygın olarak uygulanabilmesi için, vericilerden alınabilecek olandan çok daha fazla dokuya gereksinme var. Araştırmacılar, embriyon kök hücrelerin denetim altında bölünme ve farklılaşmasıyla yeterli miktarda pankreas ada hücresi elde edilebileceğini düşünüyorlar. Tıp araştırmalarına bütçe desteğinin embriyon kök hücre araştırmalarını kapsayacak biçimde genişletmesini savunanlar, Edmonton Protokolü'nün başarısına işaret ediyorlar.

Yeni tekniğin öncülerinden Alberta Üniversitesi endokrinologu Ray Rajot-

te, adacıklar için normal kaynaklara ulaşmanın zorluğu nedeniyle başka seçeneklerin aranmasının bir zorunluluk olduğunu söylüyor. Araştırmacılar, büyüme faktörleri kullanımı ya da gen mühendisliği teknikleriyle, pankreaslarda bulunan "yetişkin" kök hücrelerin de insülin üreten Beta hücrelerine dönüştürülebileceğini söylüyor. Ancak aynı araştırmacı, embriyonlardan elde edilsin, ya da pankreaslardan alınsın, kök hücrelerin beta hücrelerine dönüşürülmesiyle sorunun tümüyle çözüleceği yolundaki beklentilerin abartılı olduğunu belirtiyor. Rajotte'a göre pankreas dokusunda Beta hücrelerinin yanı sıra, glukagon salgılayan Alfa hücreleri ve başka hücreler de bulunuyor ve bunlar işbirliği yaparak kandaki şeker düzeyini ayarlayabiliyorlar. Bununla birlikte ABD Ulusal Diyabet, Sindirim ve Böbrek Hastalıkları Enstitüsü yöne-



ticisi Allen Spiegel, hayvanlar üzerinde yürütülen deneylerde salt Beta hücrelerinin bile şeker hastalığının belirtilerini ortadan kaldırdığını vurguluyor.

Edmonton Protokolü'nden önce uygulanan ve çoğu kez başarısızlıkla sonuçlanan nakil yöntemlerinde, insülin salgılayan adacıklar, üzerlerinde bulundukları organla birlikte naklediliyorlar ve hastaya bedeninin yeni organı reddetmemesi için steroid türü ilaçlar veriliyordu. Ancak steroidler, hastanın bağışıklık sistemini baskımlarken, bir yandan da beta hücrelerine de hasar veriyordu. Kanada ekibiye, hastanın bağışıklık tepkisini azaltmak için daha uzun ve dolambaçlı yöntemler kullanıyor. Nakilden önce hastaya antikorlar vererek bağışıklık sisteminin savunma hücreleri üretme kapasitesi sınırlanıyor. Ayrıca kadavradan alınan adacıklar da petri çanaklarında kültürlenmeyip, yabancı proteinlerin bulaşması da önleniyor.

Yöntemin başarısı üzerine daha yaygın kapsamlı yeni bir deney uygulanmaya konmak üzere. ABD Ulusal Sağlık Enstitüleri ve Çocuk Diyabeti Vakfının parasal desteğiyle Edmonton Protokolü, önümüzdeki bir buçuk yıl süre içinde ABD, Almanya, İsviçre ve Kanada'daki 18 sağlık merkezinde 40 hasta üzerinde denenecek. Yöntemde, insülin üreten adacıklar 20 dakika süreyle hastalara karaciğere giden bir damar aracılığıyla verilecek. Hastalara daha sonra her gün bağışıklık baskılayıcı ilaç verilecek

Nature, 20 Temmuz 2000

Ana Sütünde Kültür

Amerikalı bir araştırmacı, insanların tat konusundaki eğilimlerinin, ana karnında ve de ana sütüyle beslenme devrelerinde ortaya çıktığını belirledi.

Philadelphia'daki Monell Kimyasal Duyular Merkezi'nden Julie Mennella, hamileliklerinin son üç ayında bulunan 46 kadınla yürüttüğü çalışmada, denekleri üç gruba ayırmış. Birinci gruptaki kadınlar, hamilelikleri sürerken havuç suyu, çocuklarını emzirirken de yalnızca su içmişler. İkinci grup bunun tersini yapmış; üçüncü grupsa her iki dönemde de yalnızca su içmiş. Bebekler altı aylık olup katı yiyeceklerle başlayınca, kendilerine havuç suyuyla, ya

da sade suyla hazırlanmış nişasta mamlar verilmiş. Mennella ve ekibi, Haziran ayında Miami kentinde Amerikan Psikoloji Derneği'nce düzenlenen bir sempozyuma sundukları araştırma sonuçlarında, ana karnında ya da ana sütüyle beslenirken havuç tadıyla tanışan bebeklerin, havuçlu mamaya belirgin bir eğilim gösterdiklerini açıkladılar. Öteki bebeklerdeyse göze çarpan bir tercih görülmemiş.

Mennella'ya göre ana sütünün bir üstünlüğü de bebeklerin yeni yiyecekleri daha kolaylıkla kabul etmelerini sağlaması. Araştırmacılar, ana sütünün tüm memeliler için yavrularına hangi

yiyeceklerin güvenli olduğunu öğretmeye yaradığını da belirtiyorlar. Bu da analar için hamilelik ve emzirme dönemlerinde sağlıklı beslenmenin önemini ortaya koyuyor.

Yale üniversitesinde tat genetiği üzerinde araştırmalar yapan ve Mennella'nın çalışmasından övgüyle söz eden Linda Bartoshuk, bazı yabancı öğrencilerin eşlerinin hamileyken bebeklerini kendi ulusal kültürlerine ana karnında hazırlamak amacıyla ülkelerine özgü baharatları aradıklarını hatırlatarak, Mennella'nın deneylerinin bu inancı haklı çıkardığını söylüyor.

Science, 21 Temmuz 2000

Türk Gençlerinin Dünya Çapındaki Bilimsel Başarısı

TÜBİTAK'ın eğittiği 6 lise öğrencimiz, Güney Kore'de yapılan 41. Uluslararası Matematik Olimpiyatı'nda üç gümüş, bir bronz madalya, bir de mansiyon kazanarak, büyük bir başarıya, ülkemiz adına imza attılar.

13-25 Temmuz 2000 tarihleri arasında, Güney Kore'de, Taejon'da yapılan yarışmaya 82 ülkeden, 463 öğrenci katıldı. Ülkemizi temsil eden ekip, 41. Uluslararası Matematik Olimpiyatı'nda 18. oldu. Türkiye takımı, aldığı bu sonuçla, UNESCO'nun Matematik Yılı ilan ettiği 2000 yılında, Avrupa Birliği ülkelerini geride bıraktı ve bilim alanında, dünya çapında bir başarı kazandı.

Olimpiyatta, Alp Şimşek (İzmir Fen Lisesi), Ahmet Çetintaş (Ankara Özel Samanyolu Fen Lisesi) ve Mehmet Bumin Yenmez (İzmir Özel Yamanlar Lisesi) gümüş madalya; Serhat Şevki Dinçer (Kayseri Fen Lisesi) bronz madalya ve Serhat Doğan (Manisa Özel Şehzade Mehmet Erkek Fen Lisesi) mansiyon aldılar.

İlk kez 1959 yılında, Romanya'da düzenlenen ve yılda bir kez yapılan Uluslararası Matematik Olimpiyatı'nda sorulan matematik problemlerin çözüm yolları olağanüstü yetenek ve mükemmel matematik bilgisi gerektiriyor. Gençlerimiz başarılarıyla, bu her iki özelliği taşıdıklarını kanıtladılar.

TÜBİTAK koordinasyonunda ilk kez 1978 yılında katıldığımız Uluslara-

rası Matematik Olimpiyatı'na, 7 yıl aradan sonra, 1985 yılından itibaren ülkemiz düzenli olarak katılmaya başladı. Süreç içerisinde de, TÜBİTAK'ın hedefleri arasında olan toplumumuza bilimsel alanda hep ileriye taşıma ve bilimi toplumun geneline yayma çabası meyvelerini vermeye başladı.

Örneğin geçen yıl Avrupa Topluluğu ülkelerinden yalnız Fransa'yı geride bırakan Türk takımı, bu yıl bütün Avrupa Topluluğu ülkelerini geride bıraktı. Aslında kazanılan bu başarının ilk sinyalleri, bu yıl yapılan Balkan Matematik Olimpiyatı'nda ikinci ve Gençler Balkan Matematik Olimpiyatı'nda birincilik almamızla verilmişti.

TÜBİTAK Başkanı Prof. Dr. Namık Kemal Pak, 27 Temmuz'da, Türk matematik takımını biraraya topladı ve gençlerimizi elde ettikleri başarılarından dolayı kutladı. Prof. Pak, gençlerle yaptığı sohbette "dünya çapındaki başarılarla gerçekten çok alışıktık. Bundan sonra gelen gençlere çok zor bir misyon devrediyorsunuz. Kazanılan başarılar bir sonraki dönemdeki insanların işini gerçekten zorlaştırır. O başarının altında kalmamak gerekir. Ama durum gösteriyorki başarılar artarak devam edecektir." sözleriyle önümüz-



deki yıllarda Uluslararası Matematik Olimpiyatına katılacaklardan gerek TÜBİTAK'ın gerekse Türkiye'nin beklentisini vurguladı. Ayrıca gençlere, hem TÜBİTAK, hem ülkemiz hem de halkımız adına şükranlarını sundu.

Uluslararası Matematik Olimpiyatı takım lideri Prof. Dr. Semih Koray da takımındaki gençlerden ortalamanın dışında olmalarını, toplumsal cereyanların onları itmelerini değil, onların toplumsal cereyanları belirlemesini beklediğini söyledi.

Uluslararası Matematik Olimpiyatlarındaki başarı grafiğimiz sürekli artıyor. TÜBİTAK'ın yönetiminde, yürütülen çalışmalarla ülkemizin 2005 yılına kadar ilk 10 takım arasına girmesi hedeflenmekte. Gençlerimiz salt matematikte değil, biyoloji ve kimya olimpiyatlarında da olağanüstü başarılar elde ettiler. 2-11 Temmuz 2000'de Danimarka'nın Kopenhag kentinde yapılan 32. Uluslararası Kimya Olimpiyatında, Yunus Emre Türkmen (İzmir Fen Lisesi) altın madalya ve Hakan Usta, Hakkı Bağcı (Ankara Özel Samanyolu Erkek Fen Lisesi) gümüş madalya aldılar.

11. Uluslararası Biyoloji Olimpiyatında kazanılan başarılar da altta kalmıyor. 9-16 Temmuz'da, Türkiye'de, Antalya'da yapılan bu bilim yarışında da, Yusuf Özuysal (İzmir Fen Lisesi) altın madalya, Cafer Özdemir, Tansel Sıtkı Tunç (İstanbul Özel Fatih Erkek Fen Lisesi) ve Münir Akkaya (İzmir Fen Lisesi) gümüş madalya aldılar. Aslında çok açık ortada: Pek çok alanda olduğu gibi bilim alanında da "biz de varız" diyebilecek noktaya geldik.

Gülğün Akbaba



Nerede ne var?

Gülgün Akbaba

ODTÜ İnsan Genom Projesi Web Sayfası



A.B.D. Enerji Bakanlığı (DOE) ve Ulusal Sağlık Enstitüsü (NIH) tarafından koordine ve finanse edilen İnsan Genomu Projesi, 26 Haziran 2000'de, Beyaz Saray açıklamasından sonra, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizin de gündemine oturdu. Projeye ilgili gazete ve dergilerde, televizyonlarda ve Internet'e pek çok yazılar yayımlandı, programlar yapıldı, sayfalar hazırlandı. Ama hâlâ Genom Projesi hakkında merak ettiğiniz konular varsa ya da daha derli toplu bilgilere ulaşmak istiyorsanız, Internet'e girip, ODTÜ Biyolojik Bilimler Bölüm Başkanlığı'nca hazırlanan sayfayı inceleyebilirsiniz. Bu sayfada, İnsan Genom Projesi'nin tarihçesini ve amacını, temel genetik bilgilerin yanı sıra projenin kapsamını ve beklenen potansiyel yararları, konuyla ilgili olarak hem bireyi hem de toplumu ilgilendiren etik sorunları ve hukuksal düzenlemeleri, Türkçe olarak inceleyebilirsiniz. Ayrıca bu sayfadan projeye ilgili diğer bilimsel linklere de ulaşabilirsiniz.

İlgilenenler için:
<http://www.metu.edu.tr/home/wwwgenom/>

Bilim Çantaları

Bilim Merkezi Vakfı ve Beyaz Nokta Vakfı'nın ortak bir girişimi olan "Bilim Çantası" projesi, eğitime-bilime farklı bir yaklaşımla katkıda bulunmayı hedefliyor. Proje, özellikle ülkemizin geri kalmış yörelerindeki okullara ya da çocuklara yardım etmek isteyen, başta sanayi kuruluşları olmak üzere kişi/kuruluşlara yeni bir bağış birimi sunuyor. "Yaratıcılığını uyardığınız bir çocuk sizin ya da ülkenizin geleceğini değiştirebilir!" teması ile tanıtım çalışmaları sürdürülen proje kapsamında, 2000 yılında 100 000 adet bilim çantasının öğrenci ve okullara dağıtılması düşünülmüyor.

Bilim Çantası paketi, çocuğun merakını uyandıracak, bilimin basit ama o ölçüde de

yaşamımıza yön veren gerçeklerini bizzat dokunarak hissetmesine yol açabilecek teleskop, mikroskop, bunların kullanma kılavuzları ve yine aynı amaçlar için TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları'ndan üçünü içermekte. Örneğin, teleskop çantasının içinde bulunan kitaplar, Astronomi, Ekoloji ve Bilimsel Deneyler; mikroskop çantasının içinde bulunan kitaplar, Ekoloji, Bilimsel Deneyler ve Mikroskop olacak. Setlerin satış fiyatıysa yaklaşık 50 milyon lira.

İlgilenenler için:
Beyaz Nokta Vakfı:
e-posta: www.beyaznokta.org.tr
Tel: (312) 441 53 99
Bilim Merkezi Vakfı:
e-posta: www.bilimmerkezi.org.tr
Tel: (312) 292 08 94

Bilimsel Çevre Eğitimi Projesi

Ana ilkeleri, katılımcılık, bütünsellik, sorgulayıcılık, ve doğa/kültür merkezli eğitim olarak belirlenen, "Milli Parklarda Bilimsel Çevre Eğitimi" projesi, 2000 yılında, Termessos Milli Parkı'nda ve Kaçkar Dağları Milli Parkı'nda, iki dönem olarak uygulanacak. Proje, milli parklara işlevsellik kazandırmak amacıyla, TÜBİTAK koordinatörlüğünde, Orman Bakanlığı ve çalışmanın yapılacağı milli parka en yakın yerel üniversitelerin katılımıyla, 1999 yılından beri gerçekleştiriliyor.

Bu yıl gerçekleştirilecek olan milli park eğitimi iki dönemde yapılacak: Termessos Milli Parkı'nın eğitim devreleri, 29 Temmuz-11 Ağustos ve 12 Ağustos-25 Ağustos ve Kaçkar Dağları Milli Parkı'nın eğitim devreleri, 21 Ağustos-3 Eylül, 4 Eylül-17 Eylül tarihleri olarak belirlenmiştir.

Her iki milli parkta uygulanacak eğitim konularıyla şu başlıklar altında toplanmış: Ekosistem kavramı ve Termessos ile Kaçkar Dağları milli parkının ekosistemleri; ekosistemlerin ve türlerin karşılıklı etkileşimleri, özgünlük ve bağımlılık ilişkileri; doğadaki çeşitlilik kavramı; doğadaki egemenlik savaşımı ve alan genişletme çabalarının örneklenmesi; doğadaki döngüler; canlılık iradesi; insan-doğa etkileşimi; ekosistemler zincirinde insanın konumu; tıbbi bitkiler ve hayvanlar; teknoloji kavramı; doğa ve insan ilişkisi; milli parklar ve ekoturizm; doğanın estetiği; doğa fotoğrafçılığı; çevre hukukunun temelleri; milli parklar ve ekosistemlerle ilgili ulusal ve uluslararası yasalar.

Termessos Milli Parkı'ndaki bilimsel eğitim için Akdeniz Bölgesi'ndeki üniversitelerin öğrencileri; Kaçkar Dağları Milli Parkı'ndaki eğitim içinse Trabzon, Samsun ve çevre illerin üniversitelerinde okuyan öğrenciler başvuruda bulunabilecekler. İlgilenenler, ilk dönem kontenjanları dolduğundan, yalnızca ikinci dönem başvuruları için, belirtilen telefonlardan bilgi alabilirler:

Tel: (312) 468 53 00/1153 (TÜBİTAK, Yer, Deniz, Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu); (242) 227 53 60; (462) 230 59 94

Ekonomi Kongresi

Uluslararası Ekonomi Kongresi'nin dördüncüsü, 13-16 Eylül'de, ODTÜ Kongre ve Kültür Merkezi'nde yapılacak. ODTÜ İktisat Bölümü'ne bağlı olarak çalışmalarını sürdüren Ekonomik Araştırmalar Merkezi'nce düzenlenen ODTÜ Ekonomi Kongresi, ekonomi teorisi ve pratiğine ilişkin araştırma sonuçlarının değerlendirildiği ve tartışıldığı bir forum olmayı amaçlıyor. Kongrede, ekonomi, ekonometri ve ilgili alanlardan teorik ve uygulamalı çalışmaları kapsayan tebliğler sunulacak. Ayrıca yurt dışından bazı araştırmacılar sunuş yapmak üzere kongreye davet edilecek.

İlgilenenler için: Ekonomik Araştırmalar Merkezi
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
06531 Ankara
Tel: (312) 210 30 48, 210 20 68
Faks: (312) 210 12 44
metuerc@metu.edu.tr

IAFFE Yaz Konferansları

Uluslararası Feminist İktisat Birliği (IAFFE), her yıl gerçekleştirdiği Yaz Konferansını, 15-17 Ağustos'ta BÜ Ekonomi Bölümü'yle birlikte Boğaziçi Üniversitesi'nde düzenleyecek.

IAFFE, yaz konferansları ve çeşitli faaliyetleri aracılığıyla kadın ve erkeklerin yaşam biçimlerini etkileyen iktisadi yapı ve ilişkilerin daha iyi anlaşılmasını engelleyen disiplinlerarası sınırların aşılmasına çalışıyor. Örneğin, geçmiş konferanslarda, "Kaos Teorisi ve Feminist İktisat" ve "Birey ya da Hanehalkı? Toplumsal Cinsiyet Perspektifinden Temel İktisadi Birim" gibi oturumların yanı sıra, "İktisadi Yaşamda Cinsiyet, Beden, İrk ve Toplumsal Cinsiyet", "Aile İçi Erk", "Kızlar Niye Okula Gönderilmiyor? Hindistan Deneyiminden Gözlemler" gibi konularda tebliğler sunulmuştu.

İlgilenenler için: Şemsa Özar, Boğaziçi Üniversitesi, Ekonomi Bölümü, 80815 Bebek, İstanbul
Faks: (212) 287 24 53
Web: <http://hamlin.cc.boun.edu.tr/~iaffe/>

Teknolojik Gelişme ve Mekan Organizasyonu



11Ekim'de, saat 14.00'de, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde, "Teknolojik Gelişme ve Mekan Organizasyonu" başlıklı bir panel düzenlenecek. Panelin katılımcılarıyla şu isimlerden oluşuyor: "Prof. Dr. Seniha Çelikkhan (GYTE Mimarlık Fakültesi Şehir Bölge Plan. Böl. Bşk.), Prof. Dr. Cengiz Giritlioğlu (İTÜ Mimarlık Fakültesi), Prof. Dr. Ahmet Vefik Alp (Başbakan Başdanışmanı), Prof. Dr. Mehmet Emin Özel (TÜBİTAK-MAM), Doç. Dr. Hülya Yıldırım (TÜBİTAK-MAM), Doç. Dr. Nihal Şenlier (GYTE Mimarlık Fakültesi Şehir Bölge Planlama Bölümü) ve Rifat Akbulut (MSÜ. Şehir Bölge Planlama Bölümü)."

TÜBİTAK 2000 Bilim Hizmet ve Teşvik Ödülleri Açıklandı

"İnsanlığın bugünkü modern yaşama ulaşabilmesinde bilim ve teknolojiye gelişmelerin çok büyük payı vardır. Bu gelişmeler sonucunda, dünyadaki bütün kaynakların, insanlığın daha iyi bir yaşam sürmesine hizmet eder duruma gelmesi sağlanmıştır. Günümüzde, bilim alanındaki gelişme ve ilerleme, olağanüstü bir hız kazanmıştır. Öyle ki, son birkaç on yılda, insanlığın tarih boyunca yaptığı buluşlardan çok daha fazlası gerçekleştirilmiştir. Bunda, şimdiye kadar kazanılan birikimin sistemli bir biçimde kullanılması ve bilimsel çabaların kurumsallaşmasının önemi büyüktür. TÜBİTAK, bu çerçevede kurulmuş ve kuruluşundan bu yana geçen 37 yılda Türkiye'de bilimsel gelişmeye büyük katkılarda bulunmuştur.

Önümüzdeki yıllarda, bilim, özellikle de bilgi ve teknoloji üretmek her zamankinden çok daha fazla önemli olacaktır. TÜBİTAK'ın, bilim ve teknolojiye evrensel gelişmeleri de en iyi şekilde izleyerek, başarılı çalışmalarını sürdüreceğine inanıyorum."

Bu satırlar Cumhurbaşkanı Ahmet Necdet Sezer tarafından, TÜBİTAK Başkanı Prof. Dr. Namık Kemal Pak'a, 24 Temmuz 2000'de, TÜBİTAK'ın kuruluşunun 37. yılı nedeniyle yazıldı.

Cumhurbaşkanının da belirttiği gibi, bilimsel çabaların kurumsallaşması, elde edilen birikimin sistemli bir biçimde kullanılmasını sağlıyor. İşte yine bu anlayış, 38 yıl önce Türk bilim adamlarını harekete geçirdi; Atatürk'ün kurduğu Türk Tarih Kurumu ve Türk Dil Kurumu gibi kendi alanlarında yaptıkları başarıyı bilimsel alanda da gerçekleştirmek üzere, bu alanda çalışmalar yapacak, araştırmaları destekleyecek bir kurum oluşturulması fikri ortaya atıldı. Bilim adamlarından bir komisyon oluşturuldu ve bu bilim kurumunun yasa tasarısı hazırlanmaya başlandı. Tasarının, 24 Temmuz 1963'te de, Cumhuriyet Senatosu'na onaylanmasıyla TÜBİTAK hukuken kuruldu. 1963'ten beri de, Türkiye'deki bilimsel çalışmalar konusunda

en güvenilir kurumlardan biri olmayı sürdürüyor. Bilimi yaygınlaştırmak için, amaçları ve görevleri doğrultusunda çalışmalarına kesintisiz olarak 37 yıldır devam ediyor.

Bu yıldönümünde, 24 Temmuz 2000'de, TÜBİTAK Başkanı Prof. Dr. Namık Kemal Pak, 2000 yılının Bilim

niteliklerini belirlemekte, onaylamakta ve kamuoyuna duyurarak bir teşvik ögesi olarak, Bilim, Hizmet ve Teşvik ödüllerini dağıtmakta. İşte bu görevden hareketle, 24 Temmuz 2000'de, TÜBİTAK Bilim Kurulu'nun 1 Temmuz 2000 tarihli toplantısında alınan kararla, bu ödülle-re layık görülenler açıklandı.

2000 yılının Bilim Ödülü'nü, Temel Bilimler dalında, Prof. Dr. Emel Arın, Prof. Dr. Özer Bekaroğlu; Mühendislik Bilimleri'nde, Prof. Dr. Erhan Pişkin; Sağlık Bilimleri'nde Prof. Dr. Gazi Yaşargil aldılar.

Hizmet Ödülleri'ne, Prof. Tulu Baytin ve Prof. Dr. Sadi Kakaç'a verildi.

Teşvik Ödülü'nü alan bilim adamlarımızsa şunlar:

Temel Bilimler, Doç. Dr. Selçuk Atalay, Doç. Dr. Altan Baykal, Doç. Dr. Mehmet Ertuğrul, Doç. Dr. Ersin Serhatlı; Mühendislik Bilimleri, Doç. Dr. Mehmet Ak, Prof. Dr. İbrahim Akduman, Prof. Dr. Ferhan Çeçen, Doç. Dr. Seval Sözen, Doç. Dr. Servet Turan; Sağlık Bilimleri Doç. Dr. Saruhan Çekirge, Doç. Dr. Dicle Güç, Doç. Dr. Fatih Kızılcan, Doç. Dr. Feza Korkusuz.

Gülgün Akbaba



Hizmet Teşvik ödülleri alan bilim adamlarını açıkladı.

TÜBİTAK'ın görevlerinden biri de, bilim insanlarının, araştırmacıların yetiştirilmeleri ve geliştirilmeleri için olanaklar sağlamak; bu amaçla ödüller vermek. TÜBİTAK bu görevini yerine getirmek amacıyla, TC uyruklu bilim insanlarının, pozitif bilimlerin temel ve uygulamalı alanlarındaki seçkin araştırma, çalışma ve hizmetlerini değerlendirerek, üstün

Bilim Ödülü Alan Bilimcilerimiz ve Üzerinde Çalıştıkları Konular

Prof. Dr. Emel Arınç, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Biyolojik Bilimler Bölümü'nde, Biyokimya, Biyokimyasal ve Moleküler Farmakoloji ve Toksikoloji alanlarında çalışmalarını sürdürüyor. Prof. Arınç'a, "Moleküler ve biyokimyasal farmakoloji ve toksikoloji alanında, sitokrom P450'ye bağlı monooksijenazlar enzim sisteminin etki mekanizmalarının yapı ve fonksiyonlarının aydınlatılması konularındaki uluslararası düzeyde üstün nitelikli çalışmaları" nedeniyle Bilim Ödülü verildi.

Prof. Dr. Özer Bekaroğlu, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü'nde, anorganik kimya alanında çalışıyor. Prof. Bekaroğlu, "Anorganik kimya-koordinasyon kimyası alanında makrosiklik sübstitüe ftalo-siyanimler konularındaki uluslararası düzeyde üstün nitelikli çalışmaları" nedeniyle Bilim Ödülü verildi.

Prof. Dr. Erhan Pişkin, Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü'nde, kimya mühendisliği/polimer teknolojisi ve biyomedikal teknoloji konularında çalış-

ıyor. Prof. Pişkin, "Polimerik mühendislik malzeme ve teknolojilerinin biyomedikal uygulamalarına yönelik uluslararası düzeyde üstün nitelikli çalışmaları" nedeniyle Bilim Ödülü verildi.

Prof. Dr. Gazi Yaşargil, Arkansas Üniversitesi'nde, nöroşirürji alanında çalışıyor. Prof. Yaşargil'e, "Beyin damarlarının anjiyografi yöntemiyle tanımlanmasına katkıları; serebrospinal sıvının kompartmanlarının tanımlanması (sisternal anatomi) alanındaki çalışmaları; ameliyat mikroskopu ile gözle görülemeyen mikroanatomik yapılarda ameliyat yapma tekniği olan mikronöroşirürjiyi geliştirerek, beyin ve omurluğun damat hastalıkları, tümörleri ve sara hastalığının tedavisinde devrim yapması ve 20. yüzyılın cerrahi anlayışını değiştirmesi; tasarladığı ve geliştirdiği çok sayıda özel cerrahi aletle mikro cerrahinin uygulanabilmesine olanak sağlaması; geliştirdiği yöntemleri tüm bilim dünyasına öğretmek daha önce tedavisi mümkün olmayan ve büyük risk taşıyan hastalıkların başarılı bir şekilde tedavi edilebilmesine temel katkıları" nedeniyle Bilim Ödülü verildi.

3. Ulusal Gökyüzü Gözlem Şenliği'ne Doğru...

ANTALYA, BAKIRLITEPE'de 1-3 Eylül 2000 tarihleri arasında yapılacak 3. Ulusal Gökyüzü Gözlem Şenliği için başvuru süresi sona erdi. Başvuruların geçerli olabilmesi için, katılımcıların 18 Ağustos Cuma'ya değin, şenliğe hangi gün (1, 2 ya da 3 Eylül) katılmak istediğini bildirmesi gerekiyor. Yine, aynı tarihe değin, katılım ücreti olan 10 milyon TL'nin katılımcılara gönderilecek mektuplarda belirtilen banka hesap numarasına her katılımcının adını ve soyadını açıkça belirtmesi şartıyla yatırılması gerekiyor.

Günlere yerleştirmeyi katılımcıların isteği doğrultusunda yapmaya çalışıyoruz. Ancak, önceki şenliklerden edindiğimiz deneyime göre, başvurular özellikle cumartesi gecesine yığılmakta. Etkinliklerin ve gözlemlerin verimli geçmesi için, katılımcıları günlere eşit dağıtmaya gayret ediyoruz. Bu nedenle, herhangi bir günün kontenjanı dolarsa, yeni başvurular öteki günlere kaydedilecek. Katılımcılar, Antalya'da çeşitli merkezlerde karşılanacak. Buluşma yerlerindeki, görevli arkadaşlarımız sizleri mektupta belirtilen yerlerde karşılayacaklar.

Dergimizin Temmuz sayısında, şenlikle ilgili kısaca bilgi vermiştik. Hem bunları hem de gözlemler için gerekebilecek bazı bilgileri hatırlatmakta yarar görüyoruz. Bildiğiniz gibi, ilk şenliği Bakırlitepe'de TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde düzenlemiştik. Şenliğe katılım gerçekten heyecan vericiydi. Bu şenlikte yaşanan coşku, ardından telefon ve mektuplarla bize ulaşan olumlu tepkiler, bizi 2. Ulusal Gökyüzü Gözlem Şenliği'ne taşıdı.

İkinci şenlik, 1-3 Ekim 1999 tarihleri arası, çok eskiden de insanların gözlerini gökyüzüne çevirdikleri bir yerde, Kapadokya'da, Ürgüp'te yapıldı. Tüm ekip, yorgunluğa karşın, katılımcılar kadar; hatta onlardan daha çok zevk aldı şenlikten.

3. Ulusal Gökyüzü Gözlem Şenliği'ni ilk şenlikteki gibi, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'yle (TUG) birlikte düzenliyoruz. İlkinden farklı yanı, etkinliklerin büyük bölümünün, Bakırlitepe'nin eteğindeki 1900 metre yükseklikteki Saklıkent'te gerçekleştirilecek olması. Bunun nedeni, katılımcıların kapalı seminer alanı, dinlenme ve konaklama olanaklarından yararlanabilmesini sağlamak.



Etkinlikler kapsamında, gece, gözlemler ve gözlemevi gezisi için minibuslerle TUG'a çıkılacak. Burada katılımcılar, TUG'daki teleskopları tanıyacak; ülkemizin en büyük teleskopundan gözlem yapma olanağı bulacaklar. TUG'da, biri 150 cm ayna çaplı; diğeri, 40 cm çaplı teleskop bulunuyor.

Etkinliklerin geri kalanı için, yenden Saklıkent'e dönülecek. Çıplak gözle ve teleskoplu gözlemler, uzman gözlemcilerin eşliğinde burada sürdürülecek. Antalya'nın kayak merkezi olan Saklıkent'te, yazın yerleşim yok. Bu nedenle, gökyüzü gözlemleri için ideal bir yer. Dileyenler, buradaki konaklama olanaklarından da yararlanabilecekler.

Gökyüzü gözlemleri, açık havada ve geceleri yapıldığından, üşümek için önlem almak gerekiyor. Şenlik kapsamındaki etkinlikler gece açık havada yapıldığından bu önlemlerin önemi büyük. İstatistiklere göre, Eylül ayında Bakırlitepe'nin karanlık saatlerdeki sıcaklık ortalaması 8°C. Gözlemler sırasında uzunca süre hareketsiz kalınacağı göz önünde bulundurularak sıkı giyinmeli; fazladan bir-iki kazak, yün ya da kadife pantolon rüzgâr geçirmeyen bir mont, eldiven, başlık, atkı, yün çorap bulundurmakta yarar var. Uzmanlar, bu tür uzun süreler hareketsiz kalmayı gerektiren etkinliklerde, hava sıcaklığının gerçek sıcaklığın 10-15°C altında olduğu varsayılarak giyilmesini öneriyorlar. Özellikle, ısı kaybının çok olduğu baş-boyun bölgesinin korunması da büyük önem taşıyor. Vereceğiniz görüntüden çekinmiyorsanız, sadece gözleri ve ağız açıkta bırakan bir başlığın büyük yararı olacaktır. Üşümeye karşı alınacak bir başka önlem, beslenmeye özen gösterilmesi. Karbonhidrat oranı yüksek yiyecekler kan şekerini yüksek tutarak ısı sağlar. Bunun için sandviç türü yiyecekler uygun olur. Şekerin doğrudan alınması, kan şekerinde ani bir yükselmenin ardından ani bir düşüşe yol açacağından tavsiye edilmiyor. Sıcak içeceklerin alınması, hem ısınmak, hem de dağdaki kuru havanın neden olduğu su kaybını dengelemek için önemli. Etkinlikler süresince yiyecek, sıcak ve soğuk içecek satışları uygun fiyatlarla yapılacaktır. Belli aralıklarla yemek molası verilecek, bu sırada diğer gereksinimler de karşılanabilecek. Ayrıca, hem Saklıkent'teki otelleri hem de Antalya'da bazı konaklama olanaklarını araştırdık. Dilerseniz, Saklıkent'teki otellerde 5-6 milyon lira civarındaki fiyatlara konaklayabilirsiniz. Bunun için, 18 Ağustos 2000 tarihine değin bizimle bağlantı kurmanız gerekiyor.

Bir kez daha, Bakırlitepe'de yıldızların altında buluşmak dileğiyle.



Gökcisimlerinin Adları Nereden Geliyor?

Eski çağlardan bu yana insanlar, gökyüzüne bakmış, onun güzelliği ve ulaşılmazlığına ilgi duymuşlar. Eski Yunanlılar ilk yıldız atlaslarını oluşturmuş, gökcisimlerine çeşitli adlar vermişler. O zamanlardan günümüze değin pek çok yıldız atlası oluşturulmuş. Bugün biz de modern bir yıldız kataloğuna ya da gökyüzü haritasına baktığımızda, değişik adlandırmalarla karşılaşırız. Bunlar biraz karmaşık görünseler de temelleri aslında daha önce kurulan adlandırma sistemlerine dayanır.

Bir yıldız kataloğuna ya da gökyüzü haritasına baktığımızda, pek çok adlandırmayla karşılaşırız. Takımyıldızlara verilen adlar, genellikle Eski Yunanlılar'ın verdikleri adlardır. Eski Yunanlılar, gökyüzünü belli bölümlere ayırmış, ilk yıldız kataloglarını oluşturmuşlar; her takımyıldıza ayrı bir ad vermişler. Bu ilk yıldız atlasları 48 takımyıldızdan oluşmaktaydı. Bugünkü gökyüzü atlaslarıysa çeşitli biçimlerde ve büyüklükte 88 takımyıldız içeriyor. Bu takımyıldızların adları, birtakım canlı varlıklardan, günlük hayatta kullanılan araç ve gereçten ya da mitolojiden gelmektedir. Bugün, modern gökbilimde kullanılan takımyıldız adları çoğunlukla Latince'dir.

Yıldızların parlak olanlarına verilen adlar genellikle Arapça'dan gelmez. 1982 yılında hazırlanmış olan Yale Parlak Yıldız Kataloğu'nda 835 yıldızın adı yer almış. Tüm bu adları ezberlemek olanaksız olmakla birlikte, çıplak gözle görebildiğimiz yıldızların sayısı 4000'i aşmaktadır. Günümüzde ise çok gelişmiş teleskoplar sayesinde, gözlenebilen gökcisimlerinin sayısı milyonlarla ifade ediliyor.

Günümüze değin hazırlanan çeşitli yıldız kataloglarında farklı adlandırmalara gidilmiştir. 1600'lerin başlarında, Johann Bayer adlı bir gökbilimci, hazırladığı Uranometria adlı yıldız atlasında, yıldızları tanımlamak için Yunan alfabesindeki harfleri yıldızın bulunduğu takımyıldızın başına getirdi. Örneğin, Cygnus (Kuğu) Takımyıldızı'nın en parlak yıldızını Alfa Cygni, ikinci parlak yıldızını Beta Cygni olarak adlandırdı. Yunan alfabesindeki 24 harfin bazı takımyıldızlardaki tüm parlak yıldızları adlandırmakta yetersiz kaldığı durumlarda, birbirine yakın konumda yer alan

yıldızları adlandırırken, aynı harf, yanına bir sayı eklenerek kullanılıyordu. π_1 Orionis, π_2 Orionis gibi...

1712 yılında, İngiliz gökbilimci John Flamsteed, takımyıldızlardaki yıldızları batıdan doğuya doğru, sağ açıklık yönünde numaralandırdı. Bu yöntem, harita üzerinde bir yıldız bulurken büyük kolaylık sağladı. Flamsteed kataloğundan bir örnek verecek olursak, 80 Virgini (Virgo=Başak), 79 Virgini's'in hemen doğusunda, 81 Virgini's'in hemen batısında yer alır. Flamsteed bu biçimde 2682 yıldız numaralandırdı. Günümüzdeki modern yıldız haritalarında, parlak yıldızların hem Bayer harfleri, hem de Flamsteed numaraları verilir.

19. yüzyılda, gittikçe daha büyük teleskopların yapılmaya başlanması ve gözlenebilen gökcisimlerinin sayısının yüz binleri bulması sonucu, artık bu yıldız katalogları ihtiyacı karşılamıyordu. 1859 yılında, Bonn Üniversitesinde bir gökbilimci olan F.W.A. Argelander, gökyüzünü dik açıklık yönünde her biri bir derece genişliğinde olan ve boylu boyunca sağ açıklık yönünde uzanan ince bantlara böldü. Her bantın içinde kalan yıldızları, içinde bulundukları takımyıldızların ne olduğuna bakmadan, sağ açıklıklarına göre numaralandırdı. Örneğin, gökyüzünün en parlak yıldızlarında Vega, bu katalogta BD +38°3238 olarak adlandırılmıştır. (BD, Bonner Durchmusterung sözcüklerinin baş harflerinde oluşur ve "Bonn Araştırma" anlamına gelmektedir.) Buna göre Vega, +38 ve +39 dik açıklıklar arasında, 0^h sağ açıklıktan sonra, 3238. yıldızdır. BD kataloğunun aslı 324 188 yıldız içerir ve gökkürenin yarısından biraz fazlasını (-2° dik açıklığa kadar) kapsar. Daha sonra, bu katalog genişletilerek, tüm

gökküreyi kapsayan ve toplam 1 071 800 yıldız içeren bir katalog oluşturulmuştur.

Bugün en çok kullanılan yıldız kataloğu ise Annie J. Cannon'un 1911 - 1915 tarihleri arasında hazırladığı Henry Draper (HD) yıldız kataloğudur. Yıldızların sağ açıklıklarına göre sıralandığı bu katalog, 225 000 yıldız içeriyor ve her birinin tayf türü veriliyor.

Bugüne kadar hazırlanmış en kapsamlı katalog ise, Hubble Uzay Teleskopu için oluşturulan Hubble Space Telescope Guide Star Catalog'dur (HST GSC). Bu katalog 19 milyona yakın gökcismini içeriyor. Bunların yaklaşık 15 milyonunu yıldızlar, geriye kalanın çoğunluğunu da gökadalalar oluşturuyor. Bu katalogta GSC 1234 1132 olarak adlandırılan bir gökcismi, gökyüzündeki 9537 küçük bölgenin 1234'üncüsünde yer alan 1132'inci gökcismidir.

Değişen yıldızların adlandırması ise tümüyle kendine özgü bir sistemle oluşturulmuş. Bu sistem, Argelander tarafından kurulmuş. Argelander'in sistemine göre, bir takımyıldızda keşfedilen ilk değişen yıldız, içinde bulunduğu takımyıldızın başına R harfi getirilerek adlandırılmış. İkinci keşfedilene S, üçüncüye T getirilir ve bu Z'ye kadar devam eder. Z'den sonra RR, RS,, RZ, SR, SS,, SZ,, ZZ, AA, AB,, AZ, BB,, BZ,, QZ'ye kadar gider. Bazı takımyıldızlarda bu 334 tanımlama yetersiz kalmaktadır. Bu durumda, QZ'den sonra adlandırma basitçe V335, V336, olarak devam eder. Biraz karmaşık da olsa, değişen yıldızları adlandırmakta kullanılan yöntem bu.

Yıldızların adlandırmalarına ve yıldız kataloglarına kısaca değindikten sonra, gelelim yıldız kümeleri, bulutsu-

lar ve gökadalara adlandırılmalarına. Bu gökcisimleri için hazırlanmış birçok katalog olmasına karşın, özellikle amatör gökbilimciler tarafından en çok kullanılanları Messier Kataloğu ve NGC'dir (New General Catalogue).

Charles Messier, 1700'lü yıllarda yaşamış bir Fransız gökbilimcidir. Bir kuyruklu yıldız avcısı olan Messier, öteki gökcisimlerini, yani yıldız kümeleri, gökadalara ve bulutsuları, kuyruklu yıldızlarla karıştırmamak için bir katalog hazırladı. Messier Kataloğu olarak bilinen bu katalog, 110 gökcisiminden oluşuyor. Bu katalog, çoğunluğu kuzey yarımkürede yer alan bulutsu, yıldız kümesi ve gökada gibi çeşitli, en parlak gökcisimleri yer alıyor. Aslında, Charles Messier'in amacı, bu yıldız kümeleri, bulutsular ve gökadalara gözlemek değil, kuyruklu yıldızlarla karıştırmamak amacıyla onların yerlerini belirlemektir. Çünkü, bu gök-

15 Ağustos 2000, Saat 22⁰⁰'de gökyüzünün genel görünüşü

cisimleri, özellikle de küçük teleskoplarla bakıldığında kuyruklu yıldızla benzetilebilir.

Messier, 15 kuyruklu yıldız keşfine imza attı; ancak, bunların çoğu bugün anımsanmıyor. Messier Kataloğu, yaklaşık iki yüzyıl önce hazırlanmış olmasına karşın, içerdiği gökcisimleri, amatör (bazen de profesyonel) gökbilimcilerin en çok gözledikleri gökcisimleridir.

Messier kataloğundaki gökcisimlerinin sırası, sağ açıklık sırasına bağlı değildir. Messier onları, keşif sırasına göre numaralandırmıştır ve numaranın önüne bir "M" harfi koymuştur. Örneğin, Andromeda Gökadası Messier Kataloğu'nda M31 olarak adlandırılmıştır. En ünlü Messier cisimleri arasında, Ülker Açık Yıldız Kümesi M45, Herkül'deki küresel Küme M13, Orion Bulutsusu M42 vardır. Uygun gözlem koşullarında, Messier Kataloğundaki gökcisimlerinin çoğu, 7x50'lik bir dürbünle gözlenebilmektedir. 70-80 mm çaplı bir teleskopla, bu gökcisimlerinin hepsi görülebilir.

Sadece yıldız kümeleri, bulutsular ve gökadalara için hazırlanmış kataloglar

arasında, Messier kataloğundan çok daha kapsamlı olan, Danimarkalı gökbilimci John Dreyer tarafından hazırlanan NGC'dir. Adında "New" yani "Yeni" sözcüğü bulunmasına karşın, bu katalog 110 yıl önce hazırlanmıştır. NGC'deki gökcisimleri, sağ açıklıkları göre sıralanmışlardır. Başlangıçta 7840 gökcismi içeren katalog, daha sonra yine Dreyer tarafından yeniden düzenlenerek Index Catalogues (IC) adını aldı. IC ile 13 226 gökcismi kataloglandı. NGC kataloğu, günümüzde de yeni düzenlemeleriyle kullanılmaktadır. Özellikle de amatör gökbilimciler, Messier Kataloğu çok az gökcismi içerdiğinden, bu katalogdan sonra, NGC'yi kullanırlar. 7x50'lik bir dürbünle, NGC'de yer alan gökcisimlerinin parlak olanlarını görmek mümkün. 200 mm çaplı bir teleskopla bu katalogda yer alan gökcisimlerinin tümü görülebilir.

Ayın Gök Olayları

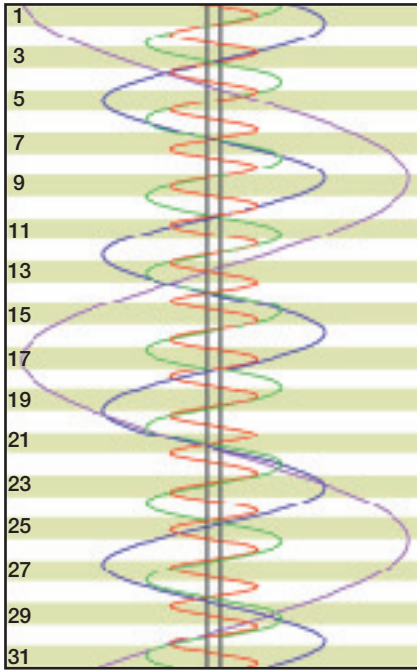
Aylardır gözlerden uzak kalan gezegenler bu ay biraz daha iyi konuma gelecekler. **Jüpiter** ve **Satürn**, ayın başında saat 1:00 sularında; sonundaysa daha erken, 23:00 sularında doğu-kuzeydoğu ufkundan yükseliyorlar.

Gözlenebilecek bir başka gezegen **Venüs**. Gezegen güneş battıktan sonra, kısa bir süre batı ufkunda gözlenebiliyor. Ayın sonuna doğru bu süre uzayacağından, gezegen daha rahat gözlenebilecek.

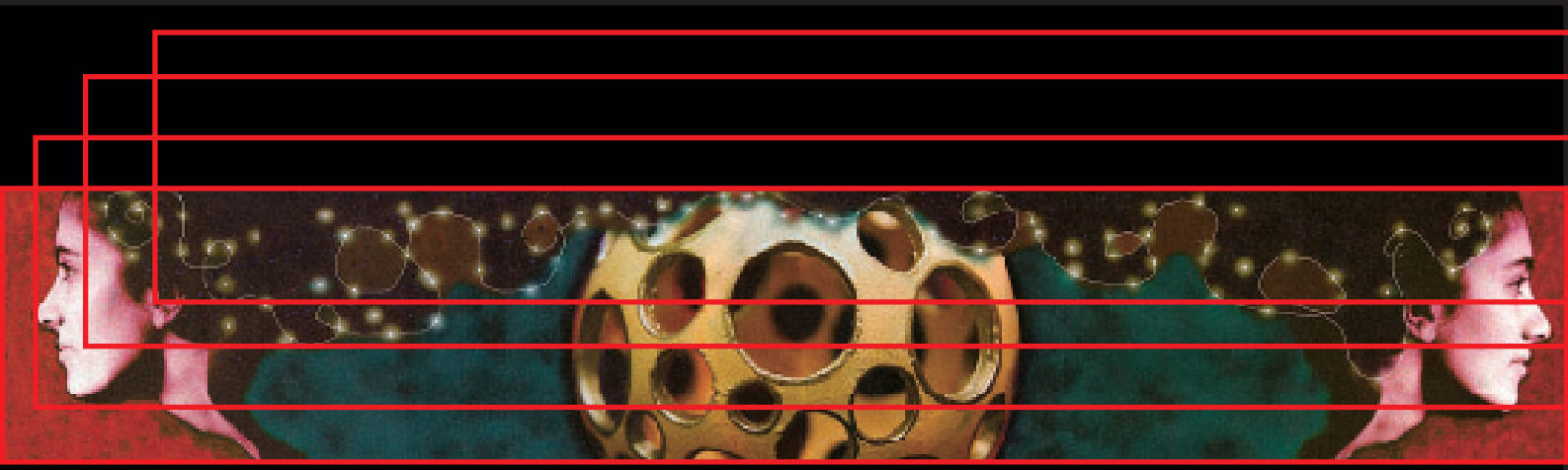
Merkür, sabah gökyüzünde ve ayın sonlarında Güneş'ten yaklaşık bir saat önce doğuyor.

Ay, 6 Ağustos'ta ilk dördün, 14 Ağustos'ta dolunay, 21 Ağustos'ta son dördün ve 28 Ağustos'ta yeniay evrelerinden geçecek.

Alp Akoğlu



Ağustos ayında Jüpiter'in "Galileo Uyduları" olarak adlandırılan dört büyük uydusu.



Kuantum İnternet

Kuantum mekaniği şaşırtıcı olmakla birlikte atomaltı dünyadaki etkileşimleri açıklamakta olağanüstü başarılı bir kuram. Bu mikrodünyanın, bizim dünyamızda alışık olmadığımız özelliklerinden biri de çoklu durumlar; yani, bir şeyin aynı anda hem var, hem de yok olabilmesi. Bu özellik makrodünyamızda hesaplama ve haberleşme için öylesine büyük potansiyel taşıyor ki, araştırmacılar, on yıllardır bundan yararlanacak algoritmalar, programlar ve iletişim ağları tasarlamakla uğraşıyorlar. Çoklu durumların, hızlı ve güvenli haberleşmede kullanılması için yaratıcı teknikler hazırlandı bile. Aşılması gereken zorluk, mikro ve makrodünyalar arasındaki sınırı geçerek, kuantum bilgisayarları gerçekleştirebilmek.

SETH LLOYD'un pek alışılmadık bir uğraşı var. Evrendeki en ilginç, sadece kuantum dünyasında var olan kaynakları kullanarak bir ağ yaratmaya çalışıyor. Bu tuhaf ürüne dolaşıklık (entanglement) deniyor. Dolaşıklık, geçmişte bir zaman etkileşime girmiş parçacıklar arasındaki bir tür hayali, bir bakıma telepatik bir bağ olarak tanımlanabilir. Bu bağlantı, "naklen" gerçekleşiyor ve parçacıklar evrenin iki ayrı köşesinde de olsa çalışıyor. Bu sayede, belki de bilim kurgu romanlarından aşına olduğumuz türden "ışınlama" bir gün gerçek olabilecek.

Ancak, öncelikle önümüzde duran bazı sorunlar var. Bilim adamları, ilk adım olarak dolaşıklığın yaratılması, saklanması ve dağıtılması gibi sorunların aşılması gerektiğini savunuyorlar. Böylece, çok hızlı kuantum bilgisayarların bir kuantum internetiyle birbirine bağlanması söz konusu olabilir. Kuantum bilgisayarlar, hiç kuşkusuz, araştırmacılara kuantum mekaniğinin evrendeki ilginç rolünü anlamalarına yardımcı olacak. Bunun yanında, bu bilgisayarlar sayesinde, en gizli şifreler kolaylıkla çözülebilecek. Bu nedenledir ki, Lloyd'un Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'ndeki

(MIT) çalışmalarına Amerika Birleşik Devletleri ordusu bile destek veriyor.

Dolaşıklık, günümüzde, kuantum şifreleme ve çok küçük ölçekli kuantum bilgi işlem ve ışınlama deneylerinde kullanılıyor. Eğer dolaşık (entangled) parçacıklar, bir kuantum interneti yoluyla dünyanın her bir yanına dağıtılabilsen, bilgi işlem ve haberleşmede bir devrim gerçekleşmiş olacak.

Kuantum bilgisayarlar, çok büyük işlem gücü elde etmek için, birbirine bağlanabilecek. Bu sayede bilgi, bugün ancak kuramsal olarak varolan haberleşme hızından bile çok daha hızlı taşınabilecek. Kuantum işlemleri yapmak isteyen herkes, gereksinim duyacağı yazılımı kuantum internet yoluyla bilgisayarına yükleyebilecek. Fizikçilerse, kuantum maddenin "rafta durmayan" örnekleriyle çalışma fırsatını bulacaklar. Bu tür potansiyel uygulamalar, bir kuantum interneti yaratmak için yeterli nedenler gibi görünüyor.

Ancak, her şey görüldüğü kadar toz pembe değil. Ortadaki en büyük sorunlardan birisi, kuantum parçacıklarının çok "kırılgan" olmaları ve taşıdıkları bilgiyi kolayca yitirebilmeleri. Yalnızca bir bakış bile, taşıdıkları bilgiyi yok edebilir. Öyle görünüyor ki, bir kuantum interneti oluşturmak, bazı ciddi sorunlar çıkarıyor karşımıza.

Ancak, Lloyd ve çalışma arkadaşları, geçenlerde, bir kuantum internetinin nasıl yapılabileceğini ayrıntılarıyla yayımladılar. Üstelik, onlara göre, bugünkü teknolojiyle bunu başarmak mümkün. Lloyd'a göre, tüm gerekli parçalar daha önce yapıldı. Lloyd, üç yıl içinde, bu şebekenin ilk üç ayağını yapabileceğini düşünüyor.

Bir kuantum interneti, aslında, iletişim endüstrisinin altyapısını yeniden inşa etmek anlamına geliyor. Günümüzdeki her telefon çalışı, TV yayınları ve İnternet bağlantıları, kabaca, Claude Shannon'un çalışmalarının bir ürünü. Shannon, 1940'larda, New Jersey'deki Bell Laboratuvarları'nda, klasik haberleşme teknolojisinin temelini atmıştı. Shannon, her iletişim kanalının kapasitesini, yani her kanalın ne kadar bilgi yükünü kaldırabileceğini saptayarak ve bilgi sıkıştırma tekniklerinin ana hatlarını belirleyerek, mühendislere iletileri daha verimli göndermenin yolunu göstermişti.

Shannon, ayrıca, gürültülü kanallarla nasıl baş edeceğini ve bitlerin nerede bozulduğunu gösterdi. Örneğin, güvenilir olması bakımından, gönderici her biti üç kez tekrarlamalıydı. Shannon bunu kanal kodlama olarak adlandırdı. Araştırmacı, verimliliğin kuramsal sınırları üzerine de araştır-

malar yaptı. Yeni nesil cep telefonlarının verimliliği, bu "Shannon sınırı"na oldukça yaklaşmış olacak.

Ne var ki, Shannon'un fikirleri, sadece klasik haberleşmeye uygulanabiliyor. Kuantum internetine giden yoldaki en büyük sorun, onun kuramlarını kuantum dünyası için yeniden oluşturmakta yatıyor.

Kuantum dünyasındaki bilgiişlem, klasik bilgiişleme benzemiyor. Klasik bilgiişlemde bilgi, 0 ve 1'lerden oluşan bir dizi rakamla ifade edilir ve bu bilgi bir kablodaki voltajı değiştirerek taşınır. Bir düzeyin üzerindeki voltaj 1'i; altındakiyse 0'ı temsil eder. Ancak, bir kuantum parçacığına, örneğin bir fotona bir parça bilgi yüklemek çok daha farklı.

Fotonlar, aynı anda iki ya da daha çok durumda bulunabilirler. Örneğin, bir fotonun elektrik alanı, foton bir düzlemde titreşecek biçimde filtre edilebilir. Buna kutuplaştırma ya da polarizasyon deniyor. Örneğin, kutuplaşma düzlemini dik yaparsak bu 0'a, yatay yaparsak, 1'e karşılık gelir.

Ancak, kuantumda, durumların üst üste gelmesi (süperpozisyon) denen bir olgu var. Bu, bir parçacığın aynı anda birden fazla durumda bulunabileceği anlamına geliyor. Bu nedenle, bir foton aynı anda hem dikeyne hem de yatay kutuplaşabilir. Bu, aynı anda hem 0 hem de 1 demek. Bu fotonun kutuplaşmasına, kubit (kuantum ve bit'in kısaltılmışı) deniyor. Kuantum durumlarının kırılğan doğası olmasaydı, mühendisler, durumların üst üste gelmesi sayesinde bu fotonları kullanarak, iletişim kanallarının hızını hemen iki kat artırırlardı.

Aslında sorun tam olarak ne kadar bilginin depolanabileceği değil, ne kadarının yeniden kullanılabilceği. Bilgi, bir foton üzerinde yapılacak ölçümle geri kazanılabilir. Ancak, kuantum dünyasında, ölçümler her şeyi değiştirir. Tek bir foton için, kutuplaşma ancak tek bir doğrultu için ölçülebilir. Bu ölçüm yapıldığında da, fotonun taşıdığı bilginin geri kalanı geri kazanılamayacak biçimde yok olur. Bu da bir kubitten ancak bir bitlik bilgi alınabileceği anlamına geliyor. Yani, kuantum kanalıyla klasik türden bir veri gönderme, klasik kanalın kapasitesini aşmıyor.

Ancak, dolaşıklık işin içine girdiğinde her şey değişiyor. İkilden biri üzerinde yapılan ölçüm, ötekinin ölçüm sonucunun da aynı olmasını sağlıyor. Aralarındaki uzaklık ne olursa olsun. Bu, uzay-zamanın iki noktasını sihirli bir biçimde birleştiren olay, iletişimde bir çığır açacak gibi görünüyor.

1992'de, IBM Thomas J. Watson Araştırma Merkezinden Charles Ben-



nett, ve Tel Aviv Üniversitesi'nden Stephen Wiesner, dolaşıklığın, kuantum kanalına göre en azından bir ya da iki kez daha hızlı olabileceğini gösterdiler. Bu, araştırmacıların hayali karakterleri Alice ve Bob için çok iyi bir haberd. Alice, zamanının büyük bölümünü Bob'a kuantum iletileri göndermeye ayırmış. Ne var ki, henüz telefonda olduğundan daha hızlı bir ile-

tişim gerçekleştirememişler. Peki, Alice ve Bob, bir çift dolaşık fotonu paylaşıyor olsalardı ne olurdu?

Her foton, ya yatay (1) ya da dikey (0) kutuplaşmış olabilir. Böylece, ikili, dört durumdan birisinde olabilir: İkisi de dikey; ikisi de yatay, birincisi yatay, ikincisi dikey; birincisi yatay, ikincisi dikey kutuplaşmış olabilir. İkili sisteme göre, bu 00, 11, 01 ya da 10 olacaktır. Onluk sistemdeyse, 0'dan 3'e kadar olan rakamlara karşılık gelir bu. Alice, elindeki fotonlardan birine bakarak, sistemin bu dört durumdan hangisinde olduğunu saptayabilir.

Alice ve Bob, her biri, başlangıçta üst üste gelmiş dört durumdaki dolaşık çiftin birini alır. Sonra, Alice fotonunu basit bir optik sistemin içine koyar. Dolaşıklığın garip doğası sayesinde, Alice'in müdahalesi, Bob'un fotonunu da etkiler. Alice'in hareketi, aynı anda hem kendi hem de Bob'un fotonuna bilgi yükler. Alice, kendi fotonunu, iki foton hakkında da bir bilgiye sahip olmayan Bob'a yollar. Bob, fotonu aldığı anda, ikilinin optik özelliklerine bakarak Alice'in dört işlemden hangisini yaptığını okur. Buradaki en önemli nokta, Alice'in, dolaşıklık yoluyla ve tek foton kullanarak iki bitlik veriyi gönderebilmesidir. Böylece, dolaşıklık, onun kanalının kapasitesini iki katına çıkarmış oluyor. Bu olaya, kuantum süperyoğun kodlama da deniyor.

Aynı yöntemle, bundan da öteye gidilebilir. Fizikçiler, dolaşık üçlüler ve dörtlülerle oynamaya başladılar bile. Doğal olarak bunlar çok daha karmaşık özelliklere sahipler. Ortaya kaçınılmaz olarak çok daha fazla kombinasyon çıkıyor. Eğer bu durumlarla başa çıkılabilirse, kuantum iletilerin inanılmaz hızlarla yapılması olanaklı hale gelecek.

Ancak, ortada bir sorun var. Eğer fizikçiler ortaya çıkan istenmeyen hataları düzeltmenin bir yolunu bulamazlarsa, bu muhteşem buluş, hiçbir işe yaramayabilir. Kuantum durumları o kadar kırılğan ki, dışarıdan gelecek en ufak etki, onların bozulmalarına neden olabiliyor. Bu nedenle, pek çok fizikçi, yakın zamana kadar kuantum bilginin güvenilir bir biçimde gönderilemeyeceğini düşünüyordu. Ancak, geçen yıl, iki fizikçi bu soruna mükemmel bir çözümle geldiler.

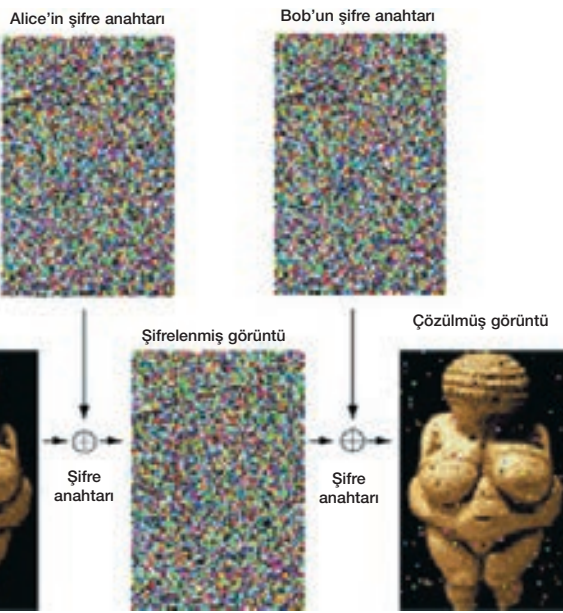
IBM'in California Almaden Araştırma Merkezi'nden Isaac Chuang ve Washington'daki Microsoft Araştırma'dan Daniel Gottesman, kuantum hesaplamaları yapan, kuantum iletilerinin içeriğini koruyan ve bitlerin hatasız kalmalarını sağlayan bir program geliştirme yolunda epeyce ilerlediler. Ve, bunu olanaklı kılan en önemli katkı, dolaşıklık. Chuang ve Gottesman'ın fikri, kuantum ışınlamayı temel alıyor. Araştırmacılar, önce gönderilecek kubit üzerinde bir ölçüm yapıyorlar. Aynı ölçümü, dolaşık çiftin yarısının üzerinde de yapıyorlar. Bu, çiftin öteki yarısına kubit hakkında bilgi gönderiyor.

Kuantum hesaplama, basitçe, bir kuantum durumunun bir başkası üzerindeki etkisinin bir sonucu. Dolaşık çiftin durumunu belirli bir biçimde hazırlarken, ışınlanan, orijinal kubit üzerinde yapılan işlemlerin sonucu.

AT&T Laboratuvarları'ndan Peter Shor ve Oxford Üniversitesi'nden Andrew Steane, 1995 yılında, veriler üzerinde yapılan bir takım basit işlemlerle hataların düzeltilebileceğini öne sürmüşlerdi. Chuang ve Gottesman'a göre, bir kuantum web sitesinden bir set halinde, hata düzelten dolaşık fotonlar indirerek bu sorunu halledebilirsiniz.

Chuang ve Gottesman'ın makalelerinde, dolaşık parçacıkların ticari bir kaynak olabileceğine değinmişlerdi. Öyle ki, onlara göre, bu parçacıklar kuantum interneti yoluyla alınıp satılabilecekler. Ayrıca, bu parçacıkların yapısı sayesinde, taşıdıkları bilgiyi başkalarının görmesi engellenebilecek. Bir başkası onlara baktığında durum değiştireceklerinden, gizlilik daha güvenilir hale gelecek.

Belki de buraya kadar anlatılanların hepsinden de ilginç olan, kuantum internetin karmaşık moleküllerin dünya'nın herhangi bir yerine ışınlan-



Gizli bilginin kuantum kriptografi yöntemiyle iletilmesi. Viyana yakınlarında bulunan MÖ. 22 000 yılına ait Willendorf Venüsü'nün resmi 8 bit derinliğinde renkli bir haritaya kodlanıyor. Alice ve Bob tarafından, dolaşık fotonlar üzerinde yapılan bağımsız gözlemlerle elde edilmiş iki rasgele şifre anahtarı da renkli haritalarla temsil ediliyor. Alice, orijinal resmi şifrelenmiş haritayı da ekleyerek kodluyor. İletilen görüntü tümüyle rastgele olduğundan bu bilgiyi elde etme çabaları yararsız olacaktır. Bob, orijinal mesajı, elindeki şifreyi de koyarak elde ediyor. Sonuç görüntüdeki 1-2 hata, dolaşık fotonların ölçümünün bazen tam olarak örtüşmemesinden kaynaklanıyor.

masında kullanılabilecek ideal bir araç olabileceği düşüncesi. Şimdilik araştırmacılar, bir fotonun kuantum durumu gibi basit şeyleri ışınlatabiliyorlar. Daha ileri gitmek için, daha karmaşık dolaşıklıkların kullanılması gerekecek. Kuantum internet ve onun kuantum yazılımı, bilim adamları için, atomların, moleküllerin ve zamanla belki de yaşam unsurlarının ışınlaması yolunda bir başlangıç olacak.

Kuantum internetinin planını oluşturma yolunda ilk adımı, 1997'de Innsbruck Üniversitesi'nden Ignacio Cirac ve Peter Zoller attı. Bu yıl, Lloyd ve MIT'den Selim Shahriar ve Massachusetts'teki Hava Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarı'ndan Philip Hemmer, bu fikri gerçeğe daha da yakınlaştırdılar. Onların düşüncesi, bir çift dolaşık foton yaratıp optik fiber yoluyla birini Alice'e ötekini Bob'a göndermek. Alice ve Bob, süper soğutulmuş atomlar içeren lazer tuzaklarına sahipler. Bu tuzaklar, fotonları yakalayabiliyor. Lloyd ve arkadaşları, bir atomun ne zaman bir foton yakaladığını ona zarar vermeden saptayabileceğimizi söylüyorlar. Alice ve Bob'un eş zamanlı soğurmalarına bakarak atomların dolaşık çifti ne zaman yakaladığı-

nı bulabiliriz. Bu gerçekleştiğinde, atomlar, kendileri dolaşık olur; böylece Alice ve Bob bir çift dolaşık parçacığı paylaşırlar. Atomların elektrik yükü olmadığından, elektrik ve manyetik alanlardan etkilenmezler ve dış dünyadan korunmuş olurlar.

Alice ve Bob, yazılımı "raftan indirerek", onu iletilerini göndermede kullanabilirler. Fizikçiler, atom çiftlerini, kuantum mikrobilgisayarları arasında iletişimi sağlamada kullanabilirler. Bu, yararlı işlemler yapabilecek kuantum bilgisayarları oluşturmada gereksinim duyacakları şey.

Günümüzün kuantum bilgisayarları, kuantum bilgi işlemleri

yapabilen; ancak onu paylaşamayan ilkel moleküller. Bunlardan en güçlüsü, New Mexico'daki Los Alamos Laboratuvarları'ndaki 7 kubitlik makine. Bu makinelerden pek çoğunu birbirine bağlayarak, yararlı kuantum hesaplamalar yapmak olanaklı olabilecek. Ağ gibi yaygın bir şebekeyle, tüm dünyadaki bilgisayarlarla muazzam işlem gücü elde edilebilir.

Küresel bir kuantum interneti, sandığından daha önce yapılandırılabilir. Lloyd, 6 ay içinde, çalışan bir dolaşıklık kaynağına sahip olmayı düşünüyor. İki yıl içinde de dolaşıklığı gönderebileceğini umuyor. Üç ayaklı bir internetse bir yıl daha sonra gelebilecek.

Şimdiden, dolaşık bilginin 21. yüzyıl için sağlayacağı olanakları düşünün. Microsoft gibi, tüm dünyaya dolaşıklık kaynağı olmayı düşünenler için de iyi haberler var: Kuantum yazılımları sadece bir kez kullanılabilir. Dolaşıklık ve kuantum ölçümlerinin kurallarına göre bir kere kullanmak, onu yok etmek anlamına geliyor. Bilgi işlem tarihinde ilk kez, yazılım kopyaları dolaşıklık karşısında çaresiz kalacaklar.



Schrödinger'in Kedisi Aramızda

Stony Brook'taki bir grup fizikçi Schrödinger'in kedisi deneyinin bir benzerini SQUID'ler üzerinde gerçekleştirdiler. Böylece bu ünlü düşünce deneyinin kuantum fiziği hakkında ortaya attığı sorulardan biri, makroskopik cisimlerin de üst üste gelmiş durumlara sokulup sokulamıyacağı sorusu, yanıtlanmış oldu. Deney, aynı zamanda SQUID'lerin ileride yapılması olası kuantum bilgisayarları için kuantum bit'i olarak kullanılabileceğini de gösteriyor. New York Devlet Üniversitesi, Stony Brook kampüsünde James Lukens önderliğinde bir grup fizikçi, milimetrenin altıda biri kadar büyüklükte bir halkanın üzerinden aynı anda birbirine zıt iki akım geçirmeyi başardılar. Kuantum fiziğinde sıkça rastlanılan bu tür durumların büyük cisimler için geçerli olmadığı düşünülüyordu.

KUANTUM FİZİĞİNİN anlaşılması en zor yönü üst üste gelme (süperpozisyon) ilkesidir. Genel anlamda bu ilke bize, bir sistemin içinde bulunabileceği durumları aritmetik işlem yapıyormuşçasına toplayıp, çıkarabileceğimizi; sonuçta sistemin yeni durumlarını elde

edeceğimizi söyler. Örneğin sizden noktasal bir parçacığı hayalinizde canlandırmanız istenirse, siz bu parçacığın uzayın belli bir noktasında bulunduğunu, eğer hareket ediyorsa zamanla bu konumunu değiştirdiğini düşünürsünüz. Ne yazık ki, kuantum fiziğinde parçacıklar böyle bir durumda hiç bir zaman bulunamazlar. Elektronlar gibi

temel parçacıklar, genellikle, uzayın değişik noktalarında bulundukları durumların üst üste gelmesiyle oluşan, bizim hayalimizde canlandırmakta zorlandığımız bir durumda bulunurlar. Bir başka deyişle, söylemesi kolay olsun diye, biz bunu "bir parçacık uzayın değişik noktalarında aynı anda bulunabilir" şeklinde ifade ediyoruz.

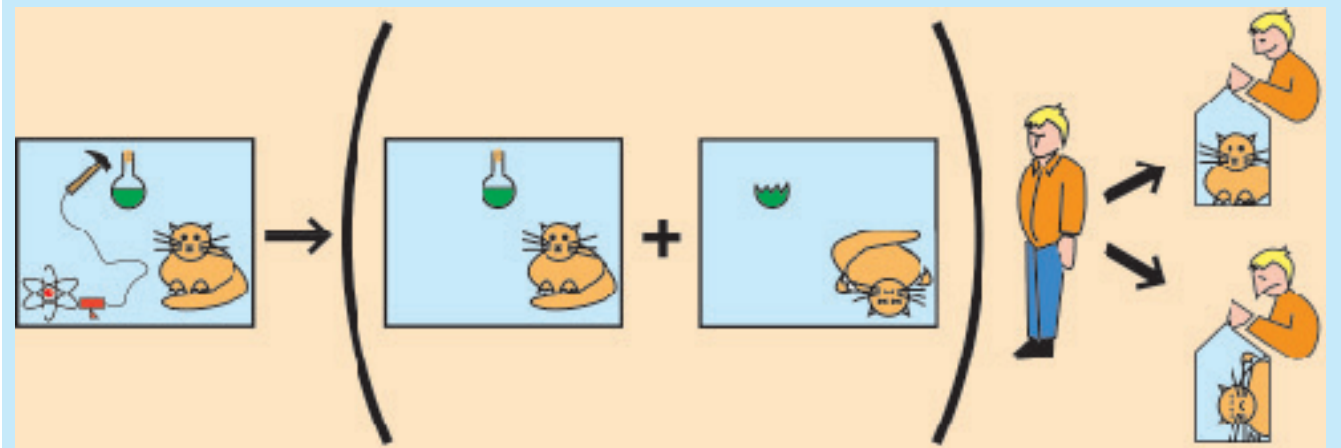
Schrödinger'in Kedisi Deneyi

Kuantum fiziğine göre radyoaktif bir atomu yalnız başına bırakırsanız, atom bir süre sonra bozunmuş ve bozunmamış durumlarının üst üste gelmesiyle oluşan yeni bir duruma girer. Doğal olarak burada ilk aşamada çekirdeğin bozunmamış durumda bulunması olasılığı daha fazladır, ama bu olasılık zaman geçtikçe azalır. Çekirdeğin yarı ömrü kadar süre sonra, üst üste gelmiş durumda bozunmuş durumun olasılığıyla bozunmamış durumun olasılığı eşit olur. Yarı ömrün bir kaç katı kadar uzun bir süre bek-

lendiğindeyse çekirdek, büyük olasılıkla bozunmuş durumda, çok küçük bir olasılıkla da bozunmamış durumda bulunur. Burada önemli olan özellik, ilk an dışında, her zaman için çekirdeğin durumunun iki durumun üst üste gelmesiyle oluşması, yani aynı anda hem bozunmamış hem de bozunmuş bulunabilmesi.

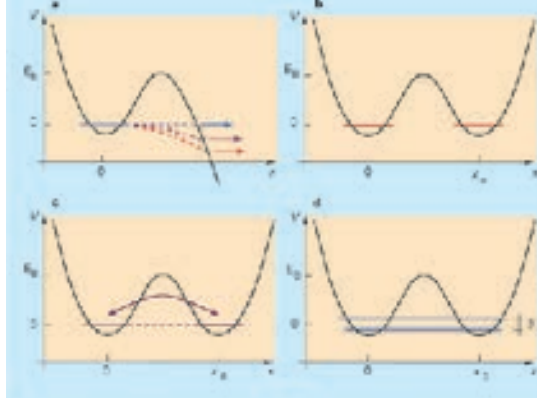
Schrödinger'in tasarladığı deneyde, bir kedi çevresinden mükemmel biçimde yalıtılmış bir kutunun içine yarı ömrü bir saat kadar olan bir atom ve diğer bir takım aletlerle beraber konur.

Schrödinger, radyoaktif çekirdeğin kendiliğinden üst üste gelmiş durumlara girdiği gerçeğini kullanarak bir kediyi de üst üste gelmiş durumlara sokabileceğini söylüyor. Kutu içinde bir dedektör, çekirdek bozunduğunda ortaya çıkan ışımayı algılar algılamaz bağlı bulunduğu bir çekici harekete geçirir. Çekiç, içi siyanür dolu bir şişeyi kırarak kedinin ölümüne neden olur. Fakat atom bozunmazsa, dedektör gereki sinyali çekice göndermez ve kedi yaşamaya devam eder. Atomik olayların makroskopik cisim-



Kuantum fiziği hakkında hiç bir şey bilmeyenler yukarıdaki paragrafta muhakkak kaybolmuşlardır. Kuantum dünyasının bu özelliğini anlamakta zorlanmamızın asıl nedeni, yaşadığımız, tanıdık olduğumuz dünyada üst üste gelmiş durumlara hiç bir zaman tanık olmamamız. Bugüne kadar hiç kimse bir nesnenin iki ayrı yerde aynı anda bulunduğunu görmemiştir. Ya da siz bu dergiyi okurken, derginin bütün sayfalarının aynı anda açık olduğuna ve bütün sayfaları aynı anda okuyabildiğinize şahit olmamışsınızdır. Daha önce hiç görmediğimiz bir nesneyi, daha iyi bildiğimiz nesne ve kavramlarla açıklamaya çalıştığımız için, kuantum dünyasını anlamak için elimizden gelen iyi bir şey yok.

Öte yandan, kuantum mekaniği çok başarılı bir kuram. Bugüne kadar bu kuramın atomlara, atomaltı parçacıklara ve mikroskopik ölçekte diğer bir çok olaya uygulanması o kadar iyi sonuçlar vermiştir ki, artık hiç kimsenin kuantum mekaniğinin doğrulğundan şüphesi kalmamıştır demek yanlış olmaz. Görünen o ki, eğer elektronlar yaşıyor olsaydılar, kuantum fiziğini anlamakta hiç zorluk çekmeye-



Tünelleme yoluyla bir sistemin durumunu değiştirmesi. (a) Çevreyle etkileşen sistem, tünelleme yaparken enerjisini kaybederek diğer vadiye tamamen geçer. (b) Vadiler simetrikse ve çevreyle etkileşim güçlü ise, makroskopik cisimlerde gördüğümüz gibi, sistem vadilerden birinin en alt noktasında sonsuza dek kalır. (c) Çevreyle etkileşim zayıf ise, bir vadiden diğerine tünelleme gerçekleşebilir. Fakat bu şekilde durum değiştirmeler rastgeledir. (d) Çevreden tamamen yalıtılmış bir sistemde tünelleme uyumludur ve iki vadideki durumların üst üste gelmesi ile oluşan yeni durumlar arasında bir enerji farkı oluşur.

ceklerdi! Peki bunu neden biz başaramıyoruz? Neden çevremizde kuantum fiziğine göre hareket eden cisimler göremiyoruz? Neden bu derginin bütün sayfalarını aynı anda açıp, aynı anda okuyamıyoruz? Bu sorunun yanıtının, bizim makroskopik dünyamızdaki bütün nesnelerin çok fazla sayıda (milyarlarca milyar) temel parçacıktan oluşmasında yattığı düşünülüyor.

1935 yılında Avusturya'lı fizikçi Erwin Schrödinger, yukarıda sorduğumuz soruyu daha iyi kavrayabilmemizi sağlayan bir düşünce deneyi tasarladı. Bu deneyde, kuantum mekaniğine göre hareket eden parçacıklar kullanılarak, makroskopik cisimlerin üst üste gelmiş durumlara sokulması mümkün oluyordu. Olaya biraz da dramatik yön vermek

için Schrödinger, makroskopik nesne olarak yaşayan bir varlık, bir kedi seçmişti. Deneyde mikroskopik olayların makroskopik cisimleri etkilemesi sağlanarak, canlı ve ölü durumların üst üste gelmesiyle kedi, bizim için çok egzotik bir duruma sokuluyordu. Aynı anda hem yaşayan, hem de ölü olan bir kedi! Bir çok kişi için bu deney, bazı nedenlerden dolayı kuantum kavramlarının makroskopik dünyaya kadar çıkamayacağı, bu nedenle makroskopik dünyayla mikroskopik dünya arasında bir sınır olduğu şeklinde yorumlanıyordu. Bir başka deyişle, bir sistemin içindeki parçacık sayısı, belli sınır değerleri aştığında artık kuantum yasalarına göre değil, bildiğimiz klasik yasalara göre hareket etmeye başlıyordu.

1980'li yıllarda Caldeiro ve Leggett çevreyle ilişkisi tamamen kesilmiş makroskopik bir sistemin, kuantum mekaniğine göre hareket edebileceği, hatta üst üste gelmiş durumlara konabileceği iddiasını ortaya attılar. Bundan sonra bir çok grup, Schrödinger'in kedisini düşünceden pratiğe döndürmeye çalıştı. Bu iddia ilk olarak büyük, ama hala mikroskopik sistemlerde denendi. Süperiletkenler, nanoölçekte miknatıslar, lazerle soğutulmuş iyonlar ve C60 molekülleriyle yapılan deneyler bu görüşü doğruluyordu. Ama gerçek anlamda makroskopik bir cismin kuantum davranışı, Stony Brook'tan James Lukens önderliğinde çalışan bir grupça geçenlerde gözlemlendi.

Nature dergisinde detayları yayımlanan bu deneyde, SQUID (Superconducting Quantum Interference Device – Süperiletken Kuantum Girişim Aygıtı) diye adlandırılan süperiletkenlerden yapılan aletlerin belli koşullar altında üst üste gelmiş durumlara girdiği gösteriliyor. Deneyde kullanılan

ler üzerinde böylesine büyük etkisinin olmasını garantiledikten sonra, tıpkı bozunan çekirdek gibi kedi de, canlı ve ölü olduğu durumların üst üste gelmesiyle oluşan yeni bir duruma girer. Örneğin bir saat kadar sonra, eşit olasılıklarla kedi hem ölü, hem de canlı olacaktır. Makroskopik cisimlerin, hatta canlıların böyle durumlara sokulup sokulamayacağı sorusu uzun yıllar insanları meşgul etti. Kuantum fiziğinin değişik yorumları, bu soruya değişik yanıtlar verdi. Genel düşünce, makroskopik cisimlerin bazı özelliklerinden dolayı kuantum olaylarının bu cisimlerde görülmeyeceği yolunda oluştu.

Kedinin ölü+diri olduğu nasıl anlaşılır?

Kedinin durumunu merak eden deneyci, kapağı açtığındaysa daha garip bir şey olur. Kapağı açma ve kediyi görme bir çeşit "ölçme" işlemidir. Kuantum fiziğinin standart yorumuna göre de ölçme sonunda her fiziksel sistemin durumu, ölçülen şeyin niteliğine göre bir "çökme" yaşar. Örneğin, bir çok noktada aynı anda bulunan bir elektronun yeri ölçüldüğünde, elektron bulunduğu bu yerlerden birinde ortaya çıkar. Ölçme işlemi, çoklu konumların üst üste gelmesiyle oluşan durumu, elektronun tek bir noktada bulunduğu duruma çöktürmüştür. Kutudaki kedide de aynı şey olur. Kedinin durumu, ya canlı olduğu ya da ölü olduğu duruma bir çökme yaşar. Dolayısıyla deneyci kediyi, alışıktığı biçimde, ölü ya da diri olarak görür. Hiç bir şekilde, deneycinin üst üste gelmiş durumu birinci elden gözlem-

lemesi olanağı yoktur. Peki, deneyci kedinin kutu içinde üst üste gelmiş durumda olduğundan nasıl emin olabilir? Lukens ekibi bu problemin üstesinden gelmiş: özetle başka bir şey ölçerek.

Kutu çevresiyle etkileşiyorsa ne olur?

Peki deneyci kapağı açmadan kedinin durumu hakkında bilgi sahibi olabilir mi? Örneğin, kutu henüz kapalı iken kutu içinden cam kırılmasına benzer bir ses gelmişse, deneyci bundan kedinin kesinlikle ölü olduğu sonucunu rahatlıkla çıkarabilir. Bu durumda kutunun kapağını açtığında kediyi kesinlikle ölü olarak görecekler. Bir anlamda kutu içinden ses gelmesi, tıpkı kutunun kapağının açılması gibi bir ölçme işlemidir. Ha kediyi ölü gibi yerde yatarken görmüşsünü, ha onu öldüreceği kesin zehir şişesinin kırıldığını duymuşsunuz. Her ikisinde de deneyci aynı sonucu çıkaracağı için, her ikisi de kedinin durumunun çökmesi anlamını taşır.

Benzer şekilde, eğer kutu ses geçiriyorsa ve deney süresince kutu içinden herhangi bir ses gelmemişse, deneyci kedinin hayatta olacağından emin olabilir. Kapağı açtığında kedi kesinlikle hayatta bulunacaktır. Dolayısıyla, Schrödinger'in kedisini deneyini yapmak isteyenler kutunun içiyle dışı arasındaki tüm etkileşimi kesmek zorundalar. Caldeiro ve Leggett, ancak bu durumda kutudaki kedinin durumunun, kuantum fiziğine göre gelişmesinin mümkün olduğunu söylüyorlar.

SQUID'ler 0.14 mm çapında, bize göre küçük, ama makroskopik cisimler. Birçok canlı türünün bu cihazdan daha küçük olduğu düşünülürse SQUID'lerin gerçekten makroskopik nesneler olduğu daha rahat anlaşılabilir.

SQUID'ler genellikle manyetik alanların hassas ölçümlerinde kullanılan, süperiletken malzemelerin ince bir yalıtkanla birleştirilerek halka şekline getirilmesinden oluşan cihazlar. Bu halka üzerinde mikroamper seviyesinde akan akımın hiç bir dirençle karşılaşmadığı oldukça iyi biliniyor. Dışarıdan uygulanan manyetik alanın büyüklüğüne bağlı olarak, halka üzerinde akan akım belli değerler alıyor ve bu sayede manyetik alanın büyüklüğü ölçülebiliyor.

SQUID'in içinde bulunduğu her manyetik alan için akımın tek bir değeri ve tek bir yönü de yok. Üstelik halka üzerinde akan akım, "tünelleme" diye nitelendirdiğimiz fiziksel bir olay sonucu büyüklüğünü hatta yönünü değiştirebiliyor. Tünelleme sayesinde halkanın üzerinde akan akım kolaylıkla üst üste gelmiş durumlara girebilir. Grup, halka üzerindeki akımın ters yönde aktığı iki durumu üst üste getirmeyi hedefliyor. ve bu olayın bıraktığı izleri ölçerek bu olayın gerçekten olduğunu kanıtlıyor.

Bu olayın niteliğini tam olarak anlayabilmek için, şekilde gösterilen potansiyel diyagramlarını incelememiz gerekiyor. Bu şekillerde yatay eksen sistemin içinde bulunduğu durumu, düşey eksen bu durumda bulunan sistemin enerjisini gösteriyor. Ama biz burada bu şekillerin bazı dağların silüeti olduğunu ve bir topun bu dağlar ve vadiler arasında hareket ettiğini varsayacağız. Eğer bir top, sol vadiye bakan bir yamaç üzerinde bulunuyorsa, hemen aşağıya doğru yuvarlanacağını, en sonunda tüm hareket bittikten sonra topu vadinin en dip noktasında bulacağımızı biliyoruz. Sol vadiye bakan yamaçlardan birine bırakılan bir topun ortadaki dağın sağ tarafına geçmesinin kesinlikle söz konusu olmadığını da hatırlatalım.



Ama eğer topumuz makroskopik bir cisim değil de, mikroskopik, kuantum yasalarına uyan bir parçacıksa o zaman ilginç etkiler görülmeye başlanır. Örneğin, parçacığın kesinlikle vadinin en dip noktasında olmadığını, değişik noktalarda aynı anda bulunabildiğini kuantum fiziği bize söylüyordu. Parçacığın

en dip noktada bulunma olasılığının yüksek olmasına karşın, küçük te olsa yamaçlarda, hatta dağın içinde bulunma olasılığı da var. Hatta, daha da küçük olasılıkla dağın diğer yamacında, sağdaki, görünme olasılığı da bulunuyor! Bunun anlamı şu: eğer dağın diğer yamacında bulunabiliyorsa, parçacık sağ taraftaki vadiye de geçebilir. Bir benzetme yapmak gerekirse, bu olayı parçacığın dağın içinde görünmez bir tünel açtığı ve diğer tarafa geçmeyi başardığı şeklinde yorumlayabiliriz. Sadece kuantum dünyasında gördüğümüz bu olaya tünelleme deniliyor. Radyoaktif bir atomun bozunması sonucu çekirdeğin içinden bir alfa parçacığının çıkması tünellemenin güzel bir örneği. Burada, çekirdek içinde dolaşan alfa parçacığı, çekirdek yüzeyinde parçacığı hapseden bir duvarı bu yolla aşıyor. Doğal olarak bu olayın gerçekleşme olasılığı dağın yüksekliğine ve açılması gereken tünelin boyuna bağlı. Eğer tünel daha kısaysa ve dağ daha alçaksa, tünelleme olasılığı daha yüksek oluyor. Radyoaktif atomların bozunmasında bazı çekirdekleri çevreleyen duvar daha güçlü ve kalın, bazıları da daha zayıf ve ince olduğu için çekirdek

bozunma yarı ömürleri bazı çekirdeklerde saniyelerle, bazılarındaysa milyon yıllarla ölçülüyor.

Herhangi bir sistemi bu şekilde incelememiz mümkün. Örneğin, Schrödinger'in kedisi deneyinde sol vadi kedinin canlı olduğu durumları, sağ vadiye ölü olduğu durumları gösteriyor diye düşünebiliriz. Ya da SQUID'lerde sol vadinin, akımın saat yönünde aktığı, sağ vadininse akımın saatin ters yönünde aktığı durumu gösterdiğini düşünebiliriz. Gerçek bundan farklı olmasına karşın, bu resim bütün olayı anlamamız için yeterli. Şekil (a) tünelleme sırasında çevreyle etkileşim olduğunda neler olabileceğini gösteriyor. Sol vadiye bulunan bir parçacık, sağ vadiye tünelleme yoluyla geçerken çevreye bir miktar enerji verip bu enerjiyi kaybeder. Bu kayıp enerjiden dolayı, ve sağ vadi daha derin olduğu için, parçacık aşağıya kadar iner ve orada kalır. Sağ vadiye bir defa geçen bir parçacık buradan tekrar sol vadiye geçemez.

SQUID deneyindeyse, belli koşullar sağlandığında sağ ve sol vadiler birbirlerine simetrik olabiliyor. Böyle bir durumda, sağ vadiye geçen bir parçacığın tekrar sol vadiye geçme olasılığı da var. Tabi parçacığın tam olarak nasıl davranacağı kendi çevresiyle etkileşmesine bağlı. Eğer sistem çevresiyle güçlü bir biçimde etkileşiyorsa, örneğin söz konusu olan bildiğimiz makroskopik bir topsa, şekil (b)'de gösterilmeye çalışılan durum geçerli. Burada, eğer sistem sol vadiyeyse, orada kalmaya devam ediyor. Kesinlikle sağ vadiye geçme olasılığı bulunmuyor. Böylece sistemin iki farklı denge konumu oluşuyor. Sistem ya sol vadiye



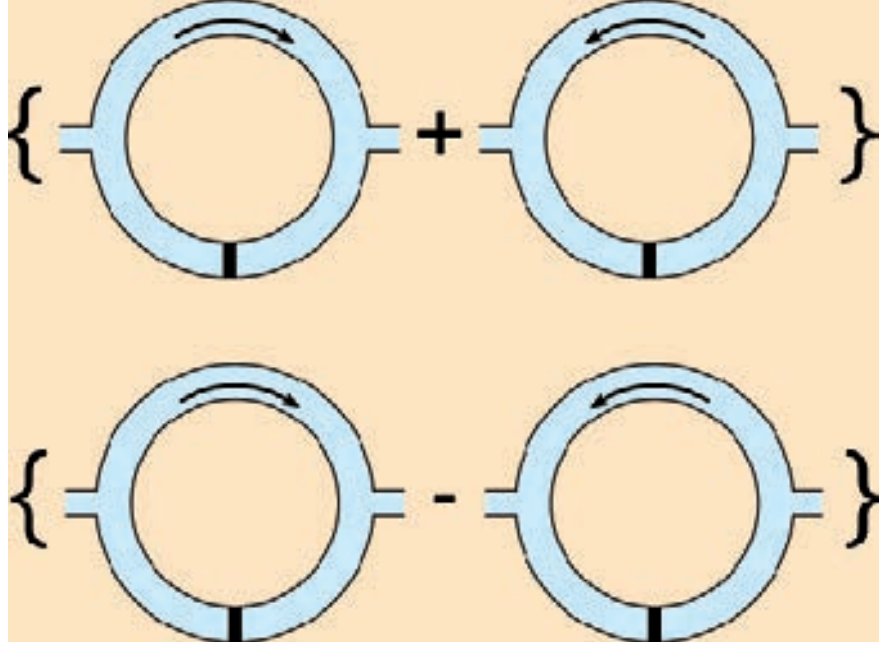
Schrödinger (solda) ve James Lukens (üstte).

dir ya da sağ vadiye. Her ikisinde birden aynı anda olması mümkün olmadığı gibi, bir vadiden diğerine geçmesi de mümkün değildir. Bu aslında makroskopik nesnelerin davranışları için geçerli olan durum.

Sistemin çevresiyle etkileşimi var, ama çok zayıfsa, sistem vadiler arasında tünelleme yoluyla geçiş yapabiliyor [şekil (c)]. Örneğin sistem ilk olarak sol vadiye bulunuyorsa, sağ vadiye tünelleme yapabilir. Ama, sağ vadiye geçtiğinde, çevreyle etkileşmesinden dolayı biraz önce diğer vadiye bulunduğunu unutuyor. Fiziksel olarak bu sol ve sağ vadiler arasında rastgele gidip gelen bir sisteme karşılık geliyor. Burada tünelleme olayı kuantum fiziğinin bir sonucu olmasına karşın, sistem ya sağ ya da sol vadiye konumlandığı durumlara girebiliyor. Sistem hiç bir zaman üst üste gelmiş durumlara giremiyor.

Çevreyle etkileşim kesinlikle yoksa diğer vadiye tünelleme yoluyla giden sistem, az önceki konumunu hatırlayabiliyor [şekil(d)]. Böylece, bir sonraki tünellemede uygun fazla geri dönebiliyor. Böyle bir durumda, çevresi tarafından rahatsız edilmeyen sistem, sağ ve sol vadiyedeki durumların üst üste gelmesiyle sadece kuantum fiziğinde gördüğümüz egzotik durumlara girebiliyor. Bu olay aslında elektronların atom ve moleküllerde kuantum mekaniksel hareketi incelendiğinde sıklıkla karşılaşılan bir şey. Bu olayın elektronlarda görülen en ilginç etkisiyse, başta sağ ve soldaki durumların enerjilerinin eşit olmasına karşın, üst üste gelmeyle oluşan yeni durumların arasında bir enerji farkı oluşması. Örneğin, [(sağ)+(sol)] diye gösterebileceğimiz durumun enerjisi, normal enerjiden D kadar düşük, [(sağ)-(sol)] diye gösterebileceğimiz durumun enerjisiyse normal enerjiden D kadar fazla olabiliyor. Özet olarak, çevresiyle etkileşimi kesilen sistem sadece üst üste gelmiş durumlara girmekle kalmıyor, ayrıca bu durumlar arasında bir enerji farkı da oluşabiliyor.

Lukens ekibi, SQUID'in üst üste gelmiş durumları olduğunu göstermek için işte bu enerji farkını ölçüyorlar. Böyle bir enerji farkının var olması, sistemin üst üste gelmiş durumlara girdiğinin kesin bir göstergesi. Bu enerji farkını ölçebilmek için SQUID önce



SQUID'in deneyde gerçekleştirilen durumları. Her iki durumda da halka üzerinden geçen akım ters yönde akıyor. Üstte enerjisi daha düşük olan durum, altta ise daha yüksek enerjili durum gösteriliyor.

40 milikelvine kadar soğutuluyor. Bir başka deyişle mutlak sıfır sıcaklığı -273.15 oC'tan 0.04 oC daha yüksek bir sıcaklık. Bu derece düşük sıcaklıklara kadar soğutmanın nedeniyse önce SQUID'in çevreyle etkileşimini yeteri kadar küçültmek, sonra da SQUID'in yapıldığı süperiletken malzeme içindeki elektronların termal uyarılmalarının ölçmek istenen 2D enerji farkını perdelemesini önlemek. Deneyde, alet üzerine gönderilen elektromanyetik mikrodalgalar soğurulduğunda, SQUID üzerinde dolaşan akım, değişik büyüklüklerde ve değişik yönlerde akmaya başlıyor. SQUID ilk önce, saat yönünde akan bir akım durumuna konuyor. Daha sonra mikrodalga ışık altında akımın ters yöne aktığı duruma geçip geçmediği kontrol ediliyor. Bu tekniği kullanan grup, bazı durumlar arasında, yukarıda bahsettiğimiz enerji farkını ölçmeyi başarmışlar.

Bu deney kuantum fiziğinin eski bir sorusunu yanıtlamış oluyor. Evet, makroskopik sistemler de üst üste gelmiş durumlara sokulabilir. Ama bu, derginizin bütün yazılarını aynı anda okumanıza olanak sağlayacak bir teknoloji geliştirilebileceği anlamına gelmiyor. Schrödinger'in kedisi deneyinin kendisinin yapılabileceği anlamına da gelmiyor. Deneyi gerçekleştirebilmek için oldukça düşük sıcaklıklara gereksinim olduğunu düşünürseniz, neden günlük yaşamımızda kuantum

etkileri görmediğimizi anlamak zor olmaz. Bu deney, kuantum kuramını daha iyi anlamamıza yardım edecek önemli bir adım attı, ama Schrödinger'in kedisinin yaşamı ve ölümü hala kafamızı karıştırmaya devam edecek gibi görünüyor.

Bu deney aynı zamanda SQUID'lerin uygun koşullar altında kuantum bilgisayarlarında devre elemanı olarak kullanılabileceğini de gösteriyor. Kullandığımız bilgisayarlarda bütün bilgiler bit olarak adlandırdığımız birimlerde saklanır. Her bit 0 ve 1 olmak üzere ancak iki değişik değer alabilir. Kuantum fiziğine göre davranışları olan bir bit, "kubit", ise sadece 0 ve 1 değerlerini değil, her ikisinde de aynı anda olabildiği üst üste gelmiş değerleri de saklayabilir. Bu tip kubitler kullanılarak yapılması öngörülen kuantum bilgisayarları ilginç özelliklere sahip olacaklar. Kısa sürede çözülmesinin imkansız olduğu bilinen bazı problemlerin, bu yeni tür bilgisayarlarla kısa sürede çözebileceği biliniyor. İlginç ve önemli bir çok problem için kuantum algoritmalar geliştirilmiş durumda. Şimdiye kadar kubit olarak kullanılması önerilen sistemler tek atom, tek foton ya da tek elektronlardan oluşuyordu. Bu deneyle birlikte, bu kubitler SQUID'ler gibi büyük ve güçlü bir rakip edinmiş bulunuyorlar.

Sadi Turgut

Blatter, G., "Schrödinger's cat is now fat", *Nature*, 6 Temmuz 2000

Işıktan Hızlı Işık!..

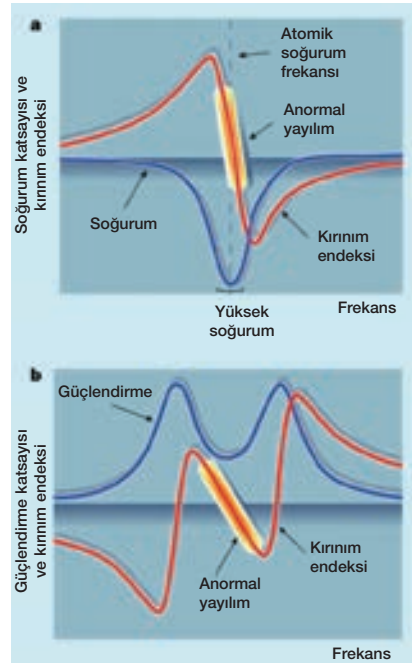
Bir ışık atımı (pulse), ışık hızından daha hızlı hareket edebilir mi? Einstein'ın özel görelilik kuramı, nedenin daima sonuçtan önce gelmesi ilkesiyle birleşince, hiçbir nesnenin ışığın boşluktaki hızından (saniyede 300 000 km) daha hızlı hareket edemeyeceği, dolayısıyla, hiçbir bilginin ışıktan daha hızlı iletilemeyeceği sonucu çıkar. Bilginin ışıktan daha hızlı iletilebileceği kanıtlanabilirse, özel görelilik kuramı ve nedensellik ilkesine aykırı bir durum söz konusu olacaktır ki, bunun da fizikçiler için çözülmesi gereken çok ilginç problemler yaratacağı açık.

Aslında yaklaşık yirmi yıldır, fizikçiler bazı ışık atımlarını çok kısa mesafelerde ışıktan daha hızlı göndermeyi başarıyorlardı. Fakat bu deneylerde ışık atımlarının biçimleri deformasyona uğradığından deneyleri yorumlamak oldukça zordu. Geçtiğimiz Mayıs'ta bir grup bilim adamı (D. Mugnai, A. Ruffagni ve R. Ruggeri) mikrodalgaları, cm ile ölçülebilecek mesafelerde ışıktan %7 daha hızlı göndermeyi başardıklarını bildirdiler. *Nature* dergisinin 20 Temmuz 2000 sayısındaki makalelerindeyse Princeton Üniversitesi'nden bir grup bilim adamı (L. J. Wang, A. Kuzmich ve A. Dogariu) yaptıkları deneylerde, görünen ışık için bu etkiyi çok büyük bir düzeye taşıdıklarını bildirdiler. Bu deneyde bir ışık atımı, özel olarak hazırlanmış ortamda $-c/310$ gibi negatif bir hızla hareket etmekte. Yani ışık atımının ortama girmeden önce ortamdan çıktığı gözlenmiş. Negatif grup hızı, biri boşlukta diğeryse ışıktan hızlı gidilebilen ortamda hareket eden ve aynı mesafeyi kateden iki ışık atımını karşılaştırarak anlaşılabilir. Eğer ortamdaki hız ışıktan fazlaysa aralarındaki geçiş zamanının farkı negatif olacaktır. Ortamdaki hız negatifse aradaki zaman farkı atımın ortama girmeden önce çıkmasını sağlayacak kadar negatif olabilir.

Wang ve arkadaşları, bu deney sonuçlarının nedensellik ilkesiyle çelişmediğini savunuyorlar. Onlara göre, ışık atımlarının ışıktan daha hızlı gitmelerinin nedeni, ışığın bir dalga olması. Bu durumda, kütlesi olan hiçbir cismin ışık hızını geçmesi mümkün değil.

Wang ve arkadaşlarının deneylerinde kullandıkları ışık atımları, ışık hızından daha hızlı gitseler de aslında herhangi bir bilgi ya da sinyalin ışık hızından daha hızlı iletilmiş olmadığını söylüyorlar.

Bir ışık atımının belli bir süresi vardır. Böyle bir atım yaratmak için sonsuz sayıda farklı frekanslarda dalganın bir araya getirilmesi gerekir. Atımın süresi ne kadar kısa ise, kullanılan dalgaların bant genişliği de o kadar büyük olmak durumundadır. Dolayısıyla tüm ışık atımları farklı frekanslarda dalgaların



bir araya gelmesinden oluşan bir paket gibi düşünülebilir. Her bir dalga, farklı genliğe ve faza sahiptir. Paketi oluşturan dalgaların her birinin hızına faz hızı, paketin hızına da grup hızı denir. Boşlukta bir ışık atımını oluşturan farklı frekanstaki ışık dalgalarının faz hızları aynıdır. Dolayısıyla oluşturdıkları atımın da hızı, yani grup hızı da aynıdır. Bir madde ortamı içindeyse, ışık dalgalarının faz hızı frekansa bağlı olarak değişir. Atımın farklı frekans unsurlarının fazları, içinde bulundukları ortamda o şekilde kaymaya uğrarlar ki, ortamdan çıkışta oluşturdıkları dalga paketi, boşlukta hareket eden aynı dalga paketine oranla zaman içinde bir miktar öne gelmiş olursa negatif bir grup hızı sağlanmış olur.

Negatif hızı sağlamanın bir yolu, ışığın geçtiği ortamın kırınım endeksini değiştirmektir. Geçen yıl Harvard'tan bir grup, aşırı derecede soğutulmuş bir atom bulutunun kırınım endeksini o derece değiştirdiler ki, içinden geçen ışığın hızı saniyede bir kaç metreye düştü. Bunun tersi, yani ışık hızını artırmak için kırınım endeksinin frekansa göre çok hızlı değiştiği bir ortam kullanmak gerekir. Bu da atomların ışığı soğurma frekansları yakınında olabilmektedir. Grup hızının negatif olduğu bu anormal yayılma bölgesindeki tek problemse, bu bölgede ışığın soğurulmasının da çok yoğun olması ve ışık atımlarının biçiminin aşırı derecede bozulması ışık hızını geçme iddialarının yapılmasını zorlaştırmakta.


Daha umut veren bir yaklaşımsa atomik geçiş frekanslarında ışık dalgalarını güçlendiren bir madde ortamı kullanmaktır. Bu, "popülasyon ters çevrimi" kullanarak lazerlerdeki gibi bir ortam yaratmak, yani uyarılmış durumda bulunan atomların sayısını, daha düşük enerji düzeyinde olanların sayısından daha fazla duruma getirmekle mümkündür. Wang ve arkadaşları birbirine yakın iki farklı frekansta ışık dalgalarını güçlendiren ve bu iki frekans arasındaki bölgede anormal yayılmaya, yani negatif grup hızına sahip olan ve ışık atımının biçimini fazla bozmayan bir madde ortamı yaratarak bu problemi çözmüş bulunuyorlar.

Bu deneyde, atımı oluşturan her farklı frekans unsuru, bulundukları madde ortamında çok az farklı dağılıma uğrar. Aralarındaki görece fazlar değişir ve atımın biçimi, onu zamanda ileriye götürecek bir kaymaya uğrar. Şaşırtıcı olmasına karşın bu tür, ışık hızını aşan bir atım iletimi, nedensellik ilkesine aykırı değildir.

Geriye, bir ışık atımınca taşınan bilginin gerçek hızının ne olduğu sorusu kalıyor. Bilim adamları bu konuyu tartışmaya devam ediyorlar. Ama bilinen birşey var ki, Einstein'ın özel görelilik kuramıyla nedensellik ilkesini çöpe atmak için henüz çok erken.

Yusuf Ipekoğlu

Marangos, J., "Faster than a speeding photon", *Nature*, 20 Temmuz 2000



İnsanoğlunun Kendi Kendini Keşfi... İnsan Genom Projesi

Kimilerine göre, insanlık için tekerleğin bulunuşundan daha önemli, kimilerine göre, insanoğlunun şimdiye kadar oluşturduğu en müthiş harita; kalıtsal hastalıkların ve kanserin tedavisinin yolunu açan büyük bir adım... 26 Haziran, dünyanın dört bir yanında, kariyerlerini genom araştırmalarına adanmış bilim adamları için kutlama günüydü. 26 Haziran'da İnsan Genom Projesi'nde çalışan bilim adamları ve Celera Genomics'den Craig Venter, insanın gen haritasını oluşturmakta geline noktaı görkemli bir basın toplantısıyla dünya kamuoyuna açıkladılar: İnsan genom haritasının taslağı.

İNSAN GENOM PROJESİ'nin temel amacı, insan DNA'sında bulunan üç milyar kadar baz çiftinin dizilimini ve bunların %2-5'ini oluşturan genlerin yerlerini bulmak. Bu aslında zor bir iş; çünkü insan genomunda kesin sayısı şimdilik bilinmiyor olsa da 40 binle 140 bin arasında gen olduğu sanılıyor. Dış görünüşlerimizdeki onca farklılığa rağmen, aslında biz insanların kalıtsal yapısı büyük ölçüde birbirine benzer: İnsanların DNA yapılarının %99,9'u ortaktır. İnsan Genom Projesi de, "anlaşma genomu" olarak adlandırılan bu ortak genleri bulmayı hedefliyor. Orta-ya çıkacak veri bankası, insanı insan

yapan özelliklerinin yanı sıra, bir insanı başkalarından ayıran özellikleri de gösteren eşsiz bir kaynak olacak. 26 Haziran'da açıklanan taslak, adı üstünde, DNA'yı oluşturan bazların dizilişini "yaklaşık olarak" gösteriyor.

İnsan Genom Projesi'nde çalışan bilim adamları, insan genomunun %85'inin dizilişinin bulunduğunu açıkladılar. Araştırmacılar, her DNA parçasının dizilişini de yedişer kez oluşturmuşlar; Celera'nın taslağındaysa, her dizilişin bulunması işlemi 4,6 kez tekrarlanmış. Ayrıca Celera, kendi dizilişinin, insan genomun %99'unu kapsadığını açıkladı. Ama araştırmacılara göre, açıklanan verilerden, Celera'nın taslağının doğru

düzenlenip düzenlenmediğini anlamak da, iki taslağı birbiriyle karşılaştırmak da mümkün değil. Celera'nın genomu oluşturan bazların dizilişini bulmak için kullandığı yöntemde, önce tüm genom küçük parçalara ayrılıyor. Bunların dizilişleri bulunduktan sonra, özel bilgisayar algoritmaları yardımıyla bu parçalar yeniden birleştiriliyor. İnsan Genom Projesi'ndeysen, genomun "kesişen" parçaları bulunarak, bunlar 24 000 kadar yapay kromozoma ayrıldıktan sonra, teker teker elden geçirilerek dizilişleri bulunuyor. Ancak yine de, araştırmacılar iki farklı harita olmasından hoşnutlar. Çünkü, bu iki harita birbirinin eksikliklerini giderecek

biçimde kullanılabilir. Genom haritası, "altın standart" olarak adlandırılan ölçüte ulaşıldığı zaman tamamlanmış olacak. Bu ölçüte göre, ortaya çıkacak bilgilerin güvenilir olarak kabul edilmesi için, genomun %99,99'unun dizilişinin, 10 bin bazda bir hatayla on kez tekrarlanarak bulunması gerekiyor.

Aslında başlangıçta İnsan Genom Projesi'nin izlediği yöntem, genomun dizilişini, sırayla birer birer kromozomların haritalarını çıkararak tamamlamaktı. Zaten en azından kısa vadede pek çok araştırmacı, genom bilgisinin tamamına değil, tek tek genler konusunda elde edilen verilere ilgi duyuyor. Geçtiğimiz aylarda 21. ve 22. kromozomların gen haritaları tamamlanarak *Nature* dergisinde yayımlandı. Bu bilgiler, bu kromozomlarda bulunan genlerin hangi hastalıklarla ilişkili olduğu konusunda çalışan araştırmacılar için çok önemli. Başlangıçta genom haritasının taslağının hazırlanması, proje için koyulmuş hedeflerden biriydi. Ancak, Celera Genomics'in başlattığı yarıştan sonra, genom haritasının taslağını kısa sürede bitirmek öncelikli duruma geldi. Böylece taslak, yeni teknolojiler ve Celera'nın başlattığı yarış nedeniyle tasarlanandan önce tamamlandı. Genom haritasının son halininse 2003 yılında ortaya çıkması bekleniyor. Ama aslında iş bununla bitmiyor. Haritası çıkarılan genlerin işlevlerinin "çözümlemesi" belki de çok daha fazla çalışma gerektiriyor.

Peki, bu noktaya nasıl gelindi? Resmi olarak 1990 yılında başlayan İnsan Genom Projesi, başta ABD

Enerji Bakanlığı ve Ulusal Sağlık Enstitüleri'nin güdümündeydi. 1992 yılında İngiltere'den Wellcome Trust'ın da genom araştırmalarına katılmasından sonra proje, birçok gelişmiş ülkeden, hükümetlerin ya da gönüllü kuruluşların desteklediği bilim adamlarının çalıştığı küresel bir çaba halini aldı. Bugün, projede 18 ülkeden araştırmacılar çalışıyor. Bunlar arasında başlıca katkıda bulunanlar, İngiltere'de Wellcome Trust'ın desteklediği Sanger Centre'la, Almanya, Fransa ve Japonya'daki araştırma merkezleri. Yakın bir zamanda projeye Çin de katıldı. Projenin başlangıçtaki hedefi, insan DNA'sındaki genleri bulmak ve DNA'yı oluşturan 3 milyar baz çiftinin diziliş sırasını belirlemektir. Ortaya çıkan verilerin bir veri bankasında toplanması ve bunların analizi için gerekli araçların geliştirilmesini de unutmayalım.

Sözünü ettiğimiz yarış da, iki yıl kadar önce Craig Venter adlı girişimci bir bilim adamının, Celera Genomics adlı bir diziliş bulma şirketi kurarak, insan genomunun dizilişini üç yıl içinde, yani İnsan Genom Projesi'nden önce tamamlayacağını açıklamasıyla başladı.

Wellcome Trust, buna İnsan Genom Projesi'ne sağladığı desteği iki katına çıkararak karşılık verdi ve Sanger Centre, dizilişin üçte birini gerçekleştirme işini üzerine aldı. Venter'in bulunduğu verileri saklayacağından ve özel genleri patentleyeceğinden korkan kamu projesindeki araştırmacılar, çalışmalarını iki katı



Kalıtımın Tarihçesi

1865 Avusturyalı Gregor Mendel kalıtımın ilk yasalarını buldu. Bu yasalar, kalıtsal özellikleri denetleyen bağımsız ve yeniden üretilebilen elementlerin varlığına dayanıyordu.

1910 Amerikalı Thomas Morgan, genleri taşıyanların kromozomlar olduğunu ortaya çıkardı. Morgan bu çalışmasıyla 1933'te Nobel Ödülü kazandı.

1940 Amerikalı George Beadle ve Edward Tatum'la Fransız Boris Eprussi bir genle bir enzimin etkinlikleri arasındaki ilişkiyi buldular.

1944 Amerikalı Oswald Avery, Colin McLeod ve McLyn McCarthy, kromozomların sanıldığı gibi proteinlerden değil, DNA'dan "yapıldığını" gösterdiler.

1953 Amerikalı James Watson ve İngiliz Francis Crick, DNA'nın ikili sarmal yapısını açıkladılar. Watson ve Crick bu çalışmalarıyla 1962 yılında Nobel Ödülü aldılar.

1966 Amerikalı G. Khorana ve M. Nirenberg DNA sarmalındaki üç bazın bir aminoasit oluşturduğunu buldular.

1976 İngiliz Frederick Sanger ve Amerikalı William Gilbert, DNA diziliş tekniğini açıklayarak 1980'de Nobel Ödülü aldılar.

1984 Fransız Jean Dausset, insan polimorfizmi araştırmalarının yapıldığı bir merkez kurdu. Merkezin amacı hasta ailelerden DNA örnekleri toplamaktı.

1988 İnsan genomu çalışmalarını planlamak için uluslararası bir kuruluş olan İnsan Genom Organizasyonu (Human Genome Organization-HUGO) kuruldu.

1990 Ana amacı insan genomundaki bazların dizilişini bulmak ve genlerin yerini belirlemek olan İnsan Genom Projesi başladı.

1995 Craig Venter'in yönettiği Genom Araştırmaları Enstitüsü (The Institute for Genomic Research) *Haemophilus influenzae* adlı bakterinin genom dizilişini ortaya çıkardı.

1998 Celera Genomics adlı bir genom diziliş bulma şirketi kuran Craig Venter, insanın gen haritasını kamu projesinden daha önce bitireceğini açıkladı.

1999 Diziliş tamamlanan ilk kromozom olan 22. kromozomun diziliş Aralık ayında yayımlandı.

2000 Nisan ayında Craig Venter genom haritasının taslağını tamamladıklarını açıkladı.

2000 İnsan Genom Projesi'nde çalışan Alman ve Japon bilim adamları, 21. kromozomun baz dizilişini Mayıs ayında tamamladılar.

Kromozom, DNA, Gen...

İnsan genomu, bir insanın oluşması için gerekli olan kalıtsal bilgilerin tümüne verilen ad. Genomu, canlının hücrelerinin yapısını ve hücrelerinin etkinliklerini gösteren bir "plan" olarak da düşünebiliriz. Bir insanın genomunun başka bir insaninkinden farkı, oran olarak o kadar azdır ki, bu yüzden bilim adamları sanki tek bir tane varmış gibi insan genomu sözünü kullanıyorlar.

İnsan bedeninde trilyonlarca hücre bulunur. Bedenimizdeki hücrelerin her birinin çekirdeğinde (alyuvarlar dışında), 23 çift halinde toplam 46 kromozom bulunur. Kromozom çiftlerindeki kromozomların biri anneden, ötekiye babadan gelir. Kromozomlar, birbirine sıkı sıkıya dolanmış DNA iplikçikleriyle, bunların sarındığı protein moleküllerinden oluşur.

DNA, çok ince ve çok uzun bir çift iplikçikten oluşur. DNA'yı, sarmal biçiminde bükülmüş bir ip merdivene benzetebiliriz. Bu merdivenin kenarlarında, şeker ve fosfat molekülleri bulunur. Merdivenin basamaklarıysa, "baz" adı verilen, azot içeren kimyasal mad-

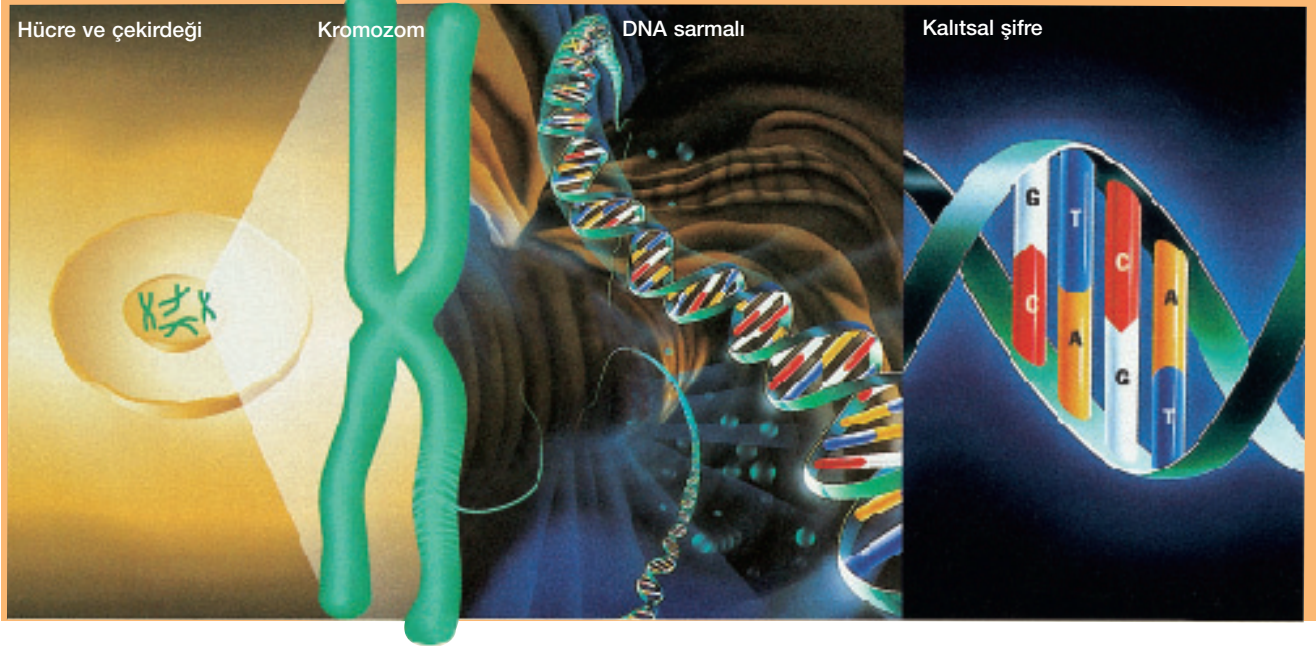
delerden oluşur. Her bir iplikçik, "nükleotit" adı verilen birimlerin art arda dizilmesiyle oluşur. Nükleotitlerde, bir şeker, bir fosfat ve bir de azotlu baz bulunur. DNA'mızda dört çeşit baz bulunur: Adenin (A), timin (T), sitozin (C) ve guanin (G). DNA dizilişini, bazların şeker ve fosfattan oluşan iskelet üzerindeki diziliş sıraları oluşturur. Bu diziliş, herhangi bir canlının kendine özgü özelliklerinin ve yapısının oluşması için gereken kalıtsal bilgilerin şifresidir. İnsan DNA'sında üç milyar kadar baz çifti bulunur. Bu üç milyar parçadan, yalnızca 3 milyonu insandan insana farklılık gösterir. Bunlar, bizi başkalarından farklı kılan parçalarlardır.

Her DNA molekülünde birçok gen bulunur. Kalıtsal bilgilerimiz genlerimizde depolanmıştır. DNA üzerinde, bazlar belli bir biçimde sıralanarak genleri oluştururlar. Bu diziliş, protein üretmek için gerekli bilgilerin üretilmesi için gereken bilgileri taşır. Her bir gen, tek bir proteinin üretilmesinden sorumludur.

Bir gen etkin duruma geldiğinde bu, bir proteinin üretilmesi içindir. Proteinler, hücrele-

rin yapılarını oluşturan ve etkinliklerini düzenleyen basit kimyasal maddelerdir. Proteinler, hücrelerin ve dokuların yapılarını oluşturur. İnsan bedeninde on binlerce farklı protein üretilir. Kimilerinin yaptığı iş birbirininkiyle örtüşse de, proteinlerin çoğunun yaptığı iş ötekilerinden farklıdır. Sözgelimi, bir protein kanımızdaki oksijeni taşıırken, başka bir protein terimizin tuzluluk oranını ayarlar. Bedenimizin her bir işlevinin proteinlere gereksinimi vardır ve bu proteinlerin üretilmesini genlerimiz yönetir. Bir insanın herhangi bir genindeki bilgiler, başka bir insanın ona karşılık gelen geninden çok az farklı olabilir. Aynı gendeki bu çeşitliliklerin çoğu sağlığımız açısından tehlikeli değildir. Sözgelimi, aynı gen bir insanın mavi gözlü, bir başkasının kahverengi gözlü olmasını sağlayabilir.

İnsan genlerinin her birinin uzunluğu farklıdır; kimilerinin uzunluğu binlerce bazı bulur. Ancak, genomun yalnızca %2-5'i genlerin protein kodlayan bölgelerinden oluşur. Genlerin arasında protein kodlama işlevi olmayan uzun baz dizileri bulunur.



na çıkardılar. Bunun yanı sıra, 1996 yılından beri yaptıkları gibi, buldukları dizilişleri herkesin erişebileceği veri bankasına koymayı sürdürdüler. Geçtiğimiz yılın Aralık ayında İnsan Genom Projesi, 22. kromozomun dizilişini yayımladı. Bundan sonra Celera'nın yöneticisi Venter ve İnsan Genom Projesi'nin yöneticisi Francis Collins, olası bir işbirliği konusunda görüşmeye başladılar. Ancak

görüşmeler kısa sürdü. Bu yılın ilkbaharında iki yönetici, bu kez hazırladıkları taslakları eş zamanlı olarak açıklamak ve bunları eşzamanlı olarak yayımlamak düşüncesiyle tekrar görüşmeye başladılar. 26 Haziran'daki basın toplantısında Venter ve Collins, genom yarışını unutmuş görünüyordular. Bu yılın sonunda verilerini yayımladıktan sonra, iki grup yeniden bir araya gelerek kullandık-

ları yöntemleri tartışacak. Ortaya çıkacak bilgiler, başka canlıların genomlarının dizilişlerini bulmada da kullanılacak. Collins, iki yöntemin aslında birbirinden çok farklı olmasına karşın, birbirini tamamlayan yöntemler olduğunu belirtiyor.

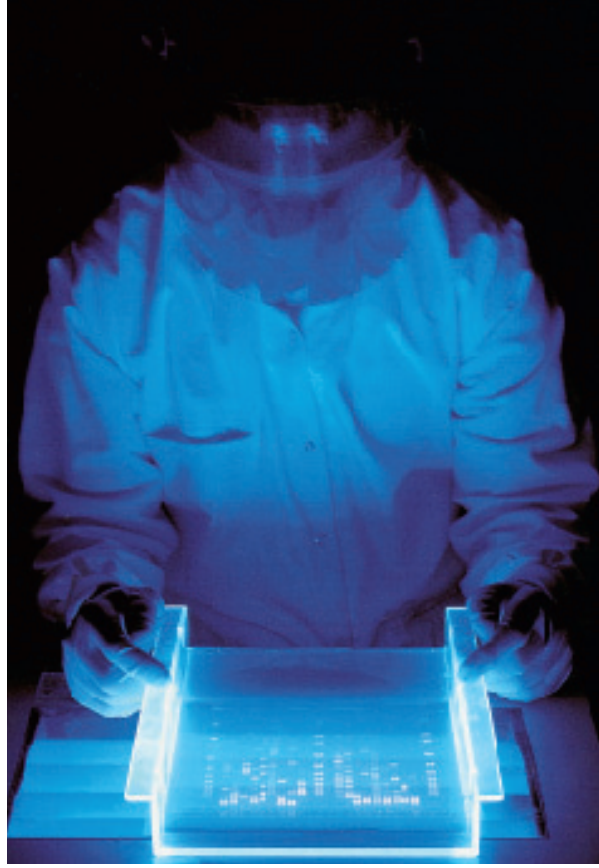
Bir sonraki hedefse, taslaktaki boşlukları tamamlayarak 2003 yılında genom haritasını altın standarda ulaştırmak. Ancak, her şeyin bunun-

la biteceğini sanan varsa yanı-
lıyor: Ortaya çıkacak bilgiler,
aslında işlenmesi gereken
"ham" bilgiler olacak. Bunların
işlenmesi, yani hangi genlerin
hangi kalıtsal özelliklerle ya da
hastalıklarla ilişkili olduğunu
bulma işi, belki de gelecek ku-
şaklara kalacak kadar kapsamlı
bir iş. Geçtiğimiz altı yılda, bi-
lim adamları, İnternet'te bulu-
nan veri bankasındaki bilgileri
kullanarak, 12 genin hangi
hastalıklarla ilişkili olduğunu
ortaya çıkarmışlar. Şimdilik bi-
linen gen sayısıysa 38 000. Ki-
mi araştırmacılara göre, insan
genomundaki genlerin sayısı
100 binden fazla. Kimileriye
bu sayının 50 binle 60 bin ara-
sı olduğunu düşünüyor. 200
genom araştırmacısından olu-
şan bir grup, ortaya çıkacak
gen sayısı üzerinde bahse tu-
tuştukları bir İnternet sitesi
kurmuşlar.

İnsan genomunu oluşturan
bazların dizilişinin belirlenme-
si, binlerce araştırmacının ortak çä-
basının ve dizilişleri belirlemede
kullanılan, durmaksızın çalışan mü-
hendislik harikası robot makinelerin
ürünü. Zaten, İnsan Genom Proje-
si'nin, Celera'yla arasındaki yarıştan
sonra en çok ilgi gören yönlerinden
biri de, bazların diziliş sırasını bul-
mada kullanılan teknoloji. Bu işte
kullanılan makineler DNA örnekle-
rini hazırlayıp, bunları elektroforez
jellerinden geçiriyor ve sonuçları bir
veri bankasına okuyor. Yani, projede
kullanılan laboratuvarlar, bildiğimiz
biyoloji laboratuvarlarına benzemi-
yor.

Bulunan Genlerin İşlevlerinin Çözümlemesi

Genlerin çözömlenmesinde ilk
adım, protein kodlayan bölgelerinin
belirlenmesi. Bu, o bölgede kaç ge-



nin bulunduğu konusunda da bilgi
verecek. Sonra sıra, genlerin yapı-
rının ayrıntılı bir biçimde incelen-
mesine gelecek; genlerin düzenleyi-
ci öğeleri ve işlevleri bulunacak. di-
zilişi tamamlanan 21. ve 22. kromo-
zomlarla yapılan çalışmalar, geno-
mun çözömlenmesinin zor bir iş oldu-
ğunu gösteriyor. Örneğin bu kromo-
zomlarda, genlerin hepsini güvenilir
bir biçimde belirlemek mümkün ol-
mamış. Çözömlenmede hangi yolun
izlenmesi gerektiği konusu da he-
nüz açıklığa kavuşmadı. Celera Ge-
nomics'de sirkeseği genomunun
çözömlenmesi öncesinde, iki hafta-
lık bir çalışma düzenlenmiş. Sinek-
ler üzerinde uzmanlaşmış 40'tan faz-
la kalıtımbilimciyle Celera'dan 50
bilim adamı bir araya gelerek, iki
hafta boyunca onlarca farklı çözöml-
leme yöntemini ve bunların sonuçla-
rını tartışmışlar. Bu tür etkinlikler,
bilim adamlarına insan genomunun
nasıl çözömleneceği konusunda esin
veriyor.

Her ne kadar Celera eki-
bi çözömlenme konusunda
önde gibi görünse de, bir-
çok uzman, şu anda hiçbir
ekibin tüm genomu çözöml-
leyecek durumda olmadığını
belirtiyor. Aslında İnsan
Genom Projesi'yle Cele-
ra'nın taslaklarını ortaklaşa
olarak sunmaları, bunun sir-
kesineğinde olduğu gibi, in-
san genomu için de benzer
bir çözömlenmeye hazırlık
çalışması olabileceği ümidi-
ni doğurdu. Ancak Celera,
ortaya çıkaracağı çözöml-
me bilgilerinden ticari kâr
sağlamayı planladığı için bu
mümkün görünmüyor.

Öte yandan, İnsan Ge-
nom Projesi'nin, çözöml-
meye başlamadan önce pro-
jede elde edilen bilgilerin
nasıl düzenlenmiş olduğunu
gözden geçirmesi gerekiyor.
Sözgelimi, projenin ana veri
bankası GenBank, biyoloji
konusunda zamanın tüm

bilgilerini eksiksiz olarak yansıtmı-
yor; pek çok eksikliği var. Kimi bilim
adamı verilerini GenBank'a, bilimsel
dergiler bunu "yayın" olarak kabul
ettiği için koyuyor. Bazıları da, bura-
ya koydukları bilgileri düzeltmek ya
da güncelleştirmek gerektiğinde bu-
nu yapmıyor. Çözömlenme aşamasına
gelindiğinde, işte bu durumun de-
ğişmesi gerekiyor.

Birçok uzman, çözömlenmenin
İnternet aracılığıyla ve dünya çapın-
da birçok biyoloğun katılmasıyla
gerçekleşmesi gerektiğini düşünö-
yor. ABD Ulusal Biyoteknoloji En-
formasyon Merkezi, tanınmış biyo-
logların bir geni ya da gen ailesini
"evlat edinerek", bilim dünyasında
bu genle ilgili tüm bilgilerin toplan-
masından sorumlu olacağı bir sistem
geliştirmeyi tasarlıyor. Veri bankası-
nın sözdiziminin pek çok biyolog
için zor anlaşılır olması da başka bir
olumsuzluk. Çünkü, sözdizimini tam
olarak anlamadıkları için verileri
kullanırken hata yapabiliyorlar.

Fare Genomu

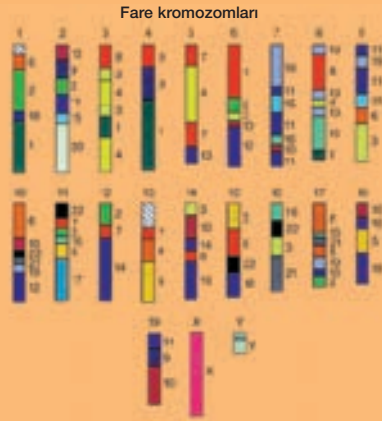
İnsan genomu, şempanze genomundan ya da farenkinden pek farklı değildir; hatta sivrisineğinkinden bile. Kuşkusuz, bu canlılarla farklılıklarımız önemli. Ancak, benzerliklerimiz de öyle. Aslında öteki canlılar üzerinde yapılan kalıtımla ilgili deneyler, bu canlıların genleriyle ortak genlerimiz konusunda, başka yollarla öğrenemeyeceğimiz bilgileri ortaya çıkarır. Özellikle hastalıkların nedenleri konusunda ipucu arayan araştırmacılar, bu tür çalışmalardan yararlanırlar. Bakterilerden memelilere kadar birçok canlının kullandığı bu araştırmalarda en önemli canlı faredir. Çabuk ürettiği ve deneysel açıdan kolay kontrol edilebildiği için fareler, kalıtsal hastalıklara yatkınlık, hastalıkların seyri ve kalıtsal nedenlerin araştırılmasında çok kullanılır.

Son yıllarda araştırmacılar, gen aktarımıyla laboratuvar ortamında mütasyona uğratılmış DNA dizilişlerini fare embriyonlarına aktarabiliyorlar. Daha sonra, önceden tasarlanmış mütasyonlarla kalıtsal hatalara sahip olarak doğan yavruların farklılıklarını gözleyerek, hastalıklar konusunda bilgi toplamaya çalışıyorlar.

İnsan Genom Projesi'nde de fareler buna benzer bir amaçla kullanılıyorlar. İnsanların farelerinkilerle çakışan genom parçaları, genaktarımlı farelere aktarılıyor. Örneğin, araştırmacılar 21. kromozomun Down sendromundan sorumlu bölgesini farelere aktararak bu hastalığın farelerde oluşmasını sağlayabiliyorlar. Bu çalışmalarla, önceden belirlenmiş olan genlerin bi-

yokıyasaal açıdan nasıl etkinlik gösterdikleri ayrıntılı olarak inceleniyor. Ayrıca, genaktarımlı hayvanlardaki belli genom parçalarının etkileri incelenerek yeni genler bulunuyor. Bu yolla, insan genomunun dizilişinin bulunmasından elde edilen bilgiler, ilaç tasarımcılarının ve tıp araştırmacılarının araştırmalarında kullanabilecekleri biçime getiriliyor.

Genom araştırmalarının fare genleriyle insan genleri arasında birçok benzerlik bulunduğunu ortaya çıkarmasıyla, insanlarda görülen kalıtsal hastalıkların araştırılmasında farelerin kullanılması önemi de arttı. Aslında, insanlara ait hemen hemen tüm genlerin fare genomunda bir karşılığı bulunuyor. Üstelik, bu genlerin DNA dizilişlerinin ve temel biyolojik işlevlerinin de birbirine çok benzer olduğu görülmüş. İnsanlara ait 23 çift kromozomu 150 parça oluşturacak biçimde küçük bloklara ayırdığımızı düşünelim. Bu parçaların yerleri değiştirilip, yeniden düzenlenerek fare genomu oluşturulabilir! Genomlarımız arasındaki bu benzerlik sayesinde araştırmacılar, insanlardaki bir kromozom üzerindeki yeri belirlenen bir genin, fare genomundaki karşılığını bulmakta zorlanmıyorlar. Genaktarım teknolojisi ve fare genomuyla insan genomu arasındaki benzerlikler konusundaki bilgileri birleştiren, insanlarda henüz bilinmeyen genleri saptamak ve bunların işlevlerini çözmekte kullanılabilecek yararlı bir araç çıkıyor ortaya.



İnsan genomuyla fare genomu arasında birçok benzerlik bulunur. Öyle ki, insan kromozomları 150 küçük parçaya bölünüp, bu parçalar belli bir biçimde yeniden bir araya getirilerek fare genomu oluşturulabilir. Bu parçaların bazıları çok küçük olduğu için resimde bunların 100 kadarı görülmüyor. Fare kromozomlarındaki farklı renkler ve rakamlar, o parçanın insan kromozomlarının hangisinden geldiğini gösteriyor.

Avrupa Biyoenformatik Enstitüsü'yle Sanger Centre'ın "The Ensembl" adlı projesiyle bundan farklı olarak, gerçekten paylaşımcı bir yaklaşım sergiliyor. Projeyi geliştirenler, örneğin Almanya'daki bir kalıttımbiliminin bir geni çözümlerken, Boston'daki bir biyologla "online" etkile-

şim kurarak onun yorumunu alabileceği bir sistem kurmayı tasarlıyorlar. Ensembl'in bu tasarısı, "Napster" adlı bir teknolojiye etkilenmiş. Napster adlı program, tüm dünyadaki bilgisayar kullanıcılarının, İnternet üzerinden MP3 müzik dosyalarını özgürce paylaşabilmeleri için geliştirilmiş.

Gen Patentleri

Başka bir tartışma konusuysa, yeni bulunan genlerin patentlenip patentlenmeyeceği ya da kimlerin patentleyebileceği. Özel kuruluşların elde ettikleri genom bilgilerini para karşılığı kullanırmak istemesine karşı çıkanlar, gen patentlerinin özel kuruluşlara verilmesini istemiyorlar. Patentleme sistemi, araştırmalara maddi destek sağlanmasının en önemli nedeni. Eğer özel kuruluşlara buldukları genleri patentleme hakkı verilmezse, bu durum hastalıklarla yapılan savaşı yavaşlatabilir. Öte yandan uzmanlar, yeni bulunan genlerin ancak bu genin işlevi konusunda da bilgi sağlanmışsa patentlenebilir olmasında yana. Başka bir görüş ayrılığı da, yeni bulunan bir genin dizilişinin, daha önceden bulunmuş ve işlevi anlaşılmış bir genin dizilişine benzemesi halinde bunun patentlenip patentlenmeyeceği konusunda. Araştırmacıların bu benzerliği otomatik programlar yardımıyla belirlediğini göz önüne alan kimi uzmanlar, bu işin teknolojiye bağlı olması ve bilimsel açıdan çok az yaratıcılık gerektirmesi nedeniyle bu genlerin patentlenmemesi gerektiği görüşünde. Üstelik, bir gen dizilişindeki tek bir baz çiftinin farklı olması bile o genin işlevini değiştirebilir. Kimi şirketler, işlevi anlaşılmış başka genlerle olan benzerlikleri nedeniyle buldukları bazı genleri patentlemeyi sürdürüyorlar. Bu gibi tartışmalar yüzünden önümüzdeki sonbaharda ABD Patent Bürosu, genlerin patentlenmesi konusunda yeni düzenlemeler yapmayı planlıyor.

Başka Canlılar

İnsan Genom Projesi'nde belirlenen hedefe ulaşmak için araştırmacılar, insanın yanı sıra, insan bağırsığında bulunan bir bakteri olan *Escherichia coli*'den ve sivrisineğinden tutun, laboratuvar faresi ve şempanzelere kadar başka birçok canlının kalıtsal özellikleri üzerinde de çalışı-

yorlar. Canlıların çoğunun DNA dizilişleri birbirine benzediği için, insan dışındaki canlıların genleri konusunda öğrenilenler, insan DNA'sının anlaşılmasına ışık tutuyor.

Aslında insan genleri, şempanzelerin ve farelerinkilerden pek de farklı değil. Hatta daha basit bir canlı olan sirkeseğiyle bile pek çok ortak genimiz bulunuyor. Bu canlılarla aramızdaki farklılıklar kadar benzerlikler de önemli. Kimi zaman bilim adamları, yeni bulunan bir insan geniyle, bilinen bir hastalık arasındaki ilişkiyi kolaylıkla belirleyebilirler. Ama genellikle genlerle hastalıklar ya da hastalıklara yatkınlık arasındaki ilişkiler kolay bulunmaz. Türlü kalıtsal özelliklerin, çevrenin, beslenmenin ya da yaşam biçiminin rol oynadığı hastalıkların insanlarda nasıl geliştiğini kontrol etmek de zordur. Hastalıkların gelişimini hayvanlar üzerinde izlemek araştırmacıların işlerini kolaylaştırır. Çünkü, laboratuvarlarda hayvanların kalıtsal geçmişlerini, üremelerini ve soyağaçlarını kontrol edebilirler. Bu yüzden, karmaşık yapıda hastalıkların nedenleri üzerinde çalışan araştırmacılar, hastalıkların hayvan modellerini kullanıyorlar.

Yalnızca Genler mi?..

Nasıl bir insan olacağımızı belirlemede, içinde büyüdüğümüz çevre de DNA'mız kadar önemlidir. İnsan Genom Projesi, kendimize bakışımızı değiştirecek mi? Bizi biz yapan her şeyin genlerimizde saklı olması, davranışlarımızın, düşüncelerimizin ve duygularımızın da genlerimizin toplamı olduğunu mu gösterir? Bilim adamları genetik haritamızı kullanarak bunları hesaplayabilirler mi? Peki öyleyse özgür irademize ve bireysellik hissimize ne olacak? Kalıtsal şifrelerimizi çözmek, değiştirilemez kaderimizi bilebileceğimiz anlamına mı geliyor?

Genlerimiz, bedenimizin yapıtaşları olan proteinlerin oluşturulması için gerekli bilgileri saklarlar. Ancak, proteinlerin sentezlenmesini başlatıp bitiren genler, bağımsız olarak işlev gösteren bilgi kaynakları değildir. Bunun yerine, genlerimizle çevrenin etkileşim içinde olduğunu söylemek daha doğru olur.

Genler, DNA sarmalı üzerinde birbiri ardına sıralanmış olarak bulunmazlar. Genleri oluşturan baz dizileri arasında, protein kodlamayan uzun baz dizileri bulunur. DNA'nın bu parçalarının bir bölümü, genlerin ne zaman ve nasıl etkin duruma geleceğini anlatan "yönergeler" oluşturur. Bilim adamları bunları "düzenleyici öğeler" ya da "başlatıcılar" olarak adlandırıyor. Genlerin etkinliklerini, bura-

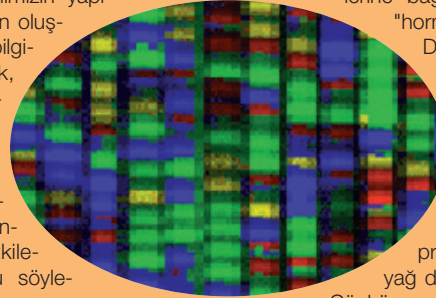
lara bağlanan çeşitli biyokimyasal iletiler düzenlerler. Yani genler, nasıl ve ne zaman etkin duruma geleceklerini düzenleyen başka etkenlere bağlı olarak çalışırlar.

Bunu bir örnekle açıklamaya çalışalım. Bir primatin, stresli bir durumla karşılaştığını düşünelim. Sözgelimi, bir primat kuraklık yüzünden besin bulamadığı için, her gün yiyecek ve su bulabilmek için kilometrelerce yürümek zorunda kalıyor. Sonuç olarak, hayvanın böbrek üstü bezlerinden, bir stres hormonu olan kortizol salgılanıyor. Kortizol molekülleri, yağ hücrelerine girerek kortizol reseptörlerine bağlanıyor. Ortaya çıkan

"hormon-reseptör" yapıları, DNA'ya giderek, DNA sarmalının düzenleyici bir bölümüne bağlanıyor; belli bir genin etkin duruma gelmesini sağlıyor. Etkinleşen gen, belli bir protein üretiyor. Bu protein, yağ hücrelerinin yağ depolamasını engelliyor.

Çünkü, çayırlarda yiyecek aramak için dolaşırken primatinin gereksinim duyduğu şey, bedenindeki yağın yağ hücrelerinde depolanması değil, kaslarında enerji olarak yakılmasıdır.

Stanford Üniversitesi'nden biyoloji bilimleri ve nöroloji profesörü Robert Sapolsky'e göre, araştırmacılar genler konusunda ne kadar çok bilgi edinirlerse, çevrenin önemi konusunda da o kadar çok şey öğreneceğiz.



Hangimizin Genomu?

En çok merak edilen konulardan biri, İnsan Genom Projesi'nde kullanılan kalıtsal malzemelerin kime ait olduğu. Aslında proje bittiğinde ortaya çıkacak genom haritası herhangi bir insaninkine tam olarak uyan bir harita olmayacak. Çünkü, projede diziliş yapılan DNA parçaları, pek çok farklı bireyden alınmış malzemelerden oluşan bir genom kütüphanesinden sağlanıyor. Kütüphanedeki DNA'lar, buraya bağışlanmış erkek spermlerinden ve kadınlara ait kan örneklerinden toplanmış. Bu örneklerin de çok azı kullanılıyor. Ne bilim adamları, ne de kan ve sperm örneklerini bağışlayanlar, kullanılan örneklerin kime ait olduğunu bilmiyor;

yalnız 10-20 arasında bir sayıda insanın ait örneklerin kullanıldığı tahmin ediliyor. Tüm insanlar aynı gen setine sahip olduğu ve biyolojik yapılarıyla işlevlerinin gelişmesine ve korunmasına yarayan genom bölgeleri aynı olduğu için, ortaya çıkacak bilgiler herkese uyarlanabilecek.

İnsan genomunun DNA dizilişinin bulunması 2003 yılında tamamlanırsa bu, James Watson ve Francis Crick'in DNA'nın temel yapısını ortaya çıkarmalarının ellinci yılına denk gelecek. Biyoloji yüzyılının ellinci yılı... Bu keşifler, insan bedenini oluşturan ve çalışmasını sağlayan kalıtsal yönergeler konusunda pek çok bilgi ortaya çıkaracak; bizlere bedenlerimizi kontrol etmenin yeni yollarını armağan edecek. Ama aynı zamanda bizleri yeni ve kimi zaman da yapması güç seçimlerle yüz yüze

birakacak. Bu seçimlerin kimileri bireyler ya da aileler tarafından yapılmak zorunda; kimileriye, toplum olarak hepimizi ilgilendiriyor.

Ash Zülâl

Kaynaklar

- Butler, D., Smaglik, P. "Draft Data Leave Geneticists with a Mountain Still to Climb" *Nature*, 29 Haziran 2000.
- Coghlan, A., Boyce, N. "The End of the Beginning" *New Scientist*, 1 Temmuz 2000.
- Hopkin, K. "The Greatest Apes" *New Scientist*, 15 Mayıs 1999.
- Macilwain, C. "World Leaders Heap Praise on Human Genome Landmark" *Nature*, 29 Haziran 2000.
- Smaglik, P. "Genome Leaders Told to Keep Their Eyes on the Main Prize" *Nature*, 9 Mart 2000.
- Smaglik, P. "Researchers Take a Gamble on the Human Genome" *Nature*, 18 Mayıs 2000.
- Smaglik, P. "Relations Thaw Between Genome Rivals as Finish Line Draws Near" *Nature*, 15 Haziran 2000.
- Sapolsky, R. "A Gene for Nothing". *Discover*, Ekim 1997.
- "About the Human Genome Project" www.nhgri.nih.gov/Policy_and_publications/Maps_to_medicine/complete.html
- "Beyond Biology" www.ornl.gov/hgmis/publicat/tko/07_beyond.html
- "Exploring the Genomic Landscape" www.ornl.gov/hgmis/publicat/tko/04_exploring.html
- "Facts About Genome Sequencing" www.ornl.gov/hgmis/faq/seq-facts.html
- "Introducing the Human Genome" www.ornl.gov/hgmis/publicat/tko/03_introducing.html
- "The Mighty Mouse" www.ornl.gov/hgmis/publicat/tko/06_mouse.html
- "The Science Behind the Human Genome Project" www.ornl.gov/hgmis/resource/info.html

Genlerimizi Anlamak Yaşamımızı Değiştirecek mi?

Kalıtbilimin 21. yüzyıla damgasını vuracağı kesin gibi görünüyor. Henüz başındayız; ama daha şimdiden birçok kişi kalıtbilim alanındaki ilerlemelerin önümüzdeki yüzyılda insanlık için çok önemli açılımlar getireceği inancını taşıyor. Özellikle de İnsan Genom Projesi'nin birkaç yıl içinde tamamlanacağını duyurulmasından sonra, bilim dünyası daha da hareketlenmeye başladı. Bir heyecan dalgası dünyayı sardı. Heyecanlanan yalnızca bilim dünyası değil; birçok insan projenin olası sonuçlarını merak ediyor. Hastalıklar daha mı kolay tedavi edilecek? Tanı koymak kolaylaşacak mı? Hastalıkların ortaya çıkması önlenilecek mi? Kendi gen haritamızı tüm ayrıntılarıyla öğrenebilecek miyiz? Gen haritamızı öğrenmek ne işimize yarayacak? Projenin sonuçları, sağlık alanından başka alanları da etkileyecek mi? Yanıt bekleyen daha birçok soru var.

INSAN GENOM PROJESİ'nde neler yapıldı? Bu sorunun yanıtı çok basit: Hücrenin derinliklerine dalındı ve çekirdeğinin içine kadar girildi. Çekirdeğin içinde yer alan DNA'nın yapısında bulunan bazların dizilişi belirlendi. Bu bazların dizilişi vücudumuzun özelliklerini belirliyor. İşte, bu baz dizilişinde oluşan herhangi bir farklılık vücutta herhangi bir işlevin normal biçimiyle gerçekleşmesini engelleyebiliyor. Bu nedenle baz dizilişimizin belirlenmesi, vücudumuzun çalışma biçiminin

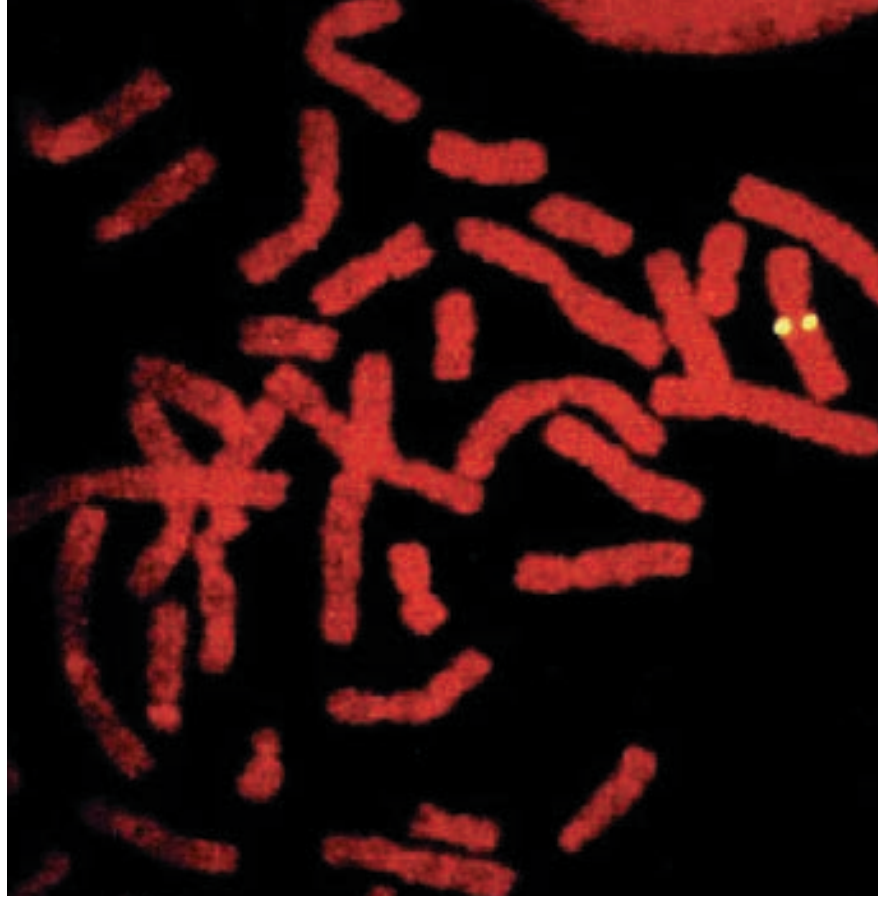
daha kolay anlaşılmasını sağlayacak. Vücudumuzun çalışma biçimi zaten bilinmiyor muydu diye düşünebilirsiniz. Gerçekten de insan vücudunun işleyişiyle ilgili çok bilgiye sahibiz; ama hepsi bu kadar değil. Vücuttaki hücrelerin işleyişiyle ilgili, moleküler düzeyde bilinmeyen birçok şey var. Bilinmesinin en çok yarar getireceği düşünülen konulardan biri de, baz dizilişlerinin vücudumuzun işleyişini moleküler düzeyde nasıl etkilediği. Özellikle kalıtsal hastalıklara

rın moleküler boyutlarının bilinmesinin, tanı, tedavi ve korunma bakımından tıp alanında çok yarar sağlayacağı düşünülüyor. Projenin insanlığa yarar sağlayacağı tek alan tıp değil kuşkusuz. Mikroorganizmaların genomları, çevresel etkenlerin insan üzerinde yaratabileceği tehlikeleri değerlendirme, biyoarkeoloji, antropoloji, evrim, insan göçleri, DNA'yla kimlik saptama, tarım ve hayvancılık gibi alanlarda da genom araştırmalarının etkisinin olacağına inanılıyor.



Sağlık, Mutluluk, Yazgı ve Kararlar...

İnsan Genom Projesi'nin en heyecan verici yönlerinden biri kalıtsal hastalıkların tanı ve tedavisine getireceği yenilikler olarak görülüyor. Projenin sonuçları yalnızca baz dizilişini içeriyor; ancak araştırmalar daha ilerletilirse sağlık alanında büyük adımlar atılabilir. Proje sağlık açısından büyük olanakları gündeme getiriyor. Araştırmaların sürdürülmesine bağlı olarak 10 yıl gibi çok yakın bir zaman içinde, insanlar daha hasta olmadan kanserin ve kalp hastalıklarının tedavisini olabilecekler. Kan hücrelerinden ya da yanak içindeki hücrelerden alınan DNA'nın incelenmesiyle, kalıtsal hastalıklarımızın olup olmadığı ortaya çıkabilecek. ABD'deki Whitehead Tıbbi Biyoloji Araştırma Enstitüsü'nden (Cambridge, Massachusetts) kalıttıbbilimci David Altshuler, insanların kendi kalıtsal yapıları hakkında bilgi almalarının bir ölüm fermanını okumak değil, kullanabilecekleri bir bilgiye sahip olmak anlamına geldiğini söylüyor. Bunun, tıpkı kan basıncı ve kolesterol ölçümleri gibi değerlendirilmesi gereken bulgular olduğunu da sözlerine ekliyor. Ancak, özellikle tedavisiz hastalıkları olan kişilerin hastalıkla ilgili genleri taşıdıklarını bilmelerinin, onların yaşamsal kararlarını çok etkileyeceği gerçeği bazılarını kaygılandırıyor. Örneğin, tedavisi olmayan ve ilerleyen yaşla birlikte ortaya çı-



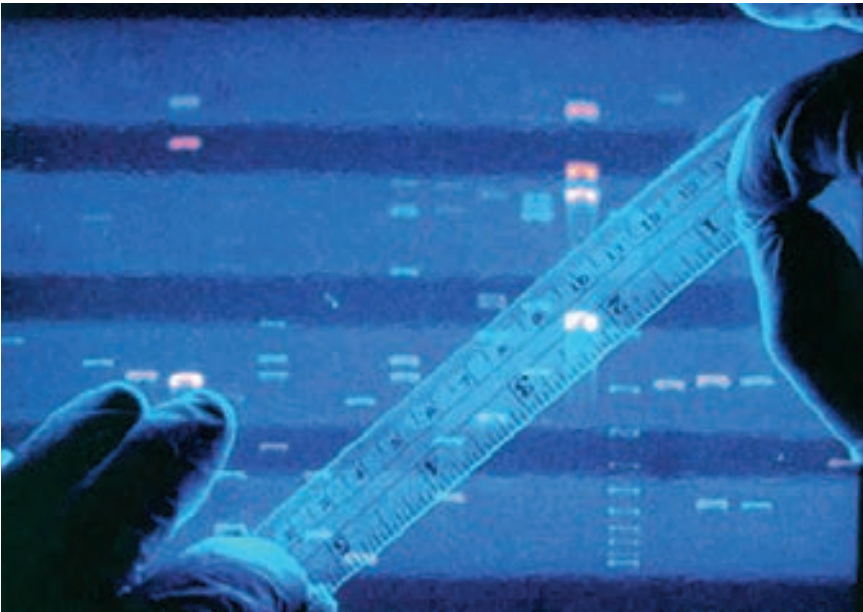
Sarı noktalar bir çift insan kromozomu üzerindeki kas genlerini gösteriyor.

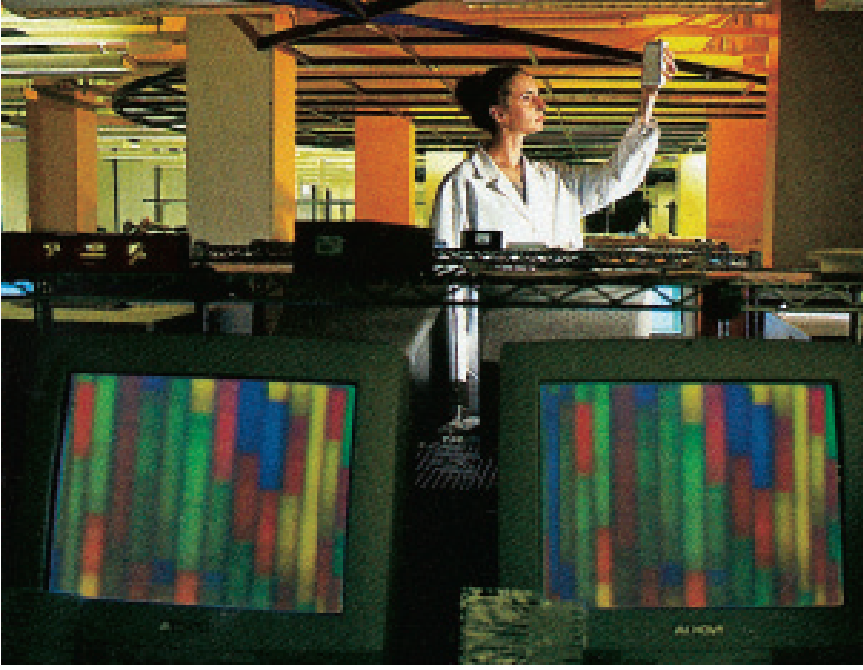
kan nörolojik bir bozukluk olan Huntington hastalığını kalıtsal olarak taşıyan birisinin, bunu önceden bilmesinin olumsuz sonuçlara yol açması olası. İşte, bu gibi nedenlerle yeni bir danışmanlık alanı geliyor. Kalıtım danışmanlığı denen bu alanda uzmanlar hastalara danışmanlık yapıyorlar. Kalıtım danışmanları, insanlara kalıtsal yapılarıyla ilgili bulguların ne anlama geldiğini, bulguların onların yaşamını nasıl etkileyeceğini, seçimlerinin neler olabileceğini ve bu seçimlerine bağlı olarak ne gibi sonuçlar ortaya çıkabileceği konusunda

bilgi vererek yardım ediyorlar. Bu çalışma alanı henüz daha yaygınlaşmadı; ancak gelecekte yaygınlaşmasının kaçınılmaz olduğu da bir gerçek.

İnsanların kendi kalıtsal yapıları konusundaki bilgilerinin, bugün düşünebileceğimizin çok daha ötesinde ayrıntılandırılabilceğini düşünüenler var. Kalıtım testlerinin sonuçlarının yalnızca kimlerin tehlikede olduğunu değil, bu tehlikelerin hangi uygulamalarla azaltılabileceğinin de bilinmesini sağlayacağı düşünülüyor. Örneğin, kalıtsal yapılarından elde edilen bilgilere bakılarak bir hastaya kalp hastalığı tehlikesini azaltmak için özel beslenme planı önerilirken, başka birine özel beslenme planının etki etmeyeceği düşünüülerek, egzersiz ve kolesterol düşürücü bir ilaç verilebilecek. Aynı uygulama, ilaç kullanımıyla ilgili olarak da yapılabilecek. İlaçların hastalıklara iyi gelip gelmemesi de genlerimizin bize kazandırdığı özelliklerle belirleniyor. Bu bilgilere göre, bir ilacın yararlı olup olmayacağı ya da yan etkilerinin olup olmayacağı söylenebiliyor. Örneğin, ApoE ε4 adı verilen geni taşıyan Alzheimer hastalarının takrin denen ilaçtan yararlanma olasılıkları öteki hastalara göre daha düşük.

Belirli hücrelerde hangi genlerin etkin olduğunun bilinmesi de





önemli. Washington DC'deki Ulusal Kanser Enstitüsü'nden Louis Staudt, bu bilginin kanser tümörlerinin daha kolay sınıflandırılmasını sağlayacağını ileri sürüyor.

Kalıtsal yapının ortaya çıkarılması için yeni teknikler de geliştirilmiş. Bunlardan biri DNA çipleri. DNA çipleri, posta pulu büyüklüğünde bir özel cam parçasının üzerinde yer alan DNA iplikçiklerinden oluşuyor. Bu DNA iplikçikleri binlerce gen çeşidini içeriyor. Bir hastanın DNA'sı çipin üzerine koyulduğunda, bunlar uyumlu oldukları iplikçiklerin yanına gidiyorlar. Elektronik tarayıcılar birkaç saat içinde okuma yaparak her gen için evet ya da hayır yanıtını veriyor. Gelecekte yüksek tansiyon ya da şizofreni gibi birçok genin etkisiyle oluşan hastalıklar için özel çipler hazırlanabileceği düşünülüyor. Bu çiplerin her birinde bir hastalığa yol açan tüm bozuk genler yer alabilecek. Bu çipler geliştirilirse tanı koymak daha da kolaylaşacak.

Kimi hastalıklara tek bir gendeki hata yol açar, kimine de birkaç gendeki hata birlikte etki eder. Bugüne değin, yaklaşık 4000 hastalıktan 835'inin tek bir gendeki bozukluğun etkisiyle oluştuğu belirlenmiş. Tek bir gendeki bozukluğun etkisiyle oluşan hastalıkları incelemek bugünkü tekniklerle daha kolay; ancak bazı hastalıkların ortaya çıkıp çıkmayacağını belirlemek daha zor. Uz-

manlar, gelecekte, kalp hastalıkları, tip II diyabet (şeker hastalığı), kanser ve belki, karmaşık ruhsal bozukluklar olan şizofreni ve depresyon gibi yetişkinlikte ortaya çıkan hastalıkların da önceden belirlenebileceğini düşünüyorlar. Bu gibi hastalık-

larda, hastalığın ortaya çıkışını belirleyen tek etken genlerdeki bozukluklar değil. Çünkü, bu tip hastalıklar, hem genlerin hem de çevre koşullarının etkisiyle ortaya çıkabiliyor. Bir başka deyişle hastalığın ortaya çıkışında nasıl yaşadığımız da belirleyici oluyor. Bilim adamları, tüm bu nedenlerden ötürü, günümüzde daha çok tek gen etkisiyle oluşan hastalıkları inceleyebiliyorlar. Çok sayıda gen ya da çevre koşullarının etkisiyle oluşan hastalıklarda, genin gelecekte etkisini gösterip göstereceğini öngörmek çok zor. Örneğin, spondilartiritis ankiloza denen ve kalça ve omurgada eklem yangısı oluşumu biçiminde kendini gösteren bir hastalığın görüldüğü kişilerin % 95'inde HLAB geninin B27 tipi bulunuyor. Ancak, bu B27 genini taşıyan herkeste hastalık görülüyor. Bu nedenle, sözü geçen hastalıkta başka etkenlerin de etkili olabileceği düşünülüyor. Aynı biçimde, Alzheimer hastalığıyla ilişkili görünen genin bir çeşidini taşıyanların tümünde hastalık ortaya çıkmıyor. Kalıtsal hastalıklarla ilişkili görülen

DNA'larımızda Neden Hata Olur?

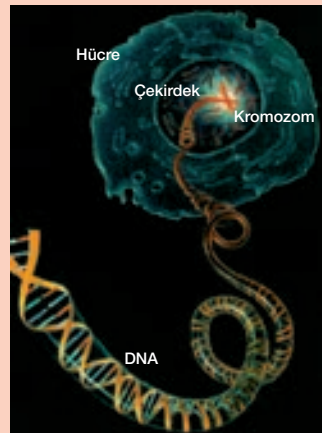
Bilim adamları, gençlerimizdeki bilgileri açığa çıkardıkça, DNA'larımızda birçok hatanın olduğunu da buldular. Neyse ki bu hataların çoğu bize zarar vermiyor. Bir insan hücresinde 46 kromozomun içine paketlenmiş, 3 milyar baz çifti içeren yaklaşık 190 cm uzunluğunda DNA bulunur. İnsan hücreleri yaşam süresince sürekli bölünerek çoğalır. Bir hücre bölünmeden önce, içindeki DNA miktarı iki katına çıkar. Bölünme tamamlanınca da her hücrede eski miktarında DNA bulunur.

Her birimiz anne babalarımızdan yüzlerce kalıtsal mütasyonu miras alırız. Bizim anne babalarımız da kendi anne babalarından alırlar. Bundan başka da hücrelerimizde bulunan DNA, yaşamımız boyunca yaklaşık 30 yeni mütasyon geçirir. Bu mütasyonlar, DNA'nın eşlenmesi, hücre bölünmesi ya da çoğunlukla çevrenin verdiği zararlar sonucunda oluşur. DNA parçacıkları kopabilir, kırılabilir ya da DNA dizisine yeni bir parça katılabilir. Mütasyonların çoğu, yalnızca bir geni yapmak için gereken bilgiyi içermeyen DNA kısımlarını etkiler, bu gibi durumlar sorun yaratmaz. Ancak, bir hücreyi belirli bir proteini yapmaya

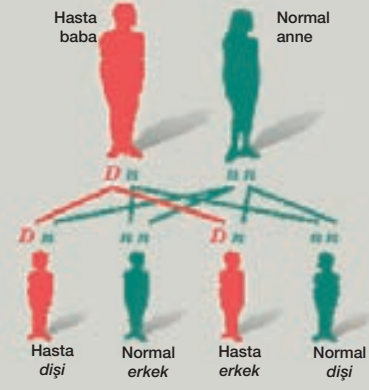
yönlendiren DNA iletimini değiştiren bir mütasyon oluştuğunda sorun ortaya çıkar. DNA'nın yapısında yer alan dört kimyasal bazın (adenin, sitozin, guanin, timin) farklı dizilişleriyle iletiler yerine ulaşır.

Canlı kalmak ve işlevleri sürdürmek için insan vücudunun her gün milyonlarca taze protein molekülüne gereksinimi vardır. Üstelik de 50 000 çeşit olan bu proteinler uygun zamanda, uygun yerde ve uygun miktarda sağlanmalıdır. Örneğin, kanımızda oksijen taşıyabilmemiz için hemoglobine, yabancı maddelerle savaşmak için antikorlara, gerilimle baş etmek için hormonlara, hareketleri, duyguları ve düşünceleri başlatmak için kimyasal iletim maddeleri olan nörotransmitterlere ve organların yapısına katılmak ya da kimyasal tepkimeleri hızlandırmak için çok çeşitli proteinlere gereksinim duyarız. DNA'daki bazların dizilişinin okunmasına bağlı olarak gerçekleşen gelişmenin çoğu, kalıtsal hataların incelenmesiyle elde edilmiştir.

Vücudumuzun yapıtaşları olan ve bize gereken 50 000 çeşit proteinin değişik miktarlarını doğru dizilişte yapabilmek için, hücrelerimiz sürekli ami-

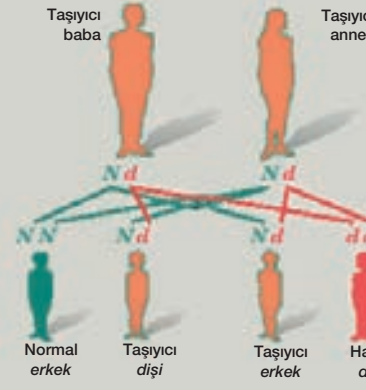


Kalıtsal Hastalıklar Kuşaktan Kuşağa Nasıl Aktarılıyor?



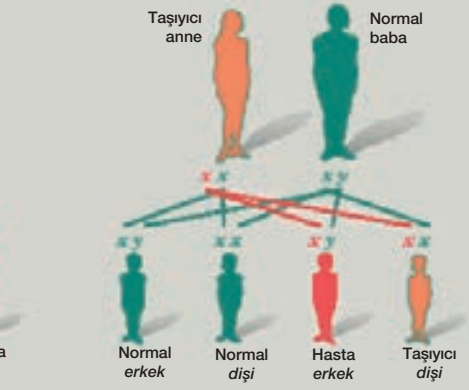
Baskın Hastalıklar: Yüzde Elli Şans

Anne babadan hasta olanı, tek bir hatalı gen (D) taşıyor. Bu gen, tamamlayıcısı olan normal gen üzerinde baskın. Her çocuğun hatalı geni alma ve hastalığa yakalanma riski % 50.



Çekinik Hastalıklar: Dörtte Bir Şans

Hem anne hem de baba tek bir hatalı gen (d) taşıyor; ancak, normal bir genin varlığı (N) onları koruyor. Çünkü, bu gen normal olmak için genellikle yeterli. Hastalığın ortaya çıkması için, genin iki kopyasının da hatalı olması gerekiyor. Çocukların anne babaları gibi taşıyıcı olma olasılıkları % 50. Hastalığı kendi çocuklarına aktarma olasılıkları % 25.



X-Kromozomuna Bağlı Hastalıklar: Erkekler Risk Altında

X kromozomundaki bir genin kopyalarından birinin normal olması (yeşil x), normal olmak için yeterlidir. Her iki X kromozomundaki genlerden biri hatalı olan kadınlar, aynı genin öteki kromozomdaki normal kopyası sayesinde hasta olmazlar. Ancak, erkekler yalnızca bir X kromozomuna ve bir de Y kromozomuna sahip olduklarından hastalıktan korunma şansları yoktur. Hatalı geni taşıyan bir annenin erkek çocuklarından her birinin hatalı geni alma ve hastalığa yakalanma riski % 50'dir. Kız çocuklarının her birinin de annesi gibi taşıyıcı olma riski % 50 oranındadır.

genleri taşıyıp taşımadığımızı bilmek, bu gibi durumlarda pek işe yaramıyor. Örneğin, kimseye “42 yaşına geldiğinizde kalınbağırsak kanseri olacaksınız” demek olası görünmüyor. Çünkü, kalınbağırsak kanserine yol açacak gen mutasyonlarının

noasitleri birbirine bağlamakla meşguldür. Bu aminoasitlerin dizilişi de genler tarafından belirlenir. 1960'larda ortaya çıktığı gibi, genlerde yer alan her üç baz, işlevini birlikte görür. Bu baz gruplarının her biri belli bir aminoasitin şifresidir ya da aminoasitlerin birbirine bağlanmasıyla oluşan proteinlerin yapımının başlamasını ya da durmasını sağlarlar.

Yalnızca bir tek bazın bile hatalı olması yanlış aminoasitin oluşmasıyla sonuçlanır. Aminoasitlerde oluşan bir hata da aminoasitlerin yapısına katıldığı proteinin değişmesiyle sonuçlanır. Bir ya da iki bazın kaybolmasıysa her bir baz üçlüsünün yanlış okunmasıyla sonuçlanır. Bu okuma hataları, genellikle hücrelerin protein yapamamasına yol açar.

DNA'daki kalıtsal bilgiler proteinlere doğrudan aktarılmaz. DNA'daki bilgiler, RNA'da kopyalanır. RNA, gerçekte DNA'daki bilgiyi proteine aktaran bir araçtır. DNA hücre çekirdeğinin içinden hiç ayrılmaz; ancak kalıtsal bilgiyi RNA'ya aktarır. Bir proteinin yapımı için gereken tüm bilgiler DNA'da ayrı parçacıklar halinde vardır. Bu bilgiler hücre dışına çıkmadan önce birleştirilmelidir. İşte, bu birleştirme aşaması kalıtsal hastalıklar bakımından önem taşır, çünkü birçok kalıtsal hastalık birleştirme sırasındaki bozukluklara bağlı olarak ortaya çıkar.

Kimi kalıtsal hastalıklar daha yaygın, kimi daha ender olarak görülür. Bu durumu belirleyen etken, kromozomun büyüklüğüdür. Kromozomun büyük olması, herhangi bir yerinde hata olması olasılığını artırır.

bilinmesine karşın, bu mutasyonları taşıyan kişilerin yalnızca % 10'u hasta oluyor. Bundan başka, bir hastalığın ortaya çıkış olasılığını artırdığı halde, başka bir hastalığın ortaya çıkış olasılığını azaltan genler de var. Örneğin, bağışıklık sistemiyle ilgili DR2 genini taşıyanlarda multipl sklerozaya yakalanma olasılığı yüksekken, diyabet olma olasılığı düşüyor.

Kalıtsal hastalıklar, 1980'lerin sonuna kadar çok zaman alan bir yöntemle araştırılıyordu. Bilim adamları, özel işaretçilerden yararlanarak hastalıkların ortaya çıktığı aileler üzerinde incelemeler yapıyorlardı. Bu incelemelerin tamamlanması, gerçekten çok uzun sürelerde gerçekleştirilebiliyordu. İnsan Genom Projesi, olası 40 000-140 000 genin haritasının çıkarılması ve DNA'daki toplam 3 milyardan fazla baz çiftinin dizilişinin belirlenmesini içeren daha geniş ve daha ayrıntılı bir çalışma oldu. Proje, DNA teknolojilerinin gelişmesini ve yaygınlaşmasını büyük ölçüde hızlandırdı. Projenin ilk ve en önemli sonucu, kalıtsal hastalıkların nedenlerinin bulunmasında önemli bir hız artışı sağlamasıydı. Proje kapsamındaki çalışmalar yeni kalıtsal mekanizmaların açıklığa kavuşmasına da neden oldu. Tüm bu gelişmeler, tanı konusunda ilerlemeler ve hastalık-gen ilişkisinde daha ayrıntılı bulgular elde edilmesi sonuçlarını da doğurdu.

Kalıtsal hastalıkların varlığı genlerde belirlendikten sonra neler yapılabilir? Bununla ilgili çeşitli tedavi yöntemleri geliştiriliyor. Hekimler, ya genlere ya da genlerin etkilediği proteinlere müdahale edilebileceğini düşünüyorlar. Ancak, bu yöntemlerin kullanılabilirliği daha önce de belirtildiği gibi hastalığa özgü olarak belirleniyor. Örneğin, sistik fibroziste gen tedavisi uygulanmaya çalışılıyor. Sistik fibrozis, bir gende mutasyon oluşmasına bağlı olarak, gerekli bir proteinle ilgili bilgilerin yanlış verilmesi nedeniyle ortaya çıkıyor. Hastalıkta akciğerlerin iç yüzünü örten salgının yapımında rol oynayan protein üretilemediğinden, solunum güçlüğü oluşuyor ve yaşamsal tehlike başgösteriyor. Bu hastalarda hücrelere yeni DNA verilerek, genin protein yapımını doğru bir biçimde yönlendirmesi sağlanmaya çalışılıyor. Tedavide hastanın akciğer hücrelerine genin doğru kopyasını aktarabilmek için virüslerden yararlanılıyor. Bu amaçla kullanılan virüsler, insanda hastalık yapmıyor. Özel teknikler kullanılarak düzeltilmiş genler virüse veriliyor. Daha sonra, virüs hastanın burun deliklerinden içeri püskürtülüyor. Virüs, burnun iç yüzeyindeki ve akciğerlerdeki hücrelere giriyor. Virüsler hücre içinde yaşarlar ve girdikleri hücrenin tüm işlevini kendi kalıtsal şifreleri doğrultusunda değiştirerek kullanırlar. Bu özellikleri nedeniyle,



Bağıışıklık sistemlerindeki yetersizlik nedeniyle enfeksiyondan korunması gereken bebeklere balon bebek denir. Son derece ender rastlanan bu hastalığı taşıyan bu çocuğa, Paris'in ünlü Necker Hastanesi'nde Dr. Alain Fisher ve arkadaşları tarafından gen tedavisi uygulanmış.

virüsler kendi kalıtsal şifrelerini girdikleri hücreye de aktarmış olurlar. Böylece hücrelere gereken proteini yapabilmek özelliği virüsler sayesinde kazandırılmış olur. Çok yeni olan bu tedavi yönteminin gerçekten iyi olup olmadığını söylemek için henüz çok erken. Gen tedavisi bugüne değin yalnızca başka hiçbir çare kalmamış olan gönüllü hastalarda denenmiş olduğundan, bu konu daha deneysel aşamada. Bu nedenle daha çok sayıda araştırma yapılması gerekiyor. Aynı zamanda gen tedavisinin her hastalık için uygulanamayacağını da bilmek gerekiyor. Gen tedavisinin uygulanabileceği hastalıklar, yalnızca tek bir gendeki bozuklukla ortaya çıkanlardır. Çok sayıda genin etkili olduğu hastalıklardaysa gen tedavisinin uygulanması olası görünmüyor. Gen tedavisinin kullanım alanının çok sınırlı olacağı düşüncesi, daha şimdiden tıp dünyasında egemen gibi görünüyor. Ancak, kalıtsal olmayan bazı sağlık sorunlarında da gen tedavisinden yararlanma olasılığı yüksek. Kırıklar ya da yaralanmalar gibi durumlarda da gen tedavisinin yapılabileceği düşünülüyor.

Bir başka gen tedavisi yöntemi daha var. Ancak, bu tedavi yönteminin tartışmaya yol açan yönleri olduğundan, bugün hiçbir ülkede insanlar üzerinde bu tip bir uygulama yapılmasına izin verilmiyor. Bu yöntemin yukarıda sözü edilenden farkı, tedavinin etkisinin kuşaktan kuşağa aktarılabilmesi için üreme hücreleri üzerinde yapılması. Bu yöntemde genler, daha henüz spermdeyken ya da yu-

murta hücresindeyken değiştiriliyor. Böylece bir bebek daha doğmadan kalıtsal yapısındaki bozukluk düzeltiliyor. Böyle bir uygulamanın sağlık açısından da istenmeyen sonuçları olabileceği konusunda da kaygılar var. Tartışmalı yönleri nedeniyle bu yöntemin uzun süreli etkileri araştırılmadan ve ahlaki yönleri iyice gözden geçirilmeden insanlar üzerinde uygulanması olası görünmüyor.

Gen tedavisi henüz deneysel aşamada; ancak genetik mühendisleri

Gen Tedavisi

Bir gende oluşan mütasyonlar bir hastalığa yol açıyorsa, hücrelere sağlıklı bir gen eklenerek tedavinin sağlanabileceği düşünülüyor. Her ne kadar bu yöntem kolay gibi görünse de büyük güçlükleri var.

Bilim adamları virüslerle hücrelerin ilişkisinden gen tedavisinde yararlanılabileceğini düşünüyorlar. Virüslerden yararlanarak, hücre içine girip normalde zayıf olan hücreleri desteklemeyi hedefliyorlar.

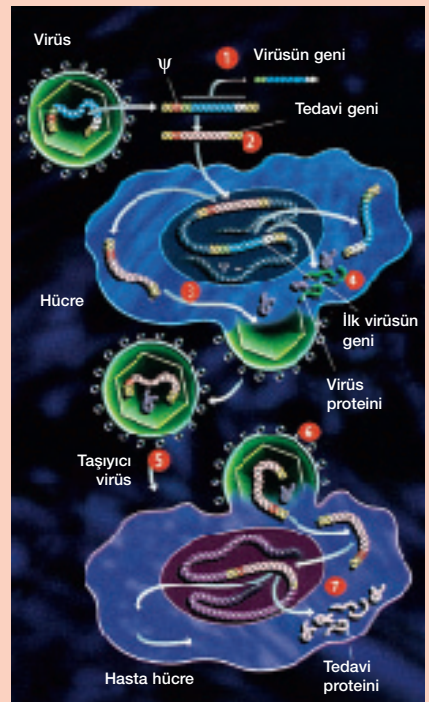
Bir virüsün genlerinin yerine, ψ genini korumak için, tedavide kullanılacak gen yerleştirilir. Bu virüs, ψ geninden yoksun yardımcı bir virüsün genlerini barındıran bir hücrenin içine yerleştirilir. Bu hücre tüm virüs proteinlerini üretir. Ancak, ψ olmadığı için, yardımcı virüs kendisini yenileyemez. Bu hücreye, ψ ile birlikte tedavi genini taşıyan virüs girer. Taşıyıcı virüs, hücrelerin içine tedavi genini de taşır; ancak, viral proteinleri yapacak genlerden yoksun olduğu için organizma içinde çoğalamaz. Hücre yalnızca tedavi proteinini yapar.

Ne yazık ki taşıyıcı virüsler, hedef dokuya ulaşmadan önce hücre savunma sistemini atlatır, bağışıklık sistemine zarar verir, organlar arasındaki dokusal engelleri, hedef hücrelerin zarlarını ve son olarak hücre çekirdeği zarını geçirir. Hedefe varıldığı çok seyrek görülür. Bu, nedenle bu işlem pek güven-

biyoteknolojik yöntemlerle yeni ilaçlar geliştiriyorlar. Örneğin, geçmişte diyabet hastalarının kullandığı insülinin üretimi için domuzlar ya da sığırklar kullanılıyordu. Bu durum, araştırmacılar insülin yapımından sorumlu geni klonlayarak insülin elde etmeyi bulana değin böyle sürdü. Genetik mühendislerinin kullandığı klonlama tekniklerinin ve öteki tekniklerin daha şimdiden çok sayıda yararı oldu. Tıbbi ürünlerin kaynakları arttı ve maliyeti düştü. Yeni ilaçlar geliştirildi. Geçmişte, hayvanlardan elde edilen ilaçlar hastalık taşıyabiliyordu. Genetik mühendislerinin özel olarak geliştirdikleri ilaçlarda bu tip tehlikelerin ortaya çıkma olasılığı azaldı. Günümüzde genetik mühendisliğinin özel teknikleriyle geliştirilen insan büyüme hormonu, geçmişte ancak yeni ölmüş insanlardan alınabiliyordu. Bu durum beraberinde büyük zorluklar getirdiği gibi, tartışmalı yönleri de çok oluyordu. Üstelik, bu hormonun ölümlerden alınması, başka hastalıkların taşınma olasılığını da artırıyordu. Yeni teknikler sayesinde, büyüme hormonu saf bir biçimde, büyük miktarlarda üretililebilir.

li değildir. Belki de, gen tedavisi geliştirilmeden önce ilaç tedavisi geliştirilebilir.

Bu hummalı çalışmalara karşın, birçok uzman gen tedavisinin 10-15 yıldan önce gelişimini tamamlayamayacağını düşünüyor.



Genlerdeki bozukluklar çoğu zaman protein yapımında aksaklıklar oluşturuyor. Bu nedenle, bir başka tedavi anlayışına göre, yapılamayan proteinler insan vücudu dışında elde edilip hazır olarak vücuda veriliyor. Böylece, protein ilaç olarak kullanılmış oluyor. Genlerdeki bilgilerden yararlanarak protein yapabilmek için bakterilerden yararlanılıyor. Kullanılacak genler, bakteri hücrelerine veriliyor. Böylece, bakterilerin istenilen proteinleri üretmeleri sağlanıyor. Elde edilen proteinler ilaç olarak kullanılıyor.

Sağlık alanında gerçekten de devrim niteliğinde birçok yenilik yaşanacak. Ancak, tüm bu yeniliklerden her hastanın yararlanıp yararlanamayacağına kuşkuyla bakılıyor. Çünkü, tüm bu testlerin, tanı ve tedavi yöntemlerinin çok pahalıya mal olacağı düşünülüyor. Sağlık alanındaki bu devrimlerin toplumsal sınıflar arasındaki farkları artırmasından da endişe ediliyor. Endişelerin en büyüğü de "Acaba, kalıtsal bir alt sınıf yaratılacak mı?" sorusunda şekilleniyor. Bir başka endişe de insanın kalıtsal yapısına bu denli müdahalede bulunmanın, insanlığın geleceğini etkileyebileceği.

Mikroorganizmaların Genomları

Mikroorganizmaların sayısı ve özellikleriyle ilgili ne kadar bilgi sa-



Bu kadın, ileri derecede bellek kaybıyla kendini gösteren ve kalıtsal bir hastalık olan Alzheimer hastası. Gen araştırmaları sayesinde bu hastalığın önceden belirlenip gelişiminin önlenmesi artık olanak dahilinde.

hibi olduğumuz konusunda iyimser bir öngörüye göre, henüz onların ancak binde birini tanımlamış durumdayız. İnsan Genom Projesi'nin sağladığı yeni olanaklar sayesinde, özellikle bakterileri daha iyi tanıyacağız. Genom projesinin ilk meyvelerinden biri de, 1994'te başlatılan yeni bir çalışma oldu. Mikrobiyal Genom Programı (MGP) denen çalışmanın kapsamında, enerji üretimi, zehirli atıkların azaltılma yöntemleri ve endüstriyel süreçlerde kullanılan bakterilerin kalıtsal yapıları inceleniyor. İnsan ve çevre sağlığı konusunda yararlı bilgiler ortaya koyacağından, bu çalışmaların ekonomiye de büyük katkısı olacağı düşünülüyor.

MGP'den elde edilen bilgilerin, fotosentezle ilgili sistemler, en zorlu

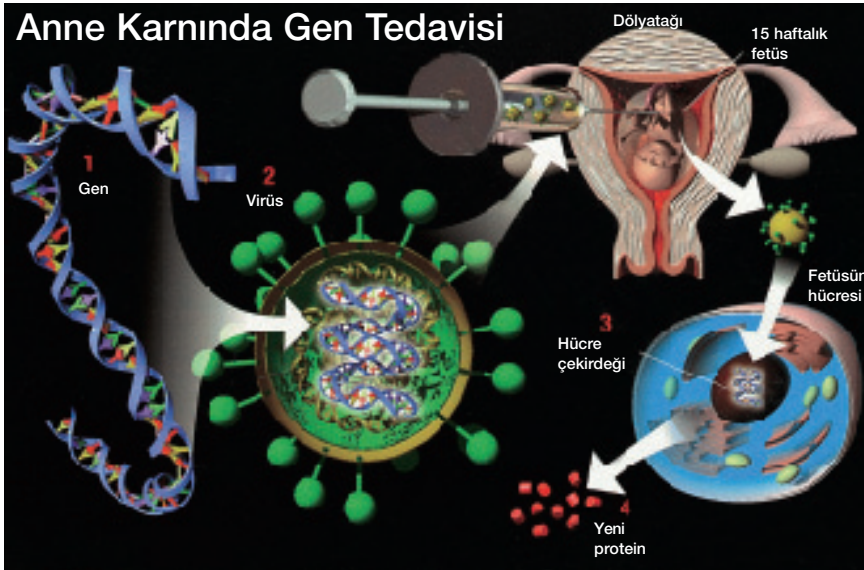
çevre koşullarına dayanabilen, yenilenebilir kaynaklar ve atıkları metabolik olarak değiştirebilen mikrobiyolojik sistemler gibi enerjiyle ilişkili yeni biyoteknolojilerin geliştirilmesini sağlayacağı da düşünülüyor. Tüm bu çalışmaların daha temiz bir çevre sağlayacak yan ürünler vermesi de bekleniyor. Endüstriyel süreçlerde maliyeti düşüren, yararlılığı artıran ve zehirli olmayan kimyasal maddelerle enzimlerin kullanılması bekleniyor. Ayrıca, mikroorganizmaların baz dizilişlerinin bulunmasının, bunların insanda hastalık yapan özelliklerinin de belirlenmesini sağlayacağı umuluyor.

Mikroorganizmaların baz dizilişlerinin belirlenmesi, yeryüzündeki canlılığın sınırları konusunda da bilgi verecek. Böylece, ekosistemler, çevresel değişikliklerin eğilimi, canlılar arasındaki etkileşimler ve evrim konusunda erişilmemiş bilgilere de erişilebilecek.

MGP kapsamında yapılacak olan tüm bu çalışmalar, yeni enerji kaynakları elde edilmesini, çevre kirliliği yapan maddelerin belirlenebilmesini, biyolojik ve kimyasal savaşa karşı korunmayı, ayrıca zehirli atıkların temizlenmesini sağlayacak.

Çevresel Tehlikeleri Değerlendirme

Zehirli maddeler ya da radyasyon gibi insan sağlığını tehdit eden etkenlere karşı zaman zaman savunmasız kalıyoruz. Bilim adamlarına göre, bu tip etkenlere karşı kimi in-



Üzerinde hâlâ tartışma olan bir konu da gen tedavisinin, doğumdan önce anne karnında yapıp yapılamayacağıyla ilgili.

Kalıtsal Hastalıklar Nasıl İyileştirilir?

İnsanda yaklaşık 4000 kalıtsal hastalık vardır. Bilim adamlarının gelecekte yapacakları uzun soluklu çalışmalarla bu hastalıkların tedavisinin yapılabileceği ya da hastalıkların etkisinin ortaya çıkmasının önleneyeceği düşünülüyor.

Ancak, bunun başarılabilmesi için şu üç önemli sorunun yanıtlanması gerekiyor:

* Hangi gendeki değişiklik hastalığın nedeni midir?

* Bu gen normalde hangi proteinlerin yapımını sağlar?

* Değişikliğe uğramış protein ya da gen değiştirilebilir mi ya da düzeltilebilir mi?

Tüm bunların yapılabilmesi için iki farklı yaklaşım kullanılabilir. Araştırmacılar, ilk olarak değişikliğe uğrayan proteini bulabilirler. Daha sonra, bu proteinin şifresini taşıyan genin kromozom üzerindeki yerini belirlerler. Eğer bunu yapmak olası değilse ikinci yaklaşım olarak bir klonlama tekniğinden yararlanırlar. Bu tekniğe göre, ilk olarak geni, daha sonra proteini bulurlar. Gösterdiğimiz örnek ikinci yaklaşıma aittir.

Hangi Gende Hata Var?

1 Bu aile resmindeki çocuğun (mavi kutucuğun içindeki), tedavisi günümüzde olası olmayan kalıtsal bir hastalığı vardır. Bu hastalığa özgü bir tedavi ya da ailenin öteki çocuklarında koruyucu yöntemler geliştirmek isteyen bilim adamları, hastalığın nedeninin izini sürerler. Hastalığın nedeni hatalı bir genidir. Bilim adamları bu, hatalı geni bulmaya çalışırlar.

2 Bir kromozomun kopmuş bir parçası gibi çeşitli veriler, genin kromozom üzerindeki yerleşimini kabaca belli eder. Eğer böyle veriler yoksa araştırmacılar, hastalığın "işaretçilerini" bulmak için hastalığı taşıyan çocuğun DNA'sını ailesindeki öteki bireylerin DNA'sıyla karşılaştırırlar. Sonuç olarak hatalı geni hangi kromozomun taşıdığını bulurlar ve bilinen işaretçiler arasında genin genel yerleşimini belirlerler.

3 Sonuç: Bilim adamları, hastalığın sık görüldüğü ailelerde, işaretçilerin kalıtımını doğum öncesinde de izleyerek aynı zamanda, hastalığı tedavi edebilirler. Ayrıca, hatalı genin taşıyıcılarını da (açık mavi kutucuklarla gösterilenler) bulabilirler. Burada görülen ailede, bozuk geni hem annesinden hem babasından alan çocuklarda ortaya çıkan çekinik bir hastalık vardır.

4 Bilim adamları, yan yana duran işaretçiler arasındaki boşluklarda bulunan ve kaçışan DNA parçacıklarından bir zincir oluştururlar. Bu parçacıklardan biri, mutlaka hatalı geni içermelidir. Araştırmacılar, tüm kromozomlarda kaçışan DNA parçacıklarını belirlediklerinde, istedikleri her parçacığı veri bankalarından bulabilecekler.

5 Hatalı geni bulmak için, bilim adamları her parçacığı çözümlererek normal DNA'dan farklı olup olmadığını anlamaya çalışırlar. Sonuç olarak hatalı geni bulurlar ve bazılarında hatayı belirlerler. Sistik fibrozis hastalığına yol açan gendeki hata, toplam 250 000 DNA bazından üçünün çökmesiyle oluşur.

Mutant bir CF geninin dizilişi
ATCATTGGTGT
Normal bir CF geninin dizilişi
ATCATCTTTGGTGT
Bazı harfler DNA iplikliğinin arkasında kalmıştır

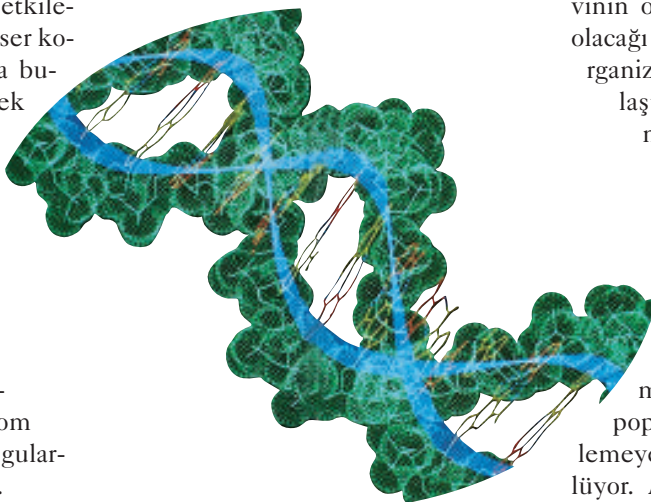
sanlar daha dirençliken, kimileri daha zayıf kalabiliyor. Bunun nedeni olarak da insanın kalıtsal yapısındaki çeşitlilik gösteriliyor. İnsan genomunun anlaşılmasının, zehirli etkenlerin insanlara vereceği zararlar konusunda değerlendirmelere olanak sağlayacağı düşünülüyor. Radyasyona maruz kalma ve benzer başka etkenlerin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin anlaşılması, özellikle kanser konusundaki çalışmalara katkıda bulunacak. Düşük ya da yüksek dozda radyasyona ve kansere yol açan zehirli bileşiklere ya da kalıtsal yapıda mutasyonlar yapabilen kimyasal maddelere maruz kalmanın zararlarını değerlendirme; ayrıca kalıtım yoluyla kuşaktan kuşağa geçme olasılığı bulunan mutasyonların azaltılması açısından, İnsan Genom Projesi'nden elde edilen bulguların yararlanılması planlanıyor.

Biyoarkeoloji, Evrim, Antropoloji, Göçler...

İnsan genomunun çözülmesi, insanlığın ve canlılığın tarihine de ışık tutacak belki de. Daha şimdiden

öteki canlı türleriyle olan benzerlikler ortaya çıkmaya başladı bile. Bu konuda birtakım karşılaştırmalı çalışmalar yapılıyor. Örneğin, insana özgü kimi hastalıkların ve özelliklerin incelenmesinde en çok yararlanılan hayvanlardan biri fareler. Bu tip karşılaştırmalı çalışmaların, henüz işlevleri bilinmeyen birçok genin işlevinin ortaya çıkmasına da yardımcı olacağı düşünülüyor. Farklı mikroorganizmaların genomlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesinin, tüm canlılar arasındaki ilişkileri aydınlatacağı da düşünülüyor.

İnsan Genom Projesi'nden elde edilen sonuçların, kuşaktan kuşağa kalıtım yoluyla aktarılan mutasyonların incelenmesiyle evrime ışık tutacağı, farklı insan popülasyonlarının göçlerini incelemeye olanak sağlayacağı düşünülüyor. Ayrıca, özelliklerin kuşaktan

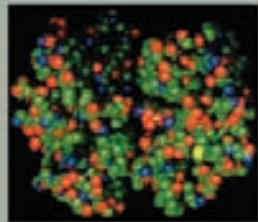
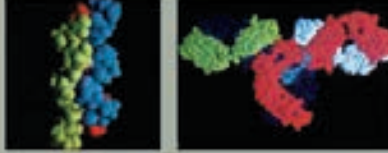


Hangi Proteini Yapıyor?

Protein ya da Gen Değiştirilebilir mi?

7 Bilim adamları, genlerdeki bazların dizilişi bilindiğinde, kalıtsal şifreyi kullanarak hangi aminoasitlerin proteinleri yaptıklarını bulurlar. Daha sonra, proteinin görevini bulmaya çalışırlar. Vücuttaki on binlerce proteinin her biri farklı işlevlere ve farklı biçimlere sahiptir. Onların farklılıklarıyla ilgili bilgiler genlerin şifrelerinde bulunur.

Bu modelde gösterilen kolajen denen proteinin uzun biçimi, onun hücrelere ve organlara yapısal destek vermesini sağlar.



Kırmızı kan hücrelerinin yapısında yer alan hemoglobinin, dolaşım yoluyla vücudun bütün bölümlerine oksijen taşır.

8 Hasta çocuğun hatalı geni, proteinin çok az üretilmesine mi ya da kusurlu olmasına mı ya da hiç üretilmemesine mi neden oluyor? Bilim adamlarının, proteinle ilgili bozukluğun neden hastalığa yol açtığını bulmaları gerekiyor.

9 Sonuç: Hastalığın mekanizması açıklığa kavuştuğunda, bilim adamları geni, proteini ya da her ikisini düzeltebilecek bir yaklaşım geliştirirler. Ender bulunan bir kalıtsal hastalığın anlaşılması bile daha yaygın ve sıradan hastalıkların anlaşılmasına da yardım eder.

10 Kalıtsal bozukluğu düzeltmek için, bilim adamları eksik ya da yetersiz miktarda olan proteini ya normal protein olarak ya da ilaçla vücuda verirler. Bu tip uygulamalar, ilk olarak kültür hücrelerinde, sonra hayvanlarda, daha sonra da insanlarda denir.

11 Bir başka seçenek de gen tedavisidir. Bazı bilim adamları, bozuk hücrelere, içine normal genleri aktardıkları virüsleri yerleştirirler. Bazılarıysa virüsleri kullanmazlar ya da DNA'yı doğrudan hücreye verirler. Kültür hücreleri üzerindeki deneyler başarılı olursa, önce laboratuvar hayvanlarında, sonra insanlarda uygulanır. Örneğin, bir hastanın kemik iliği hücreleri dışarı alınıp, içine normal genler aktarıldıktan sonra tekrar hastaya geri verilir.

12 Sonuç: Bazı kalıtsal hastalıklar için tedaviler geliştiriliyor. İnsanların kalıtsal hastalıkları hep olacaktır; ancak gelecekte bu hastalıklardan korunma ve tedavi daha kolay gerçekleştirilecektir.

6 Sonuç: Bilim adamları, doğrudan hasta kişilere (mavi kutucukların içindekiler) ya da anne karnındaki bebeklere test uygulayarak hastalığın taşınıp taşınmadığını bulurlar. Yalnızca hastalığın görüldüğü aileyi değil, toplumdaki bireylerden, hatalı geni taşıdığı halde sağlıklı olanları da (açık mavi kutucukların içindekiler) belirleyebilirler. Hastalığın süreçlerini kültür hücrelerinde ve hayvanlarda izleyerek yeni tedaviler geliştirmeye çalışırlar.

kuşağa aktarılması ve erkeklerin göçlerine ışık tutması açısından Y kromozomunda oluşan mutasyonları, popülasyonların yaşını, tarihsel olayları açıklığa kavuşturmak için mutasyonların evrimini incelemeye de olanak sağlaması bekleniyor.

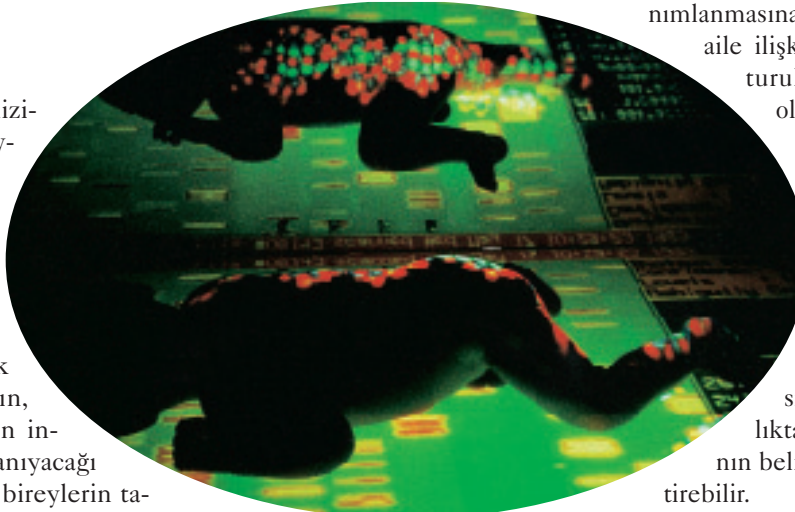
nımlanması daha kesin tekniklerle yapılabilecek. Bireyleri tanımlamak için, bu konuda çalışan bilim adamları 10 ayrı DNA bölgesini tararlar. Kişiden kişiye farklılık gösteren bu DNA bölgelerinden elde edilen veriler, o kişinin DNA'sı hakkında bilgi sağlar. Buna "DNA parmakizi" de

denir. Bir insanın, başka bir insanla aynı DNA parmakizini taşıma olasılığı çok düşüktür.

Kimlik tanımlamanın kolaylaşması nelerle olanak sağlayabilir? Suçluların olay yerinde bıraktıkları delillerin gerçek sahibini bulmaya, yanlış yere suçlanan kişilerin temize çıkarılmasına, suç ya da felaket kurbanlarının tanımlanmasına, babalığın ya da başka aile ilişkilerinin açıklığa kavuşturulmasına, tükenmekte

Kimlik Tanımlama

Türe özgü DNA dizilişlerinin incelenmesiyle herhangi bir organizma tanımlanabilir. Ancak, bugünkü tekniklerle bu iş henüz kabaca yapılabiliyor. İnsan Genom Projesi'nin, daha büyük DNA parçacıklarının, hatta tüm bir genomun incelenmesine olanak tanıyacağı düşünülüyor. Böylece, bireylerin ta-





Tarım ve Hayvancılık

Canlı türlerinin genomlarının bilinmesi, daha güçlü, hastalıklara daha dirençli bitki ve hayvanların geliştirilmesini sağlayacak. Bu da tarım gıdelerinin azalmasına ve daha besleyici ürünlerin elde edilmesine neden olacak. Genetik mühendisliği, günümüzde tarım ve hayvancılık alanında birçok uygulama alanına zaten sahip. Ancak, bu uygulamaların İnsan Genom Projesi'nin sonuçlarından sonra daha da artması bekleniyor. Tarım ve hayvancılıkta beklenenlerden bazıları şöyle sıralayabiliriz: Hastalıklara, böceklere ve kuraklığa daha dirençli ürünlerin elde edilmesi, daha sağlıklı, daha üretken ve hastalıklara dayanıklı çiftlik hayvanlarının geliştirilmesi, daha besleyici ürünler üretilmesi, yiyeceklere eklenmiş yenilebilir aşıların geliştirilmesi.

Sıra Proteinlerde

İnsan Genom Projesi tamamlanmak üzere; ancak projenin tamamlanması tek başına yeterli değil. Çünkü genlerin insan vücudunda yaptığı işleri de çözümlmek gerekiyor. Bu nedenle, ardı arkası belki de hiç kesilmeyecek olan yeni projeler gerçekleştirilmeyi bekliyor. Bir sonraki adım daha şimdiden planlanıyor. Hatta projenin adı belirginleşmeye başladı bile: İnsan Proteom Projesi. Evet, bundan sonraki adım,

genlerin belirlediği proteinlerin tanımlanması. Çünkü, genlerdeki bilgiler proteinlerin yapısını sağlıyor. Proteinler, canlılık açısından çok önemli olan ve birçok yaşamsal olayın gerçekleşmesinde rol alan moleküllerdir. Bu moleküller, hücrelerin temel yapıtaşları olup hücreleri bir arada tutmaya yarayan özel bir yapıştırıcı gibidirler. Kimi zaman bir hormon, kimi zaman da bir enzim olarak vücudumuzda işlev görürler. Uzun sözün kısası, yaşamsal önemi olan tüm olaylarda proteinlerin parmağı bulunuyor. Proteinler, zaten inceleniyordu; ancak bu kez yapılacak olan, hangi genin ya da genlerin hangi proteinlerin yapısını sağladığını belirlemek. Böylece genlerle vücudun işleyişi arasındaki bağı kuracak olan bilgi köprüsü de tamamlanmış olacak. Bu, aynı zamanda yeni bir araştırma alanının da doğmasına neden oldu. Bu araştırma alanına bir ad da verildi: Proteomik (Proteomics). Proteomik, adını protein ve genom araştırmalarını kapsayan inceleme alanı olan genomikle (genomics) benzerlik kurarak alıyor. Proteomik konusundaki çalışmalar, insan vücudundaki tüm proteinlerin tanımlanıp çözümlenerek sınıflandırılması

riklmasını içeriyor. Önümüzdeki 10 yıl içinde yaklaşık 10 000 proteinin yapısının tanımlanacağı söyleniyor. Bu sayı, doğadaki tüm proteinlerin yalnızca çok küçük bir bölümünü oluşturuyor. Ancak, bilim adamları, bu kadarının tanımlanmasının bile biyoloji ve sağlık konularında çok önemli bir yer tutacağını düşünüyorlar.

İnsan Genom Projesi, yalnızca proteomik konusundaki çalışmaları doğurmadı. Başka alanların da gelişimine kapı açtı. Bu alanlardan biri de protein yapımı sırasında görev alan mRNA'larla (elçi RNA) ilgili. mRNA, DNA'daki kalıtsal bilgiyi kopyalayarak ribozoma gidip burada protein yapımının başlamasını sağlayan özel moleküllerdir. mRNA'nın yaptığı işe transkripsiyon denir. Transkripsiyonun sözlük anlamı kopyalamak. mRNA'nın DNA'dan aldığı kalıtsal şifreye transkriptom deniyor. İşte, bir grup araştırmacı da transkriptomları inceleyecek. Bu alana da transkriptomik adı verilmiş. İş bu kadarla da kal-

mayacak. Fenomik (fenotip sözcüğünden türetilmiştir; fenotip bir genin gözlenebilen özelliklerini ifade eder), ope-romik (operasyon sözcüğünden türetilmiştir; operasyon sözcüğü hücre- resel olaylarla ilgili olarak kullanıldığında, DNA'dan başlayıp RNA ve proteine de-ğin gerçekleşen olayların işleyişini ifade eder) gibi yeni alanlar da gelişecek gibi görünüyor.

İnsan Genom Projesi, sınırları çok zorlayacağına benziyor.

Zuhal Özer
Elif Yılmaz

Kaynaklar

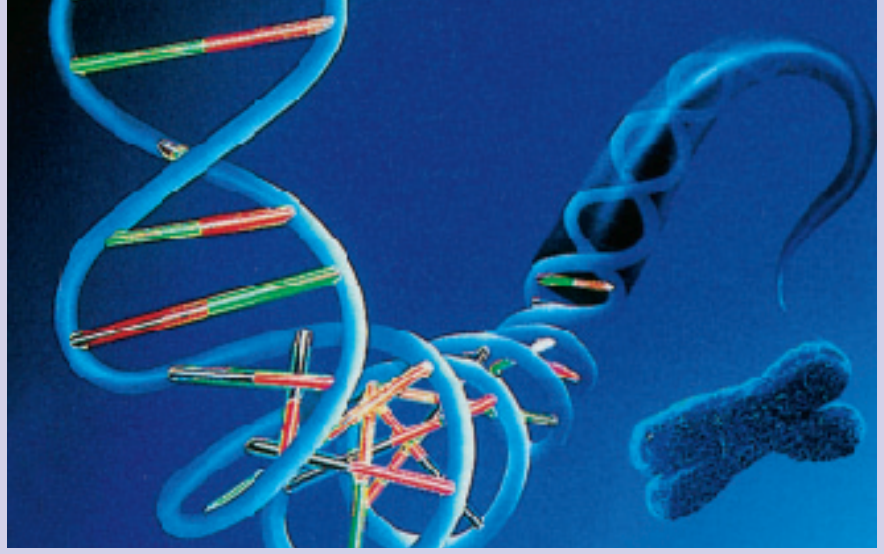
- Abbott, A. "Post-Genomic Challenge: Learning to Read Patterns of Protein Synthesis" *Nature*, 16 Aralık 1999.
- Lemonick, M. D. "The Genome is Mapped. Now What?" *Time*, 3 Temmuz 2000.
- Marchant, J. & Day, M. "...or Doom and Gloom?" *New Scientist*, 20 Mayıs 2000.
- "Proteomics, Transcriptomics: What's in a Name?" *Nature*, 16 Aralık 1999.
- "Potential Benefits of Human Genome Project Research" <http://www.ornl.gov/hgmis/project/benefits.html>
- "The Human Genome Project and the Future of Diagnostic, Treatment, and Prevention" <http://www.thelancet.com/newlancet/sub/supple-emnts/vol354s1/body/article2.html>
- <http://www.hhmi.org/GeneticTrail/errors/>
- http://www.nhgri.nih.gov/Policy_and_publications/Maps_to_medicine/complete.html
- <http://www.bmj.com/cgi/content/full/314/7073/43>
- <http://www.ornl.gov/hgmis/publicat/genechoice/>

İnsan Genleri Nasıl Sayılır?

İnsan genlerinin sayısını yaklaşık olarak belirlemeye yönelik önceki çalışmalar, hücresel RNA'nın karmaşıklığını ölçmeye, DNA dizilerinin yeniden birleşme kinetiğine, CpG adalarının (en az 200 baz çifti uzunluğunda, guanin + sitozin bileşiminin yarıdan fazla olduğu DNA bölgeleri) saptanmasına, evrimsel gelişmenin kurallarına ya da cDNA dizilişlerinin genleri temsil ettiği varsayımına dayanıyordu. Bu yöntemlerden cDNA dizilişlerinin gen kabul edilmesi yöntemi en popüler yöntemlerden biridir. Wellcome Trust Genom Araştırmaları Enstitüsü'nden bir grupça da aynı yöntem incelemelerde temel alındı. Araştırmacılar, genlerin toplam sayısı konusundaki önerileri için genellikle kamuya açık cDNA dizilişi veritabanlarından yararlandılar. Yararsız dizilimleri ayıklamak amacıyla cDNA dizilimlerini kümelen-diren araştırmacılar, inceleme sürecinde belki de hata sonucu oluşmuş tekrarlanmayan dizilimleri dikkate almadılar. Daha sonra da bilinen genleri temsil edebilecek kümelenmiş dizilimlerin oranını tahmin ettiler. Bu grup, 120 000 ile 140 000 arasında insan geni bulunduğu görüşünde.

Philip Green ile Jean Weissenbach tarafından yönetilen gruplara, alternatif süreçler sonucunda bambaşka sonuçlara ulaşıldı. Araştırmacılar, protein kodlayan gen sayısının yaklaşık olarak 35 000 olduğunu varsayıyorlar. Green ve ekibi, bir solucan türü olan *Caenorhabditis elegans*'in genomuna uygulanan yöntemin bir benzerini kullanmış. Bu yaklaşım, genomdan küçük, ancak homojen bir grup genin alınıp, rastgele seçilmiş yararsız ve eksik dizilimler içeren daha büyük bir kontrol örneğiyle karşılaştırılması temeline dayanıyor. Araştırmacılar, birinci set için, 22. kromozoma ait dizilimi tamamlanmış genler, ya da GenBank veritabanından normal uzunluğa yakın (elçi) mRNA dizilimleri kullandılar. Bu setlerin, kümelenmiş EST (işlevi tanımlanmış DNA dizilim biçimleri) diziliş setleriyle karşılaştırılmasıysa insan genomunda yaklaşık 34 000 – 35 000 gen bulunduğu sonucunu veriyor.

Weissenbach ve ekibiye, insan genomuyla ilgili öngörülerini için kirpibalı-



ğının gen dizilimini incelediler. Klonlanmış bakterilerle çoğaltılan ve kirpibalığının gen havuzunun yaklaşık üçte birini oluşturan genler üzerinde yaptıkları araştırmaları insan gen dizilimine uygulayan ekip, insan geni toplam sayısı için 34 000 tavanını belirledi.

Balonu Patlatmak

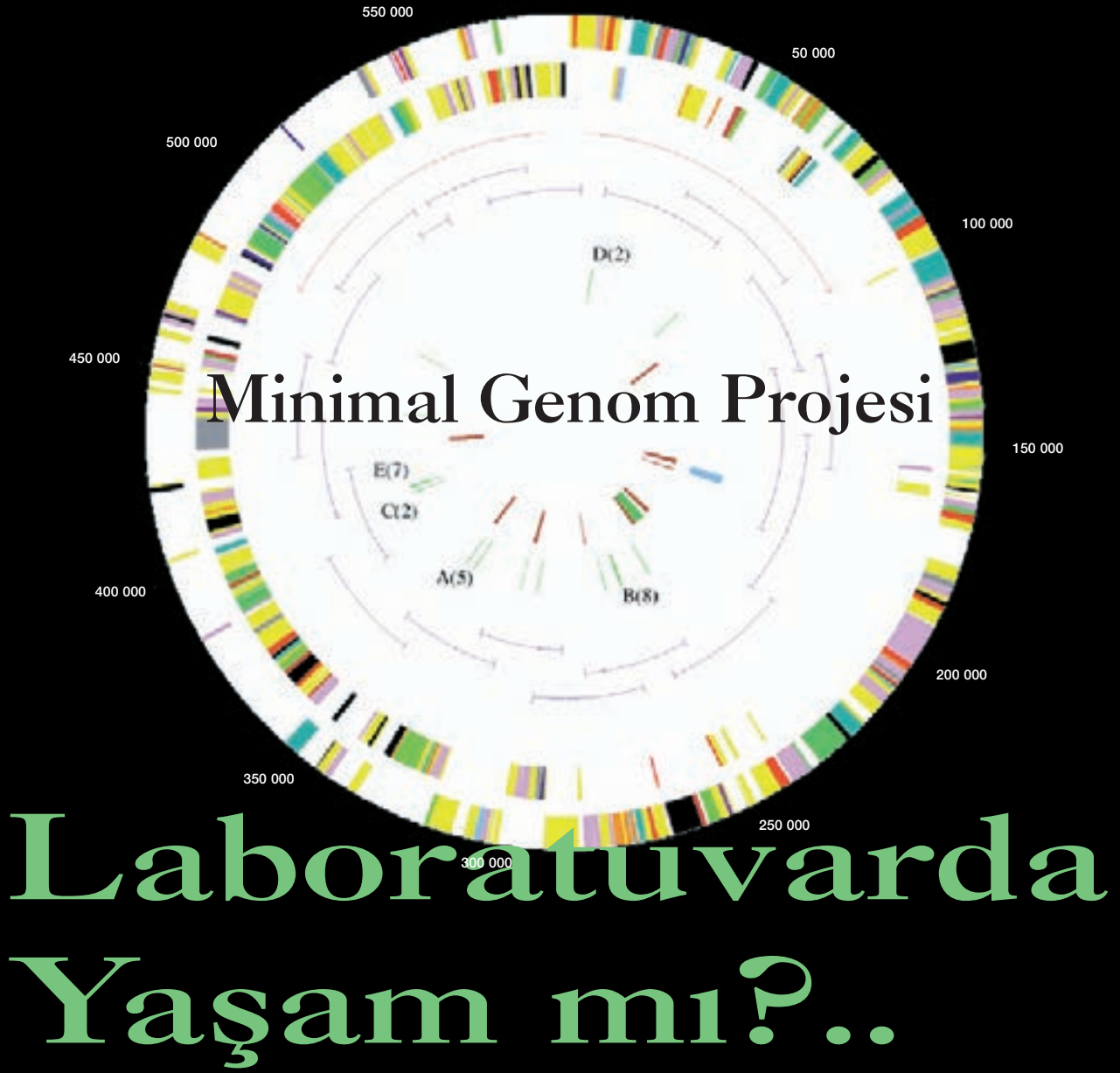
İlke olarak, Green ile Weissenbach'ın tahminleri, gen sayısının olduğundan daha düşük çıkması gibi sapmalara yol açabilir. Ancak bu sapmalar farklı yöntemlerden kaynaklandıklarından tahminlerin çok hatalı çıkması olasılığı düşük görünüyor. 21. ile 22. kromozoma dayalı 40 000 ve 45 000 gibi tahminler daha olası görünüyor. Evrim sürecinde memelilerin, çok hücreli omurgasızlardan ayrılmalardan sonra genomları iki kez iki katına çıktığından, toplam gen sayısının 60 000'i aşması pek olası değil. O halde EST verilerine dayalı hesaplamalar neden bu kadar yüksek rakamlarla sonuçlandı?

Bu bulguların özünde tanımlama ve tanımadaki farklılıklar yatıyor. Gen nasıl tanımlanır ve tanınır? Klasik genetiğe göre, genler, bir fenotipin ortaya çıkmasından sorumlu kalıtsal birimlerdir. Kimi durumlarda bu ilişki her ne kadar düzenleyici birimlerin ya da başka kodlama yapmayan başka DNA birimlerinin mutasyonundan gelse de, çoğu durumlarda protein kodlayan DNA dizilişlerin mutasyonu ile eşan-

lamlıdır. Her ne kadar dizilim başına ücret politikası herhangi bir kopyanın herhangi bir kopyayı gen olarak tanımlama genel eğilimini körükliyorsa da, klasik genetik tanımlanan genle ilgili bir işlevi de kanıt olarak görmek istiyor. Burada özellikle önem taşıyan bir nokta da, henüz tam olarak belirlenememiş olmakla birlikte, herhangi bir hücrede bu çalışmaların ortaya koyar görüldüğü "işlevsiz" bölümler. Başka bir deyişle, ayrıştırılabilen kopyaların ne kadarlık bir bölümünün anlamlı bir işleve sahip olduğu henüz bilinmiyor. Bu da, insan gen haritası taslağını, EST listelerinde gösterilmemiş protein kodlayan dizilimlerin aranabileceği bir altın madeni haline getiriyor.

Bunlardan anlaşılıyor ki, insan genomunun dizilişindeki genleri çözümlemek zaman alacak. Dahası, karşılaştırmalı bir yaklaşımın birçok getirisi var. Bunun ardındaki hedef, genlerin işleyiş düzenini yeterince anlayabilmek. Değişik türlerin kodlama yapmayan dizilimlerini karşılaştırabilme yetisi, insan genomu için bir işlev çerçevesi elde edebilme hedefini hızlandırabilecek. Kuşku yok ki evrim burada bize bir bilgisayar algoritmasının sağlayabileceğinden çok daha güçlü ve öğretici. Artan sayıda türün genomlarını karşılaştırabilme yetisi öyle anlaşılıyor ki "bilgisayar biyolojisini" gerçek bir bilim haline dönüştürecek.

Aparicio, S., "How to Count... Human Genes", *Nature*, v. 25, no 2, pp 129-130
Aysegül Yılmaz Güneç



Haziran 2000'de Başkan Bill Clinton önderliğinde bittiği açıklanan İnsan Genom Projesi'nin yarattığı heyecanla birlikte, süregiden diğer genom projelerinin pabucu bir bakıma dama atılmış oldu. Oysa bu projeler arasında, yüzyıllardır süregelen bazı 'hayaller'i yaşama geçirmeye çalışanlar bulunmaktadır.

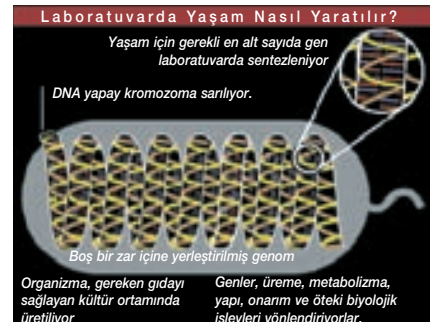
1995 yılında TIGR'da (Genom Araştırmaları Enstitüsü), J. Craig Venter başkanlığındaki bir grup araştırmacı insanda hastalığa sebep olan *Mycoplasma genitalium* bakterisinin DNA dizisini açıklamışlardı. 562 kilobazlık (kb) gen saklama kapasitesi ile *Mycoplasma genitalium* genomu, (bir canlıda bulunan genetik bilgilerin tümü) insan genomundan 5000 kez daha ufak olup, bugüne kadar bilinen ve bağımsız yaşam sağlayabilen en küçük genom olma özelliğini taşıyor.

Bu noktadan hareketle TIGR araştırmacıları 'Yaşam nedir?' 'Yaşam için gerekli minimum gen sayısı nedir?' gi-

bi sorulara cevap aramak üzere 'Minimal Genom Projesi' başlattılar. 1992'de TIGR araştırmacıları, Hutchinson ve Peterson, 10 Aralık 1999'da yayınlanan çalışmalarında, değişik DNA parçalarını 500 genlik genomun içine rastgele sokup, bazı genleri işlevsiz hale getirdiler ve hücrenin hayatta kalıp kalmadığını araştırarak, *Mycoplasma genitalium*'un yaşaması için gerekli minimum gen sayısını sadece 300 olarak belirlediler. Bu genlerin 100 kadarının görevi ve dolayısıyla organizmanın yaşaması için hangi temel biyo-

kimyasal tepkimelerin gerektiği hala bilinmiyor.

Minimal genom, organizmanın yaşayıp çoğalmasını sağlayan en az sayıda genlerin tümü olarak tanımlanmaktadır. Ancak bilim adamları, yaşamın sadece çoğalma olarak açıklanamayacağını, dolayısıyla 'minimal genom' tanımının değiştirilmesi gerektiğini savunuyorlar. Aslında yaşamın belirleyici özelliklerine bakıldığında; çevreyle uyum sağlama, metabolizma ve içdenge (homeostaz) gibi özellikler, en az çoğalma kadar ön planda.



Minimal genom projesi daha yolun başında ve bundan sonraki aşamalar dört ana başlıkta toplanabilir:

1- Hangi genlerin temel metabolizma ve çoğalma için olduğunu tanımlamak (buna minimal genler diyebiliriz),

2- Bu genleri birbirine ekleyerek, minimal gen takımını yapay olarak oluşturmak,

3- Genlerden proteinler sentezlenebilmesi için gerekli olan diğer organik ve inorganik molekülleri tanımlamak,

4- Kendi kendine yeten ve hayatta kalan 'hücreyi' yaratmak?...

Bu proje kimilerine Frankenstein'ı hatırlatabileceğinden, hem yasal hem de ahlaksal bazı sorularla karşılaşılması kaçınılmaz. Stanford Üniversitesi Biyomedikal Ahlak Merkezi araştırmacılarının da belirttiği gibi, minimal genomun tanımlanması ve sentezlenmesi projesini, yaşamın DNA'dan ve moleküllerden başka bir şey olmadığını kanıtı olarak görmek ve bilim dünyası ile dini karşı karşıya getirmek doğru olmayacaktır.

Mycoplasma genitalium'da tanımlanmış olan minimal genler kümesi, buzdağının sadece görünen kısmı. *Mycoplasma* genlerinden pek azı biyosentez veya metabolizma ile ilgilidir. *Mycoplasma* daha çok çevresinden (insandan) taşıdığı hammaddelerle yaşayabilir ve bu nedenle, örneğin insanda kullanılan bazı biyokimyasal tepkimelere gerek duymaz. Kullandığı temel metabolik yollar daha çok, doğrudan enerji üretimi sağlayacağı glikoliz gibi yollardır (altı karbonlu şeker olan glükozun yakılarak enerji üretilmesi). Dolayısıyla bu tepkimelerde kullanacağı enzimlerin (tepkimleri çabuklaştıran katalitik proteinler) genleri, *Mycoplasma* için vazgeçilemez öğeler.

Bu bilgi doğrultusunda 'Birden fazla minimal genom mümkün olabilir mi?' sorusu da gündeme gelebilir. Organizmanın hangi şartlar altında yaşamını sürdürdüğüne ve kullandığı metabolizmaya bağlı olarak, farklı gen kombinasyonların minimal genom olarak tanımlanması son derece olası.

'Bir canlı yaratmak' için, bu amacın gerektireceği diğer moleküllerin de, (protein, lipid, şeker gibi) hangi metabolik olaylar için gerekli olduklarının ayrıntılarıyla araştırılması ve bilinmesi gerekir. Her ne kadar temel biyoloji



Daha sonra Celera Genomics şirketini kurarak insan gen haritasını çıkartan TIGR araştırmacısı Craig Venter

derslerinde bu moleküller bizlere öğretilmişse de, bilimiz -klon Dolly'lerin çağında yaşıyor olmamıza ve 'Jurassic Park' bilimkurgularına karşın- bu molekülleri DNA ile birleştirip bir 'hücre' oluşturabilmekten henüz çok uzaktır.

Minimal genoma sahip minimal organizmanın yaratılması fikri, bilimsel olarak değişik açılardan önem taşır: Böyle bir adımın, yaşamın ve evrimin sınırlarına ışık tutmak bir tarafa, günlük yaşamımızda yararlanabileceğimiz uygulamaları da olacaktır.

Bakteriler uzun zamandır, değişik 'ürünler' elde etmek için yaygın olarak kullanılıyor. Örneğin, hastalıkların tedavisinde kullanılan insülin ve benzeri proteinlerin üretiminin yanı sıra, toksik atıkların zararsız maddelere dönüştürülmesinde olduğu gibi. Minimal organizmayla bu ve benzeri ürünler, belki de çok daha az enerji maliyetiyle ve çok daha az atık madde ile üretilabilir.

Öte yandan, hastalık yapıcı mikropların (patojenlerin) genomlarını çalınan büyük ölçekli ve bütçeli Genom Projeleri sonucunda, hastalık yapıcı genlerin tanımlanmasıyla birlikte, potansiyel 'biyolojik silah' niteliğinde organizmaların yaratılacağı yönünde ciddi endişeler bulunuyor. 1999 yılında radyasyona dayanıklı *Deinococcus radiodurans*'ın genom dizisinin belirlenmesi, Mart 2000'de menenjitte sebep olan *Neisseria meningitidis* genomunun ve Mayıs 2000'de cüzzama yol açan *Mycobacterium leprae* genomunun dizilişinin belirlenmesi, bazı çevreleri sevindirirken, diğer çevreleri de etik yönden endişelendirmekte.

Bunun sonucu olarak bilim adamları, politikacılar, hukukçular, hepimiz kendimize şu soruları sormalıyız: Bilim kontrol edilmeli midir? Bilimi kim,

hangi kuruluş, ne ölçüde kontrol edebilir? Genom Projeleri mi, yoksa bu bilgilere erişim mi kontrol edilmelidir? Yoksa bilimin nasıl uygulandığı mı? Genetik olarak değiştirilmiş organizmaların (GMO) doğanın ürünü olmadığı, dolayısıyla patentlenebilecekleri öne sürülüyor ve günümüzde kabul gören bazı uygulamalar, bilim adamlarının genetik bilgi ve malzemeye ulaşımını engelliyor. 'Minimal organizmalar' da patentlenebilecek mi? Bu konularda ciddi bir yasal çerçeveye gerek var. Minimal genom projesi ve projenin ileri aşamaları temel ahlak kurallarını çiğnememekle birlikte, bu projelere paralel olarak bazı temel sorulara, şimdiden cevap aranmaya başlanması gerekiyor.

Bilim sonucu edindiğimiz bilgilerin 'kötüye' kullanılabileceği endişesi, insanlarda her zaman var olagelmış. Ancak bu korkuyla 'bilim yapmamak' ya da bilimi 'geriletmek,' toplumlara çok daha büyük zararlar vermekte. Hızla gelişen bu bilim dalında gelecek yüzyılda, hatta daha yakın bir gelecekte çok daha büyük adımların atılacağı kesin ve bu bilim yarışında yerimizi almamız şart. Bu nedenle hem, temel bilimlere ciddi bir şekilde destekleme politikaları geliştirilmeli, hem de ahlaki ve yasal çerçevelerin hazırlığına başlanmalıdır. Bilim bir merak; bazı sorulara cevap arar. Minimal Genom Projesi'nin sorduğu sorularsa oldukça büyük, karmaşık ve cevaplarını hepimizin merakla beklediği sorular.

Işıl Aksan
Dr., Boğaziçi Üniversitesi Öğretim Görevlisi

Kaynaklar
Cho et al, Science 1999 286:2087
Fraser et al Science 1995 270:397
Hagmann et al Science 2000 288:800
Hutchinson et al Science 1999 286: 2165
Tettelin et al Science 2000 287:1809
White et al Science 1999, 286:1571-77



Gen Teknolojisiyle Birlikte Yaşamayı Öğrenmek İçin Düşünme Hazırlıkları Hazır mıyız?..

DÜNYA DEDİĞİMİZ bu gezegende insan, bilgi ve hüneriyle varolmaktadır. Eski Yunanlılar insan hünerine tekhnê diyorlardı: Topraktan ürün alma, hayvan yetiştirme, yol, köprü, bina yapımı, ev eşyası imâlî, silah üretimi; tıp ve bugünkü anlamıyla mühendislik, tümüyle tekhnê kavramı altında toplanabiliyordu. Çağımızda kullanılan, "teknik", "teknoloji" sözleri bu kavramdan türetilmişti. Bilgi, bilinen konunun, bilinen nesnenin "uzağında" kalınarak, araya mesafe sokarak, seyretme (temâşâ) tutumu içinde gerçekleştiriliyorsa, buna "theoria" deniyordu. Batı kültürünün bilim ve felsefede beşiği sayılan Eski Yunan toplumunda o zamanın bilim adamları filozoflar, bilgileriyle "hakikati" arıyorlar; evrende olup bitenleri anlama, açıklama çabası içinde, çıkarsız

bir "saf" bilgiyi elde edebilme amacıyla, bilgelik sevgisi (philo-sophia, felsefe) taşıyarak, ona ulaşma yolunda kendilerini bilim (epistemê) hayatına adıyorlardı. Teknoloji kendi iç işleyişi içinde, ustadan çırağına aktararak sürdürülüyor, insanın kullanımına bir araç (organon) olarak sunuluyordu. Thales gibi kimi filozofların, bugünkü anlamıyla mühendislik becerileri varsa da bilgi ve "hüner", ("theoria" ve "tekhnê" anlamında), dünyayı olduğu gibi "çıkarsız" anlama, kavrama, olayları önceden kestirme ve teknolojik bilgilerle beceriler olarak, insanlık tarihinde ayrı ayrı gelişmelerini sürdürüyordu.

Modern bilimin Galileo ile başlatılabileceğimiz oluşumunun ardından gelen sanayi devrimiyle bilgi ve hünerin giderek birbirlerine yaklaşması sonucu, "mühendislik" denen bir çalışma alanının ortaya çıktığını görüyoruz. Baştan

beri, bilgi ve teknolojisiyle insan, yaşayışındaki zorlukların üstesinden gelmeyi, daha rahat, daha anlaşılır, daha güvenilir, önceden görülebilir, bir anlamıyla denetlenebilir bir yaşama ulaşmaya çalışıyordu. Yeni bir binyılın eşğinde teknolojinin hızı, bizi karşı karşıya bıraktığı, şimdilik yorumu güç yeniliklerle, bu anlaşılabilir, denetlenebilir yaşamı sanki elimizin altından almışa benziyor. Genlerimize yönelmiş bir teknoloji, biyo-teknoloji, cansız doğaya yönelmiş teknolojiye daha kaygı verici sonuçlara yol açabileceği korkusu yaşatabiliyor. Genler üstüne geliştirilen teknoloji, gen mühendisliği, hızlı atılımlarını gerçekleştirdiği son dönemlerini göz önüne alırsak, aşağı yukarı elli yıllık bir geçmişe sahip. Daha yolun başında. Gen mühendisliği, toplumsal, kültürel, ahlaksal sonuçları çok yoğun bir mühendislik. Belki bu önemi vur-

gulamak amacıyla ben bu mühendisliğe cân mühendisliği diyorum. Gen, yalnızca canlılığı değil, onun ötesinde insanı insan kılan, duygu düşünce ve kültürtü, tarihi de kapsayan bir söz. Gen mühendisi insanın cânıyla ilgili bir alanda çalışıyor. Geni tanımak, insan bedeninin oluşumundaki etkilerini belirlemek, bu bilgiler doğrultusunda gerekli müdahalelerde bulunmak uğraşı içinde, daha iyi, daha güzel, daha âdil bir dünya için, iyileştirmelerde bulunmanın sorumluluğunu taşıyor.

Gen Teknolojisinin Sunduğu Bazı Olanaklar

Genetik bilim ve teknolojisi insan yaşamına olumlu olanaklar sunuyor; Bedeniyle ilgili hastalıklara, özörlölere çäre olabilecek. Hastalıklara olan yatkınlığımızı önceden görebileceğiz; doğum öncesi, doğacak çocuğun gen yapısı saptanarak olası hastalıklarına "müdahale" edilebilecek; çocuk sahibi olmak isteyen çiftler, genetik danışmanlara başvurarak, çocukların herhangi bir hastalık, özür ya da eksikliğinin olup olmayacağını öğrenebilecek. Yeni doğmuş bebeklere, ileride yakalanabilecekleri olası hastalık durumlarına göre gen sağaltımı (tedâvisi) uygulanabilecek. Alkolizm, madde bağımlılığı, suç yatkınlık gibi sorunlar, genetik yapının tedavisiyle ortadan kaldırılmaya çalışılacak.

Tohumların genetik olarak ıslâhı sağlanarak, ziraat, daha önceki çalışmalarının birikimiyle, gen teknolojisinin yeni atılımları doğrultusunda, daha verimli, daha dayanıklı, besin gücü daha yüksek ürünlerin elde edilmesine yönelecek, hayvancılık gelişecek. Beslenme, genetik donanımımıza daha uygun duruma getirilmeye çalışılacak. İlâç sanayii, "gen sağaltımı" ve "gen bakımını" desteklemek için gelişimler yaşayacak.

Uzak ama tehlikeli sonuçları olan bir fantezi gibi görünse de, insan bireyinin kopyalanması, daha zeki, daha güzel, yetenekli, istenilen becerilere sahip bireylerin, giderek, birey topluluklarının oluşturulması söz konusu olabilecek; insan genetik kökeni olan hastalıklardan kurtarıldığında, organiz-

mayı daha dirençli duruma getirebilecek genetik katkılarla, daha uzun bir yaşam süresine kavuşacak, olumlu açılardan bakıldığında, insan bireyi, yaşam deneyimini, bilgi birikimini, erken gelen kesintilerin uzağında, kullanabilecek.

Gen Teknolojisiyle Yaşamın Eşliğinde

İnsan her organizma gibi "gen"leri olan bir varlık. Dünya gezegenindeki serüveninde, binlerce yıl genlerinin farkına varmadan yaşamış. Bir deyişle, umarım uygun bir deyiştir, "gensiz yaşam"dan, "genli yaşam"a geçmektedir artık. Genleri hep vardı ama, insan genlerinin bilgisine, onların yapısını etkileme hünerine eriştikten sonra, "genli yaşama" girmek üzere. Fabrikalarda seri üretiminin gelişmesindeki, elektronik sanayiinin bilgisayarlarda ve haberleş-



me araçlarında ve onların kullanımında ortaya çıkan olanaklar karşısındaki şaşkınlığımız gibi; bu, teknolojinin yol açtığı "genli" yaşama alışmada, onu duygusal, düşünsel olarak içimize sindirmede zorlanacağız. Ekonomik, politik, toplumsal, psikolojik, ahlaksal, felsefi sonuçlarını kestirmede sıkıntılarımız olacak. Yeni binyıla, "genli" bir yaşamla giriyoruz. Umut ve korkuyla. Umudumuzda da korkumuzda da, bu "genli" yaşamın insanlığa neler getireceğini bilmedeki, bu teknolojinin gelişim çizgisini, yol açacağı değişikliklerin neler olacağını tahmin edebilmedeki zorluklar yatıyor.

Umutluyuz: Güzel bir dünya bekliyor bizi. Özörlö, engelli, hasta, yorgun insanların sayısının azaldığı bir dünya. Besin üretimindeki gen teknolojisinin katkısıyla, açlığın ortadan kalktığı bir dünyada, kendi genlerinin yapısını, so-

runlarını bilen insan, diğer canlı türlerine daha az zarar vererek, doğal çevresine daha az müdahale edecektir. Ormanları tahrip etmeyecek, havayı, suları kirliletmeyecektir. Genli yaşam bilinci, onda, kendine, diğer insan bireylerine, canlı türlerine, doğaya, evrene saygıya dönüşebilecektir. Sağlıklı beden, sağlıklı ruha; sağlıklı ruh, sağlıklı bireye; sağlıklı birey, sağlıklı topluma; sağlıklı toplumsa, sağlıklı dünyaya, sağlıklı yaşama olanak sağlayacaktır.

Bu yorum, umutlu yorum, iyimser yorum. Kötümserlik de hazır, gelecek kaygısı eşikte bekliyor. Kaygı, her zaman bir olumsuzluk değildir. Bizi olası tehlikelere karşı hazır kılar. Gevşeyip, gerçekliği yitirmemizi engeller.

Kaygı, bilgi ve teknolojinin sınırlarını, sonuçlarını bilememekten kaynaklanıyor, öncelikle. Gen bilgisi, başımıza bir "iş" çıkarır mı? "Canavarlar" yaratabilir miyiz istemeden de olsa? Belki de isteyerek? Bilgimizle irademiz arasında bir boşluk da olabilir burada. Biliriz, ama ya bilgimizi gerçekleştiremezsek? Engellenirsek örneğin? Bilim adamlarından ya da gen teknisyenlerinden, "zorla", genleri, insanlık için tehlikeli olabilecek biçimde değiştirmeleri istenirse? Burada, bilgi ve teknolojinin "dışarıdan", politik güçler tarafından yönlendirilebileceği kaygısıyla karşı karşıyayız. Teknoloji, "kötü ellere" düşebilir; bilimsel bilgi yok edici güç elde etmek amacıyla kullanılabilir: Burada, teknik insanın, bilim insanının sorumluluğu çok önemli: Kötü ellere karşı verilecek savaşım, onun taşıdığı ahlaksal sorumluluk, gelecek kaygımızı azaltacaktır.

Kısaca özetlendiğinde, tehlike beklentisi:

- a) Bu alanın bilgisine yeterince sahip olamamaktan,
- b) Sahip olduğumuz bilginin, bilemeyeceğimiz sonuçlarından,
- c) Bu bilgiyi kullanabilecek güce sahip olamamaktan (örneğin başkaları tarafından kullanılmaktan)
- d) Bilgimiz ile onu hayata uygulayacak teknoloji arasındaki boşluktan,
- e) Bilginin insanlığın değerlerine, yaşamına zarar verecek biçimde kötüye kullanılma olasılığından,
- f) Gen teknolojisine sahip olup, bunu bir "pazar" olarak gören, kendi çıkar-

ları doğrultusunda, bu teknolojiyen "haksız" kazanç elde etmek isteyen güçlerin harekete geçebileceği kaygısından,

g) Gen teknolojisiyle dünyayı ele geçirmeye, sömürmeye kalkabilecek "şeytânî" etkinliklerin gerçekleşebilmesi olasılığından,

h) İnsan türünü geliştirmek amacıyla, diğer türlerle gen ilişkisine geçilme-ye kalkışılmasından doğabilecek, "ucube" varlıklar, "hilkat garibeleri" çıkabileceği korkusundan,

kaynaklanıyor.

Bu umutlar ve kaygılar karşısında gen teknolojisiyle yaşayacak insanın, "genli yaşamına" nasıl hazırlanabileceğini tartışmaya geçebiliriz.

Genli Yaşamın Sorunları

Gen teknolojisinin yol açabileceği sorunlara karşı önlemler şimdiden alınmaya başlıyor. Bu teknolojiyle ilgili ülkeler, ahlak açısından insan olma onuruna, hakkına ters düşecek girişimleri engellemek için aralarında anlaşmalar yapıyorlar. Gen ahlakının temel ilkelerini çıkarıp, tarafları bağlayıcı sözleşmelere gitmek istiyorlar. Gen ahlakından, gen hukukundan geçerek, teknolojinin olası kötüye kullanımını engelleyecek yasal önlemleri almaya çalışıyorlar.

Teknoloji insan yaşamının bütün boyutlarına sızan etkiler taşıyor. İşte, gen teknolojisini değerlendirirken bu farklı boyutları göz önüne almamız gerekiyor: Onun ahlak, politika, kültür, ekonomi, felsefe alanlarına etkilerini anlamaya çalışmak, ne denli erken görülürse görülsün, şimdiden bu teknolojinin yaratacağı "genli yaşam"ın sorunlarına kendimizi hazırlamayı sağlayabilir.

Gen ahlakı, canlılık ahlakının, biyotetik'in ya da tıp ahlakının içinde de tartışılabilir. Bu yazının sınırları içinde böyle bir tartışmayı hazırlamak üzere "gen" kavramının bilgi kuramı (epistemoloji) açısından kısa bir sorgulamasını yapmak gerekiyor.

Bir genin yapısını, işleyişini, insan bedeninin bütününe etkisini ne kadar

biliyoruz? Ziraat, hayvancılık ve tıp alanında alınmış kimi başarıların yanında, bu teknolojinin dayandığı kuramın (teorinin) dayanakları nelerdir? Tek bir genin eksikliği ya da varlığı hep aynı sonuçlara mı yol açıyor? Yoksa, örneğin, çevre etkileriyle farklı sonuçlara çıkabilir mi? İnsanın bedensel özellikleri, salt genlere, gen dizilerine mi ait yoksa, genetik donanımın bütünlüğü, parçalarını etkiliyor mu? Genler birbirlerinden bağımsız atomlar gibi mi ele alınmalı? Aralarındaki bağıntılar mı, bu bağıntıların o organizmanın bütünlüğü ile bir tür ilişkisi mi, genetik sonuçların etkinliğini sağlıyor? Bedenin genetik yapısındaki değişimler, "duygu" dünyamızı nasıl etkiliyor? Duygularımızın genler üzerine etkisi var mı? Düşüncelerimizle, hayata verdiğimiz anlamla, örneğin iyimser, sevgi dolu bir bakışla yaşamamanın, genetik haritamızı, genetik donanımı-



mızı etkileyip etkilemediğini biliyor muyuz? Gen haritasından, organizmanın geleceğini, örneğin ileride belli hastalıklara yakalanıp yakalanmayacağını söylerken, genetik alanını belki bir olasılıkla etkileyebilecek çevre koşullarını, o organizma insana aitse, o insanın duygu, düşünce dünyasını, inançlarını, hayata yüklediği değerlerini, sanatla, bilimle uğraşıp uğraşmadığını, sağlıklı toplumsal ilişkiler yaşayıp yaşamadığını ne denli göz önüne almalıyız? Öyleyse, özetlendiğinde, bir genin: a) diğer genlerle b) hücrenin diğer elemanlarıyla c) Bedenin (organizmanın) bütünüyle d) ruh yapımızla e) hayata verdiğimiz anlamla f) çevreyle ilişkisi olabileceği olasılıklarını göz önüne almak gerekmez mi? (Gen bilimcileri elbette çoğunlukla bu tür epistemolojik kaygılar taşıyorlar. Genetiği şapkadan tavşan çı-

karmaya çalışan bir sihirbaz gibi gören insanlara soruluyor bu sorular.) İnsan bireyi, salt bedeninden oluşmuyor; bedeni, duyguları, düşünceleri ve çevresiyle bir bütündür, o. Genin o bireyin bütün yaşamını, karakter özelliklerini tümüyle belirlediğini sanma, biraz teknik deyimle, gen fatalizmi (yazgıcılığı, kaderciliği) bir yanılgı olabilir. Umut-suz hastalara, hasta yakınlarına, gen terapisini, hücrelerinin belli parçalarını değiştirdiğimizde hastalıklarının tümüyle ortadan kalkacağı biçimde yanıltmak, hem gen epistemolojisi hem gen ahlakı, tıp ahlakı açısından doğru olmasa gerekir.

Bu sorgulamaların, açıklamaların ardından, insanların genleriyle "oynanmasının", gen yapısının ortaya çıkarılmasının, yaşamlarında yol açacağı sorunların hemen ikisinden söz edebiliriz. Gen haritası, çıkarılmış birey hakkındaki bilgimiz gizli tutulmalıdır (Belki kendinden bile!). Gen dizilişindeki sorunlar, onun "ileride" yakalanabileceği hastalıkları gösterdiğinde, en azından hiçbir işveren (ya da çok azı) ona iş vermeye râzı olacak, hiçbir sigortacı onu sigorta yapmak istemeyecektir ya da bu iş için çok para isteyecektir. Belki dostları, sevgilisi, onu terkedebilecektir. Durumunu öğrendiğinde intihar etmek isteyebilecektir. Genetik danış-

man olarak bu durumda ne yapmak gerekir? Bu bilgi aile yakınlarına nasıl söylenecek, onları nasıl etkileyecektir? Özel yaşam ile kamusal yaşam arasındaki ayrım; nelerin, hangi bilgilerin gizli, nelerin, hangi bilgilerin açık olacağı sorununa yeni boyutlar kazandırmaktadır, burada.

Yine, "genli yaşamın" ilk göze çarpan görünüşlerinden biri de gen haritasını çıkartmak isteyen insanların talepleriyle oluşacak gen danışmanlığı pazarının ortaya çıkışıdır. Bu danışmanların ahlakı, gen danışmanlığı ahlakı, tartışılması, temel ilkelerinin belirlenmesi gerekli, önemli bir meslek ahlakı olarak görülmüyor.

Genlerimizden sorumluyuz. İnsanlığımızdan sorumluyuz. Bu gezegenindeki yaşamı ortadan kaldırmaya ya da ayrıcalıklı bir topluluğun çıkarları doğ-

rultusunda diğer insanları ezmeye, sömürmeye yönelik girişimlerin engellenip, yok edilmesi, insanın insana duyduğu saygı ve sevgi gibi temel duyguların, düzensiz, sığ ölçülerde, kullanıla kullanıla yozlaştırılmış anlamlarını gen ahlakı açısından, yeniden oluşturmakla olanaklıdır. Zenginler, gücü elinde tutanlar, kendilerinin, doğmuş ya da doğacak çocuklarının genlerini onartabilecek, geliştirebilecek ya da yoksulları, kendinden olmayanları, genetik yoksulluğa, hastalığa uğratarıp, sömürebilecektir. Bütün bu olumsuzluklara, düşünsel yönden karşı çıkmak amacıyla bir gen felsefesi, geno-philosophia oluşturulabilir. Genli yaşamda insan olmanın sorumluluğu çok daha artacaktır. Çünkü insan, kendi bedenine, kendi "doğa"sına, geçmiş dönemlere göre daha yoğun biçimde etki edebilecektir. Burada yapacağı, bilgisel, teknolojik, ahlaksal bir yanlış, insan türünü, giderek gezegendeki hayatı, bizim için yaşanmaz doğrultuda dönüşüme uğratabilecektir.

Belki, gelecekteki bir gen ahlakını ele alışımızda dayanmamız gereken, insana özgü temel değerlerden şu anda önemli görünenleri şunlar olacaktır:

1. Özerklik. İnsan kendi kendine karar verebilen, kendi ayakları üstünde durabilen bir varlıktır. Genleri üstünde hakkı vardır.

2. Saygınlık. İnsan onurlu, saygın bir varlıktır. Evrende, diğer varlıklara, yaşanan hayata karşı taşıdığı sorumluluk, bu sorumluluğu yerine getirme kaygıları, onun saygınlığını pekiştirmektedir. İnsan saygındır, çünkü, evrendeki yaşama saygı duyar, kendine, kendi türdeşlerine saygısı, özsaygısı vardır. Hayatı güçlendirmek, desteklemek, değerini yüceltmek için ürünler ortaya koymaya çalışması bu saygınlığın belirtirlerindendir.

3. Dokunulmazlık. İnsan dokunulmazlığı olan bir varlıktır. Saygınlığının bir sonucu olarak o, Kant'ın dediği gibi bir "amaç"tır, araç olarak kullanılamaz. İnsan genleriyle motor parçalarıyla oynar gibi oynayamazsınız. Onu "eğip bükerek", bir "köle", bir araç gibi kullanamazsınız. Genetik müdahale, bu dokunulmazlığından dolayı, ancak rızâ sonucu, o insanın müdahaleyi kabul etmesi sonucu yapılabilir.

4. Bütünlük. İnsan bir bütündür. Bedene müdahale, ruhuna, düşüncesine, değerlerine, kültürüne, çevresine

müdahale anlamına gelir.

5. İncinebilirlik. İnsan, Levinas'ın da belirttiği gibi incinebilir, kırılabilir bir varlıktır. Bundan dolayı özen gösterilmesi, ilişkiye geçilirken dikkat edilmesi gerekir.

İnsan özerk yanıyla kendi hayatını oluşturma gücüne sahip, dokunulmazlığı, incinebilirliği ile de aracı olarak kullanılmaması gereken bir varlık olarak ortaya çıkıyor.

6. Anlamlarla Yaşayan (Noetik) bir varlıktır, insan. Özerk yanıyla, kendinden milyonlarca yıl önce oluşmuş, onsuz bir o kadar yaşamış, doğanın bir parçası olarak, kültürü, ahlakı, sanatı, bilimi, değerlerini yaratır. İnanır, inançlarına saygı duyar. Kendisinin doğal yanını denetleme bilgisine, hünerine ulaşmaya çalışıyor. Bunu bütünlüğünü, saygınlığını unutmadan yapmalı. Yüksek değerler, yaşamı geliştirip, zenginleştirici idealler için gerçekleştirilmeli. Bedenindeki genleri, ondaki cânı oluşturuyor, cânı anlamlar veriyor hayatına. Genleriyle oynandığında, yalnızca bedensel değişikliklere uğramayacak, insan "nooesferi", anlam küresi, anlam dünyası değişecektir. Somatik (bedensel. Eski Yunanca'da "soma"beden anlamına geliyordu) genlerin, organizma hücrelerine ait genlerin yanında, belki bir benzetmeyle söylersek, noetik dünyamıza, anlam dünyamıza, sanat, ahlak, bilim, düşünce hayatımıza ait genlerimiz de olabilir.

Somatik genlerin yaşamın her şeyi olduğunu sanma yanlışlığına düşmemek gerekiyor. Salt somatik genlerimizle oynayarak "mutlu", "akıllı", "yaratıcı" olabileceğimizi sanmamalıyız. Yaşamın değişik boyutlarından söz ettik: Somatik yapımızın yanında, duygu, düşünce, çevresel yapımızı unutmamalıyız. Yaşamın diğer boyutlarının somatik boyuta indirgenebileceğini düşünen, savunan düşünürler vardır: Bu indirgenme sorunu, basite indirgenemeyecek, kavramsal ve olgusal zorluklar taşır. Bir felsefeci olarak, burada tartışamayacağım dayanaklarımdan yola çıkarak, insanın, insan varlığının özelliklerinin, salt bedenden, salt bedenindeki genlerinden oluştuğunu sanmanın yanıltıcı olduğunu düşünüy-

yorum.

"Genli yaşamda", gensiz yaşamdaki kimi kavramların "metafizik", belki kültürel ya da bilimsel anlamları dönüşüme uğrayabilir. Örneğin, "doğa" artık bizim de giderek müdahale ettiğimiz bir alan olduğu için, "doğal", "yapay" kavramları yeni yorumlar kazanacak. "Klonlama" gibi teknolojilerin ardında, "üreme" kavramı sorgulanabilecek; genlere müdahale ile insanın evrim boyunca değişimlerini "geriye" çevirebileceğimiz düşüncesinden kalkarak, "zaman", "tarih", genetik yapımıza bağlı olarak yaşadığımız savı ortaya atılabilecektir. "Birey" kavramı, "dışarıdan", genetik müdahale ile değişiklik tehditleri karşısında, "klonlama" olgusu göz önüne alındığında, yeniden gözden geçirilmesi gereken kavramlardan biri. "Özgürlük" de, bizi belirlediklerine göre, genlerin bizden özgür olup olmadıkları gibi sorular sorabilen felsefeciler önünde, yeni anlamlar kazanabilecek bir kavram olarak görülüyor. (Soru: Genler, "bizi"-salt bedenimiz mi?- belirliyor da, "biz", genleri belirlemiyor muyuz?)

Sonuç

Gen teknolojisindeki gelişmeler karşısında telâşa gerek yok. Genler, öyle sandığımız gibi bizi hastalıklardan, özürlülerden, yaşama sorunlarından "hemen", kurtarabilecek, sihirli formüller değildir. İnsan karmaşık bir varlık; insan yaşamı da hemen matematiksel kesinliklerle çözülebilecek sorunlar taşıyor her zaman. Bu gerçek, bizi umutsuzluğa itmeli. İrkçılık, yoksulların, kadınların ezilmesi, dünyayı yapay insanların istilâ edileceği, insanların genlerine müdahale ile özerkliklerinin, insan olma onurlarının ortadan kaldırılacağı endişesi geleceğe bakışımızı karartmasın.

İnsan, "genli yaşam" serüveni içine girmiştir. Tarihi boyunca ağır bedeller ödemiş de olsa, insan hâlâ geleceğe umutla bakabilecek gözlerini yitirmedi: Hızla değişen dünyasında ne olup bittiğini görüp yorumlamaya, olası tehlikelere karşı kendini korumaya çalışmaktadır. Bu yazı da, bu dünyanın perdelerini kaldırma çabası içinde, okura ihtiyatlı bir umut yolu göstermektedir.

Ahmet İnam
Prof. Dr., ODTÜ, Felsefe Bölümü



Genom Projeleri ve Türkiye

Ülke olarak, istesek de, istemesek de, insanlığın bu yeni macerasının dışında kalamayız. İnsanlarımız bilimin bu yadsınamaz zaferinden en iyi biçimde yararlanmalı, dışa bağımlı ve bilinçsiz uygulamalardan doğabilecek risklerden de korunmalı. Bunu sağlamanın yolu, genom projeleri ve sonuçları konusuna özgün olan bir ulusal planın hazırlanıp hayata geçirilmesidir.

iNSAN GENOMUNU oluşturan 3 milyar 200 milyonluk DNA dizisini okuyarak, insanı insan yapan yüzbin kadar genin kimliğini ortaya çıkarmak düşüncesi ilk ortaya atıldığı zaman, aklı başında bir çok insan, bunun gerçekleşmesi olanaksız bir hayal, hatta bir saçmalık olduğunu savundu. Bir çok bilim adamı, insan genomunun okunmasının tamamlanmasını görmeye ömürlerinin yetmeyeceğine inanıyor ve böylesine dev bir projeye ayrılacak kaynakların yaşam bilimlerinin diğer alanlarındaki araştırmalara ayrılacak olan bütçeleri kuşa çevirmesinden korkuyordu. İnsan Genom Projesi'nden yana olanlar ise bunun tam tersini, yani projenin 15-20 yılda bitirilebileceğini, üstelik proje sonuçlarının yaşam bilimlerinde bilimsel ve teknolojik devrimlere yol açacağını savunuyordu.

Sonunda hayali, umudu ve cesareti savunanlar kazandı. İnsan Genom Projesi beklenenden çok önce tamamlandığı gibi, daha bir çok canlı genomunun tanımlanması projelerinin devreye girmesine öncülük etti. Genom projeleri, yaşam bilimlerinde ve biyoteknolojide beklenmedik boyutlarda kaynak artışlarının gerçekleşmesine yol açtı. Bu artışın başlıca nedeni, genom projelerinden elde edilen bilgilerin, yeni teknoloji ve ürünlerin geliştirilmesinde bir lokomotif görevi yapmasıydı. Artık, günümüzdeki değeri milyarlarca dolara ulaşan biyoteknolojinin, yirmibirinci yüzyıla damgasını vuracak olan bir kaç teknolojiye birisi olacağından kimsenin kuşkusu yok.

Böylece, bilimsel bir merakın 15 yıl içinde, insanlığın geleceğine yön vermesine kesin gözüyle bakılan bir teknoloji fırtınasına dönüştüğünü izliyoruz. Ancak, bu teknoloji fırtınasının bütün insanlığın yararı ve mutluluğu için kullanılıp-kullanılamayacağını zaman belirleyecek. İnsanlığın önüne çıkan bu önemli fırsatın meyvelerinin eşit paylaşımının sağlanması bir yana, yanlış uygulamalardan doğabilecek olumsuz sonuçlar da insanların kafasını kurcalamaya başladı.

Genom projeleri ve biyoteknolojide beklenen olumlu gelişmelerin ve korkutucu senaryolara dönüşebilen yanlış uygulama risklerinin geniş bir

platformda tartışıldığı şu günlerde, bu yeni olguyu Türkiye açısından irdelemenin de zamanı geldi artık. Bu yazının amacı, genom projelerini kısaca gözden geçirerek, Türkiye için bazı önerileri tartışmaya açmaktır.

On beş yıl önce başlatılan İnsan Genom Projesi zaman içinde başka organizmaları da içine aldı. İnsaninki dışında öğrenmeye çalıştığımız diğer genomlar şunlar:

Hayvan genomları: İnsanıninkinin dışında çalışılan genomlar arasında model hayvanlarınkiler başta geliyor. Gelişim biyolojisini anlamakta kullanılan toprak kurdü (*Caenorhabditis elegans*) ve meyve sineği (*Drosophila melanogaster*)'nin genomlarının okunması tamamlandı. Şimdi bu genomlardaki genlerin ne işe yaradığı araştırılmakta. İnsanın da dahil olduğu memeli hayvanların biyolojisini araştırmakta model olarak kullanılan fare ve sıçan genomları üzerindeki çalışmalar bütün hızı ile sürüyor. Biyolojik anlamda insana en yakın olan şempanze genomunun çözülmesi, insanla diğer primatları birbirinden ayıran ve % 2 dolayında olduğu varsayılan farklı genetik özelliklerin ortaya çıkarılmasını sağlayacak. Genomları solucan, sinek ve fareninkiler kadar önemli olan diğer hayvanlardan, ekonomik değeri olanlar da (sığır, koyun, keçi, tavuk vb.) genom projelerinde şimdiden yerlerini almış durumdadır.

Bitki genomları: Model bitki olarak kullanılan *Arabidopsis thaliana* başta olmak üzere, tarımdaki ekonomik değerlerinden dolayı pirinç, buğday, arpa, patates, mısır, pamuk gibi bitki genomları üzerindeki çalışmalar da bütün hızı ile devam ediyor. ABD'de bir firma geçenlerde pirinç genomunun tamamen okunduğunu duyurdu. Diğer bitki genomlarının ise bir kaç yıl içinde çözülmesi şaşırtıcı bir gelişme olmayacaktır.

Mikroorganizma genomları: Genomları diğer canlılarinkine göre çok daha küçük olan mikroorganizmalar (virüsler, bakteriler, mantarlar vb.) aslında yıllarca önce genomları tanımlanmış olan canlılar. Ancak bu canlılar aleminde o kadar çok sayıda

farklı türler var ki, mikroorganizma genom projeleri, belki de, en uzun süren projeler olacak. Bu mikroorganizmalar bir kaç yönden önemli. Bir bölümü insanlarda hastalık yaptıkları için, diğer bir bölümü endüstriyel önem taşıdıkları için mercek altına alınmış organizmalar. Şimdiye kadar genomları çözülmüş olan mikroorganizmalar içinde hemen hemen bütün patojen insan ve hayvan virüsleri (hepatit virüsleri, AIDS hastalığına neden olan HIV, şap virüsü vb.), ülsere neden olan *Helicobacter pylori*, tüberküloz etkeni *Mycobacterium tuberculosis*, *Bacillus subtilis* ve endüstriyel üretimde önemli bir yeri olan bira mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) örnek olarak verilebilir. Ayrıca malarya etkeni *Plasmodium falciparum* ile menenjit etkeni *Neisseria*



meningitidis'in genomlarının okunması da tamamlanmak üzere.

Dikkati çeken diğer önemli bir gelişme de artık bir çok ülkenin Ulusal Genom Projeleri oluşturmaları. Aralarında Çin, Hindistan, Brezilya, Avustalya gibi ülkelerin yer aldığı bu ülkeler listesinde henüz Türkiye'nin adı yok. Bu eksikliğin başlıca nedenleri, ülkemizde bu tip çalışmalar için gerekli olan teknik altyapının parmakla sayılabilecek kadar az sayıdaki araştırma kurumunda var olması, daha da önemlisi, bu alana ayrılan araştırma bütçelerinin çok yetersiz düzeyde kalması.

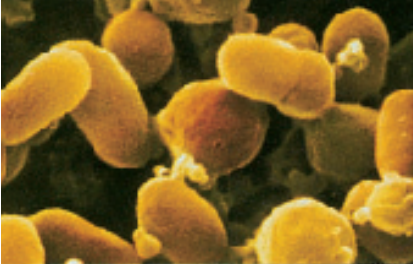
Buna karşılık, ülkemizin moleküler biyoloji konusunda yetişmiş insan gücü, komşularımıza kıyasla yeterli düzeyde. Ancak, ülkemizin moleküler biyoloji ve biyoteknolojide uzmanlaşmış insana olan gereksinimin hızla art-

ması beklenmekte. Bu kapsamda, ülkemizde ilk kez 1995'te eğitim vermeye başlayan Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümleri, sayıca artmakta. 2000 yılı itibarıyla bu alanda lisans ve lisansüstü (master ve doktora) eğitim veren 4 üniversitemiz (Bilkent, Boğaziçi, ODTÜ, Sabancı) bulunuyor. Ayrıca, bir çok üniversitede tıbbi biyoloji, genetik ve biyoteknoloji konularında yoğunlaşan lisansüstü eğitim verilmiyor.

Dikkati çeken ve sevindirici olan diğer bir gelişme de, moleküler biyoloji ve genetik alanında eğitim veren bölümlerin, üniversite adaylarınca en fazla tercih edilen yerler arasında yer alması. Ayrıca, yurtdışında da, bu alanlarda eğitim gören ve araştırma yapan Türkiye çıkışlı bir çok uzmanımız var. Bu düzenli olarak artan insan gücü potansiyeli, er-geç moleküler biyoloji, genetik ve biyoteknoloji alanlarında bilimsel ve teknolojik atılım yapmak zorunda kalacak olan ülkemiz açısından çok önemli bir kazanım.

Genom Bilimleri ve Biyoteknoloji, sadece ABD, Avrupa Birliği, Japonya için değil, Güney Kore, Çin, Brezilya, Arjantin gibi ülkeler için de, uğruna milyonlarca doların akıtıldığı ulusal önceliklerden. Bu yönelişin başlıca nedeni, genom projelerinin yaşamın hemen hemen her alanında uygulanabilecek olan sonuçları olması. Burada, uygulama alanlarının tam bir listesini sunmak olanaksız. Dolayısıyla, bu alanlardan kısa kısa ve somut örneklerle bahsederek, ülkemiz açısından dersler çıkarmaya çalışacağız.

İnsan Genom Projesinin Uygulama alanları: Çevreye uyum ya da uyumsuzluğun belirtisi olan sağlıklı yaşam ya da hastalık halinin bireyin genetik yapısıyla ilgili fizyolojik bir sonuç olduğu konusunda yüzlerce bilimsel kanıt bulunuyor. Bu kanıtların en kesin olanları, bazı genlerdeki değişiklikler (mutasyon) nedeniyle ortaya çıkan kalıtsal hastalıklar ve kanserler. İnsan genom projesinin en hızlı ve en yaygın uygulama alanları, daha iyi hastalık tanısı, hastalıklara genetik yatkınlığın erken ortaya çıkarılması gibi konular. Zaten, son 10-15 yıldır bir çok kalıtsal hastalığın genetik tanısı kona-



Haemophilus influenzae adlı grip bakterisi (solda), *Caenorhabditis elegans* (ortada) ve sirke sineği (*Drosophila melanogaster*) (sağda)

bilmekte. Bundan sonra bu yolla tanımlanan hastalıkların sayılarında hızlı bir artış beklenebilir. Gen analizleriyle hastalık tanısı ve risk analizleri, uzun yıllardan beri ülkemizde bir çok tıp fakültesinin Tıbbi Biyoloji ve Genetik birimlerinde ve bazı fen fakültelerinin Moleküler Biyoloji ve Genetik bölümlerinde yapılmakta. Son yıllarda Sağlık Bakanlığı'nın denetiminde Genetik Tanı Merkezleri kurulmaya başlanmış bulunuyor. Ancak, mevcut altyapı, ülke gereksinimlerini karşılamaktan çok uzakta. Dolayısıyla Türkiye'nin bu İnsan Moleküler Genetiği alanında yetişmiş uzmanlara gereksinimi var ve bu gereksinim yıldan yıla hızla artacak. Genetik hastalıkların tanısı, eğer tıbbi önlemler alınmazsa insanlara yarar yerine zarar getirebilir. Bu nedenle, başta gen tedavisi olmak üzere, risk altındaki bireylerin sıkı tıbbi izlenmesi, beslenme ve hayat tarzında yapılacak değişiklikler, kimyasal önleme (kemoprevansiyon) ve benzeri yöntemlerle bir çok hastalığın önlenmesi, hiç değilse geciktirilmesi, ortaya çıkan hastalığın tedavi edilmesi ya da hastalıkla birlikte iyi bir yaşam süresinin uzatılması gibi çözümler de genom projelerinin doğal sonuçları olmuş ve olmaya devam edecektir. İnsan genom projesinden beklenen diğer uygulamaların başında akıllı ilaç tasarımı, yeni ilaç denetim sistemlerinin ve farmakogenomik bilgiler yardımı ile "kişiye özel ilaç"ların geliştirilmesi, radyasyonun, mütajenik kimyasalların ve kanserojen toksinlerin sağlığa zararlı etkilerinin değerlendirilmesi ve engellenmesi, kalıtsal mütasyon olasılığının azaltılması gibi konular yer almakta. İnsan genomuyla ilgili uygulamalar, etik olarak denetlenmesi gereken uygulamalardır. UNESCO İnsan Genomu ve İnsan Hakları Evrensel Beyannamesi'nin öngördüğü etik kurallar çerçevesinde ulusal düzeyde önlemlerin alınması gerekmektedir.

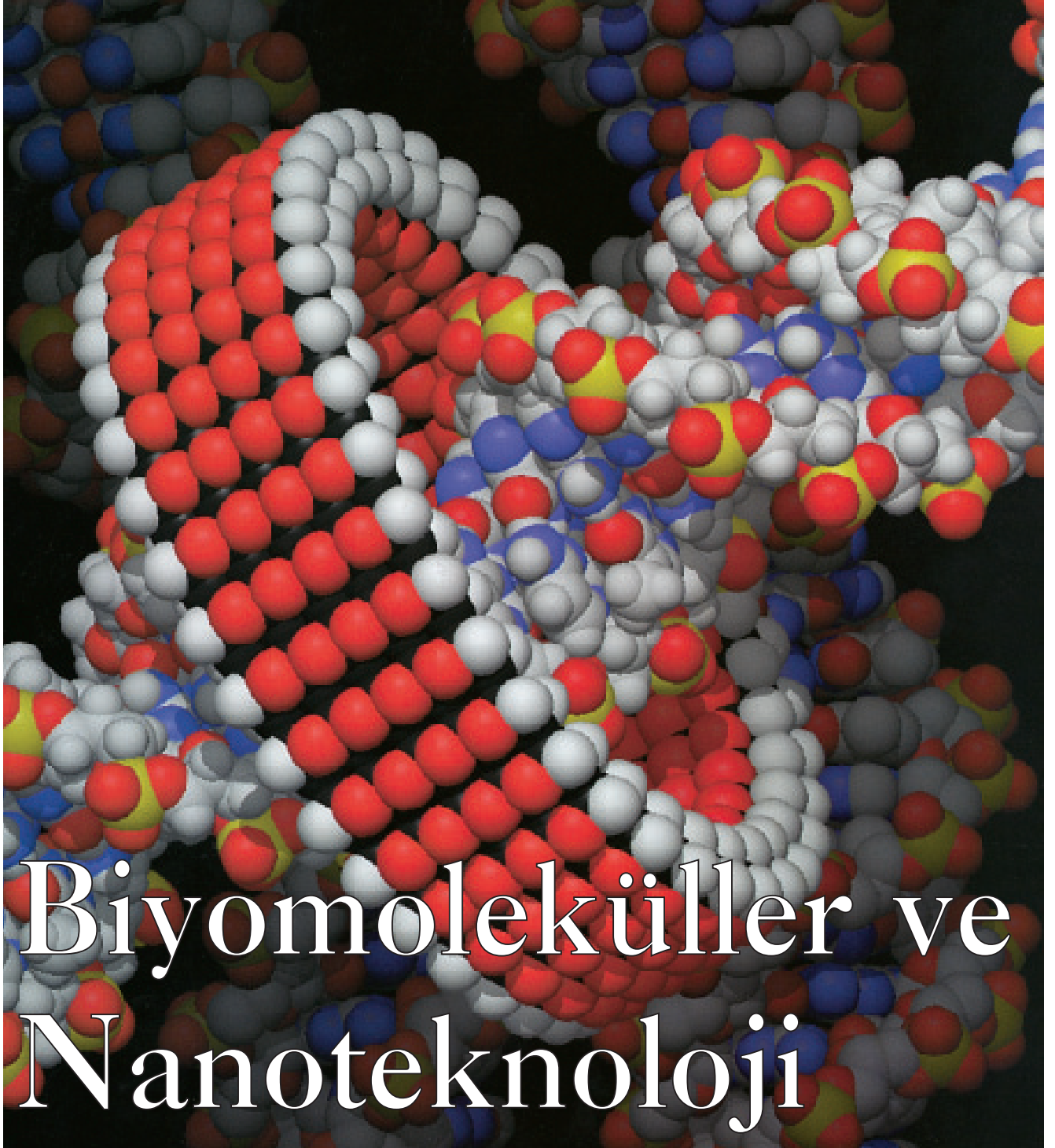
Bitki ve Hayvan Genom Projelerinin uygulama alanları: Özellikle ekonomik önemi olan bitki ve hayvan genomlarının tanımlanması, hastalıklara, haşarata ve kuraklığa dayanıklı bitkilerle, sağlıklı, verimli ve hastalıklara dayanıklı hayvanların geliştirilmesi için gerekli. Genetik olarak değiştirilmiş olan bitkilerin ekimi, ABD ve Latin Amerika ülkelerinde tarımın önemli bir uygulaması haline gelmiş durumda. Avrupa'daki gelişmeler de, genetik olarak değiştirilmiş bitkilere olan güvensizliğin zamanla azalacağına ve bu tip bitki ekimlerinin bütün dünyada yaygınlaşacağına işaret ediyor. Önemli bir tarım ülkesi olması yanında, bir çok tarım bitkisinin anavatanı olan ülkemizde, tarımsal bitkilerle hayvancılık alanlarında temel bilim araştırmalarının, biyoteknoloji projelerinin ve uygulama alanında denetim sistemlerinin geliştirilmesi, acil olarak ele alınması gereken konular. İnsan genomu ile karşılaştırıldığında, ülkemizdeki bitki ve hayvan genomu çalışma ve uygulamaları düşük düzeyde seyrediyor. Halen 2-3 kurumda sürdürülen bitki biyolojisi çalışmalarının desteklenmesi ve benzer kurumların sayılarının hızla artırılması, ayrıca hayvancılık alanında da çalışmaların başlatılması gerekiyor.

Mikroorganizma Genom Projelerinin uygulama alanları: Mikroorganizma genomlarının çözülmesi, her şeyden önce insan, hayvan ve bitkilerde patojen olan mikroorganizmalarla daha iyi savaşım yöntemlerinin geliştirilmesi (erken tanı yöntemleri, koruyucu aşıların ve yeni antibiyotikler geliştirilmesi vb.) için önemli. Ayrıca, bazı mikroorganizmalar, yeni enerji kaynaklarının (biyoyakıtlar vb.) geliştirilmesi, yaygın çevre kirliliği savaşmaları gibi konularda yararlı olacaklardır. Biyolojik ve kimyasal savaş-tan korunma, toksik atıkların güvenli ve yenilenebilir yöntemlerle ortadan kaldırılması ve benzeri konular da,

mikroorganizma genomlarından elde edilecek bilgiler yardımıyla daha kolay ve hızlı çözümlenebilecek olan konular arasında. Ülkemizdeki biyoloji araştırmalarının çok önemli bir bölümü mikroorganizmalar ile ilgili. Ancak, bu çalışmalarda moleküler biyoloji ve modern genetik yöntemleri henüz yaygın olarak kullanılmıyor. Mikroorganizmalar konusunda uzmanlaşmış olan laboratuvarlar, ülke açısından önemli bir kazanımdır ve bu laboratuvarların eksikliği hissedilen konularda desteklenmesi ile, genom analiz ve değiştirme yöntemlerinin uygulamaya konması bu kazanımın değerlendirilmesini sağlayacaktır.

Sonuç olarak; insan, hayvan, bitki ve mikroorganizma genom projeleri, onbeş yıl gibi çok kısa bir zaman diliminde, başta insan sağlığı olmak üzere, ekonomiye, tarıma, toplumsal ve hatta kültürel yaşantımıza yön veren etkinliklere dönüştüler. Ülke olarak, istesek de, istemesek de, insanlığın bu yeni macerasının dışında kalamayız. İnsanlarımız bilimin bu yadsınamaz zaferinden en iyi biçimde yararlanmalı, dışa bağımlı ve bilinçsiz uygulamalardan doğabilecek risklerden de korunmalı. Bunu sağlamanın yolu, genom projeleri ve sonuçları konusuna özgün olan bir ulusal planın hazırlanıp hayata geçirilmesidir. Kısaca Ulusal Genom Araştırmaları Projesi adı altında geliştirilecek olan bir programla tıp, eczacılık, tarım, hayvancılık, çevre ve endüstriyel üretim gibi çok yaygın bir alana dağılan genom uygulamaları, bağımsız, ama çok-katımlı bir bilim ve teknoloji projesi altında birleştirilebilir. Böylece, 5-10 yıl kadar kısa bir süre içinde genom bilimlerinin olumlu uygulamaları, ülkemizde de, insan sağlığının korunmasında ve özellikle tarımsal ekonominin geliştirilmesinde kullanılabilir hale gelecektir.

Mehmet Öztürk
Prof. Dr. Bilkent Üniversitesi, Moleküler Biyoloji Bölümü



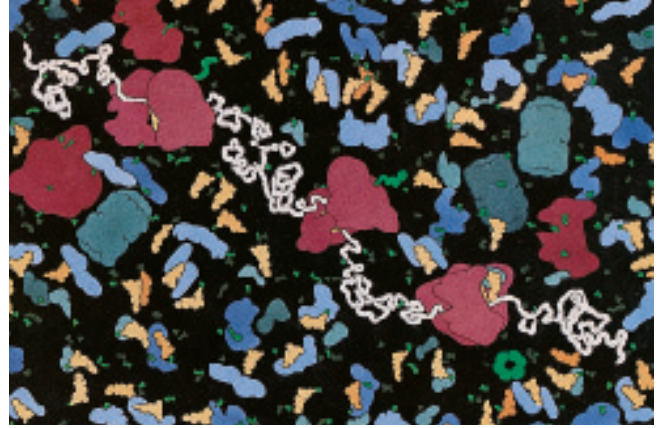
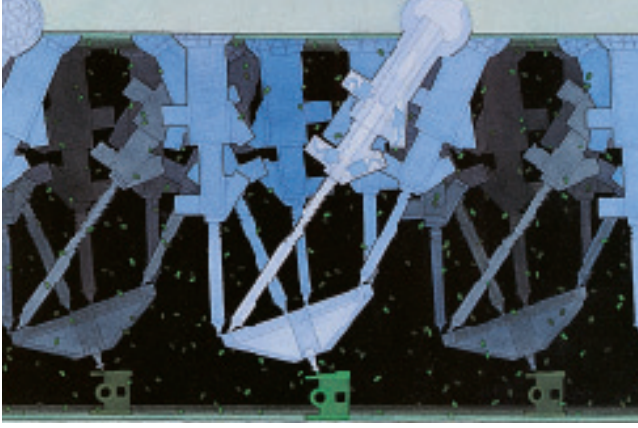
Biyomoleküller ve Nanoteknoloji

NANOTEKNOLOJİ, parçaları nanometre (milyarda bir metre) boyutlarında olan makineler yapmak anlamına geliyor. K.Eric Drexler, kitaplarında bu gibi makinelerin bilgisayar modellerini ve tasarımlarını inceledi: Nano ölçeğinde atom üstüne atom koyarak cisimler yaratmak, elmas benzeri karbon kristalleriyle bilya yatakları ve eksenler oluşturmak, molekülleri ayırmak için su dolabı gibi pompalar kullanmak ve parçaları atomik ölçekte olan çok küçük bilgisayarlar oluşturmak. Bu gibi nano-makineler iki amaca yönelik: her yapının ve etkinin atomik düzeyde bir duyarlılıkla kontrol edilmesi ve belli bir iş için olası en küçük makinenin yapılması.

Size nanoteknolojinin üç milyar yıldan fazladır uygulandığını söylersek herhalde inanmakta zorluk çekersiniz. Fakat işin doğrusu bu; nano makineler bugün canlı hücrelerin içinde bulunuyor. Bunlar üç milyar yıldır bu hücrelerin içinde görev yapıyorlar. Evrimin ilk basamaklarındaki hücreler bile, belli bir plana göre atom üstüne atom koyarak proteinleri ve diğer molekülleri oluşturuyorlardı. Döner mil yatakları çok çeşitlidir: birçok ilkel bakteride DNA'yı çevreleyen ve onun üstünde kayan kısaçalar bulunur. Kendi hücrelerimizde bulunan motorlar, hareket ettirmek için değil, enerji yaratmak için çalışırlar. Hücrelerimizde her molekül çeşidi için özel pompalar var. Bunlar hücreye girmesi gereken iyon,

amino asit, şeker, vitamin vesaireyi seçerek hücre içine yığıyorlar. Hücrelerde ayrıca moleküler bilgisayarlar da var; bunlara çevrelerindeki moleküllerin yoğunluğunu okuyup buna göre biçim değiştirerek yapılması gereken görevi hesaplıyorlar. Evrim sırasında trilyonlarca canlı kuşağının yaratmış olduğu çok sayıda moleküler makine, yapı ve süreç bulunuyor.

Biyolojik moleküller, nanoteknolojinin yararlılık ve fizibilite (olabilirlik) örnekleri. Hayatımız bu moleküllere bağlı. Fakat biyolojik moleküller garip organik biçimleri ve alışılmadık özellikleriyle, bizim hergünkü deneyimlerimize yabancılar. Biyo-nanomakinelerin büyüklüğü ve karmaşıklığı bugün tasarladığımız nanomakinelere benze-



Solda, nano-modeli yapanlar, otomobil fabrikalarındaki montaj bantında olduğu gibi, atom üstüne atom koyarak hedeflerine varmışlardır. Sağda ise protein sentezine biyolojik yamlaşım görülmektedir. Birçok çözünür makine, RNA zinciri üzerindeki bilgiyi okuyarak, her keresinde yeni bir protein imal eder. Her iki resim de aynı ölçekte çizilmiştir; makinelerin büyüklük ve biçimleri direkt olarak kıyaslanabilir. Atomlar bir tuz zerreciği büyüklüğündedir. Soldaysa bilyalı yataklara ait yamlaşım görülmüyor. Şeklin sol tarafında elması andırır bir şebeke içinde atomların simetrik dağılışı görülmüyor. Bakteri kayna pensu ise, eğer koyarsak, daha organik olup iki C biçimini müresel protein zincirleridir.

se de, başka bakımlardan onlardan çok farklı. Eric Drexler'in nano-makineleri ve nano-viteslerini daha kolay anlarız; çünkü onlar mühendislerce büyük makinelerin bildiğimiz katı ve doğrusal tasarımları temel alınarak hazırlanmıştır. Biyo-nanomakinelerin organik ve esnek biçimlerini anlayabilmek içinse, dış dünyamızdaki tasarım ve mühendislik süreçlerini unutmali ve bunun yerine canlıların evrimini biçimlendiren kuvvetlere bakmalıyız.

Evrimsel Miras

Doğal seçilme yoluyla evrim süreci, biyolojik moleküllerin alabileceği şekilleri büyük ölçüde kısıtlamış bulunuyor. Genetik bilgi, doğrudan kuşaktan kuşağa geçtiğinden, bugünkü hücreler en eski atalarından gelen izleri taşıyorlar. Bir hücre yaşayabilecek bir kuşak oluşturmazsa, o zamana kadar elde etmiş olduğu tüm kalıtsal kazanımları kaybolup gider. Bu durum, alışık olduğumuz teknolojiye çok daha kısıtlayıcı koşullar ortaya çıkarıyor. Tasarladığımız cansız makinelerden biri çalışmazsa, onu bir kenara bırakıp yeni bir tasarım yapabiliriz. Canlı hücrelerinse böyle bir yap-boz özgürlüğü bulunmuyor. Hücre kumar oynar ve içindeki hayati makinelerden birini değiştirirse, bu değişme derhal olumlu bir sonuç vermelidir; aksi halde sonuç bir felaket olabilir.

Ancak bütün bunlara karşın durum tamamen de umutsuz sayılmaz. Hücrelerde yeni makineler denemek için yeterince olanak var. İlk olarak: Belli bir makinenin planları çift olarak ha-

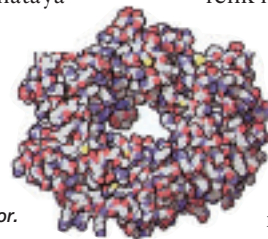
zırlanır; gerektiğinde ikinci kopya değiştirilir ve birinciden farklı bir görev yapmak üzere mükemmelleştirilir. Buna en iyi örnek, kanımızın oksijen taşıyan hemoglobin molekülü. Hücrelerimiz bir değil, birçok tür hemoglobini yapacak durumda. Normalde iki çeşit hemoglobin yapısı: erişkin hemoglobini ve fetüs hemoglobini. Fetal hemoglobin, anne kanından oksijen alacağından oksijen bağlama gücü yüksektir (hemoglobin F). Erişkin hemoglobinin (hemoglobin A) Oksijen bağlama gücü daha az, fakat yeterlidir. 200 milyon yıl önce hemoglobin geni ikiye bölünerek hem hemoglobin F, hem de hemoglobin A yapılmasını sağladı.

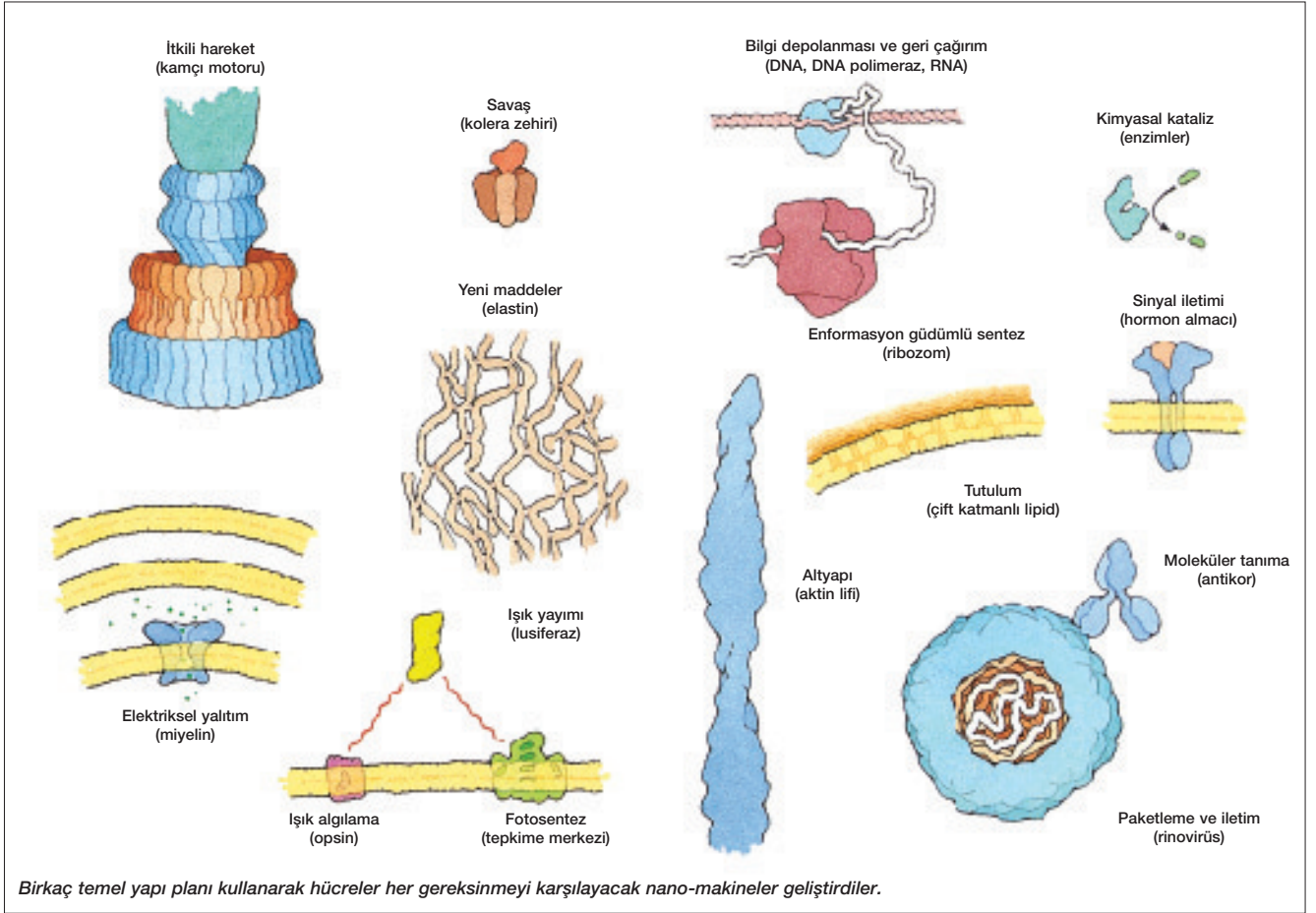
İkinci olarak: Biyoloji ender olarak tek hücreyi ilgilendirir. Biyolojik birim denince milyarlar ve trilyonlarca hücreden oluşan popülasyonlar anlaşılır. Bu popülasyon içinde vücudun deney yapmasına izin verecek kadar bol hücre bulunur. Vücut milyonlarca değişik model dener. Bunların çoğu sonunda çok sayıda hücre ölümüne yol açsa bile, hücre popülasyonu yaşamaya devam eder ve iyileştirilmiş özellikler gelecek kuşaklara baskın (dominant) olarak geçer. AIDS virüsü (HIV) evrimsel değişmelerin yararlarına güzel bir örnek. Bu virüsün genlerini kopya eden revers transkriptaz enzimi hataya

özellikle eğilimlidir. Bu nedenle HIV bulaşmış bir insanda, olası bütün tek nokta mutasyonlarını taşıyan bir virüs popülasyonu oluşur; bu AIDS'li bir IV virüsünün tek bir biçiminin değil, binlerce değişik modelinin bulunması demektir. Bu biçimler arasında en kuvvetlisi baskın çıkar; fakat en zayıf olan çeşitler bile sürekli olarak yaratılır ve virüsün gelecek kuşaklarına geçerler. İşte AIDS'i ilaçla tedavinin zorluğu buradadır; HIV virüsünün türlerinden bir bölümü ilaçla ölürken ötekiler ilaca dirençli olabilir. Aslında HIV virüsünün binlerce değişik biçiminin bulunmasının onun etkisini zayıflatması beklenir; fakat ilaçla tedavi sözkonusu olduğunda virüsün bu zayıflığı aslında onun kuvvetini (direncini) oluşturur. Biyolojik evrimin temel olayları, mutasyonlar ve bir bireyde iki farklı kişinin (anne ve babanın) genlerinin bir araya gelmesidir; buna "genetik rekombinasyon" denilir. Bir popülasyon içinde ya da tek bir hücrede, genlerin ikileşmesi yoluyla pek çok değişik tür oluşur ve bunlar çevrenin etkisiyle, ya yokolur ya da devam ederler. Devam eden karakterler çevreye uygun olanlardır. Doğa iyi genlere devam şansı tanır; böylece arada bir iyi bir karakter seçilir ve kalıcı olur (kutup hayvanlarının kürkünün beyaz oluşu gibi; beyaz renk kar üzerinde görülemez; böylece hayvan düşmanlarının gözünden kaçabilir).

Gelgelelim, evrimin önemli bir yetersizliği de var: Miras problemi. Bir kez

Biyomoleküler makinelerle mühendislerin tasarladıkları nanomakineler benzer olmakla beraber, biçim ve özellikleri bakımından çok farklıdır. Şekilde atom ölçeğinde iki sentez ürünü görülmüyor.





hücre makinesinin anahtar parçalarından biri mükemmel hale geldi mi, hücreyi öldürmeden bu karakter değiştiler, ya da başka bir karakterle yer değiştiremez. Özellikle büyük moleküler süreçlerde bu böyledir. Örneğin protein sentezi, enerji yaratılması ve üreme birbirinden farklı birçok moleküler makinenin uyumlu çalışmasını gerekli kılıyor.

İşte bu nedendir ki bütün canlıların moleküler düzeydeki özellikleri, hemen hemen aynı; hepsi aynı yapı taşlarından oluşuyorlar.

Modern Moleküler Makineler

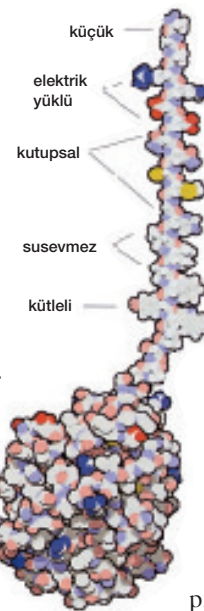
Hayatın tek bir ata hücreden evrimleşmesi sonucu, bütün canlıların moleküler planları aynıdır. Bütün canlılar 4 ana yapı taşından oluşurlar: protein, nükleik asit, polisakkarid ve lipidler. Özel görevler için küçük moleküller de sentez edilebilir; fakat hücrenin temel görevleri bu 4 yapı taşını gerektirir. Evrimin ilk anlarındaki hücreler bu 4 maddeyi, diğer maddeler arasından seçerek aldılar; bize gele-

ne kadar (biz dahil) bütün hücre kuşakları bu 4 temel molekülle çalışmak zorunda kaldılar.

Bu moleküller iki türlü sentez edilirler; sentez şekli onların biçimini ve görevini belirler. Proteinler ve nükleik asitler, genlerden gelen bilgilere dayanarak, ipe dizilir gibi sıralanmış altbirimlerden oluşurlar. Proteinlerin ve nükleik asitlerin büyüklükleri, biçimleri ve altbirim dizilişleri çok değişik olabilir. Bu nedenle bu moleküllerin biçimleri ve görevleri birbirinden çok farklıdır.

Buna karşılık, lipidler ve polisakkaridlerin sentezi her keresinde yeni bir sentez makinesi gerektirir. Her yeni lipid molekülü yeni sentez makineleri-

Hücrelerin moleküler makinesinin çoğu proteinlerden yapılmıştır. Proteinler düz zincirli amino asitlerden sentez edilir. Kullanılan 20 biyolojik amino asitin bazı özellikleri gösterilmiştir; bu sayede özellikleri çok farklı proteinler yapılabilir. Elektrik yüklü ve hidroforik (bu sevmeyen) amino asitlerin uygun bir birleşmesi protein zincirinin suda katlanarak tıksız bir küre biçimini almasına neden olur.



le yapılır. Polisakkaridler de lipidler gibi, her sentezde yeni bir sentez makinesi gerektirirler. Bunun sonucu olarak lipidler ve polisakkaridler, proteinlere oranla çok daha az çeşitlilik gösterirler ve çok daha az kullanılırlar. Buna rağmen lipid ve polisakkaridler vazgeçilemez hücre bileşenlerindendirler.

En uzak atalarımız, biyolojik bilgi için bir standart oluşturdular: DNA ve

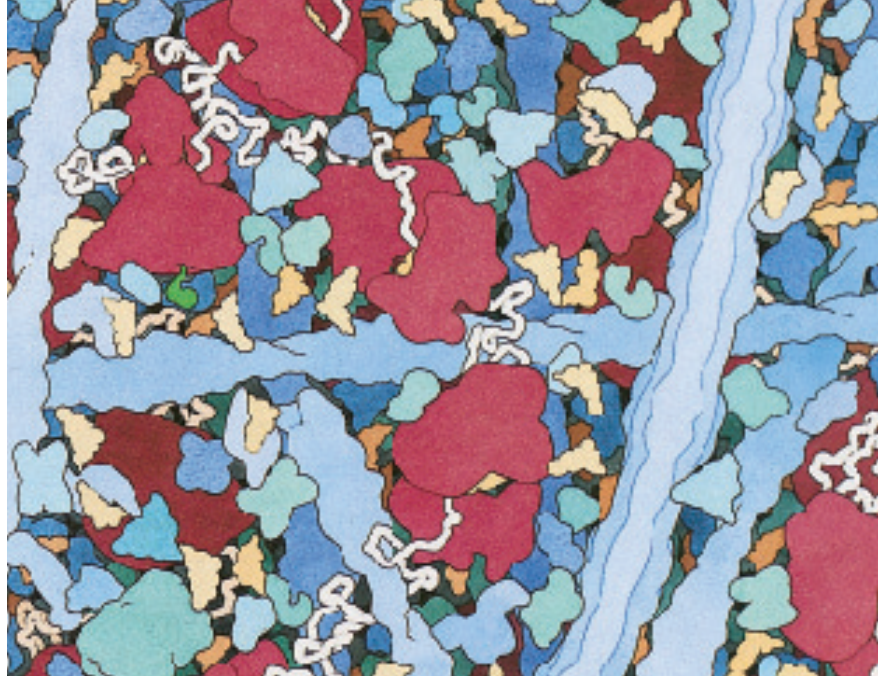
RNA nükleik asitlerinde bulunan 4 tip nükleotid tarafından kodlanan 20 tür aminoasitten oluşmuş proteinler. Bugün her protein (en azından işin başında) bu 20 aminoasidi içerir. İlkel hücrelerde eksiksiz yapı taşı takımları bulunur: esnek ya da katı yapı taşları; elektrik yüklü, yüksüz, asit, baz ya da nötral, büyük veya küçük ve kimyasal tepkimelere girmeye hazır amino asitler (Şekil 3). Amino asitler çok değişik özellikleri olan proteinler oluşturabilirler. Örneğin biçimini kolayca değiştiren çok esnek proteinler ve en zor koşullarda

bile biçimi bozulmayan, çok katı çapraz bağlarla desteklenmiş proteinler; aşırı asitli ya da aşırı bazık ortamlarda bile görevlerine devam eden çok bazık ya da çok asidik proteinler. Bazı proteinler, karbonca zengin gruplarca kaplanmış olup suyu kovarlar ve yağlı hücre zarlarına yönelirler; diğer proteinlerinse yüzleri polar (+ ve - kutuplu) olup, bunlar sulu sitoplazmaya yönelirler.

Protein sentezi, çeşitli biçim ve büyüklüklerde proteinler yaratabilir; bu nedenle modern hücrelerin işlerinin çoğu proteinlerce yapılır. Ancak evrimsel miras, proteinlere birçok kısıtlamalar getirir. Yukarıda gördüğümüz gibi, protein sentezinde DNA genomunca kodlanabilen 20 aminoasitten başka aminoasitler kullanılamaz. Evrim, proteinlerin büyüklüğünü de kısıtlar; onları sulu ortamlara mahkum eder ve onların hücrenin dar sınırları içinde otomatik olarak birleşmelerini gerektirir. Bu kısıtlamalara karşın modern hücrelerde proteinlerin biçim ve görevleri çok çeşitlidir.

Protein molekülünün büyüklüğü, protein sentez makinesinin hata oranıyla sınırlıdır; aslında protein sentez makinesi kuramsal olarak istenen uzunlukta protein yapabilir. Ortalama 2000'de 1 olguda genlerdeki bilgi yanlış okunur ve aminoasitlerden biri yerine yanlış bir aminoasit girer. 500 amino asitten yapılmış bir protein türünde her 4 proteinden biri (2000/500=4) hatalı olacaktır; 2000 amino asitli bir protein türündeysen hemen her proteinde bir yapı hatası olur. Fakat daha önemli olan protein sentezinin zamanından önce durması. Bu hata 3000'de 1 oranında görülür; binlerce amino asitten yapılmış uzun zincirli proteinlerin eksiksiz oluşuna ender rastlanır. Hücrelerin çoğunda 300-500 amino asitli proteinler bulunur. Hata oranları protein zincirini kısa olmaya zorlar; büyük proteinler birçok protein zincirinin bir kompleks şeklinde birleşmesiyle elde edilir.

Evrimde ilk proteinler "sıcak, tuzlu havuzlarda" oluşmuştu; bugün de proteinler sıcak ve sulu bir çevre ister (hücre içinde veya dışında). Proteinlerin normal görevlerini yapmaları ve biçimlerini korumaları için su gereklidir. Proteinlerin karbonca zengin ve suyla az etkileşen bölümlerine hidrofobik (sudan korkar) denir. Bu hidrofobik



İnsan hücre sitoplazmasında büyük moleküller. Ribosomların iri pembe molekülleri, yılan gibi ve beyaz haberci RNA moleküllerindeki şifreyi okuyorlar. L biçimi turuncu "nakil RNA" molekülleri yeni bir protein yapmak üzere ribosom üzerinde sıralanmış. Aktin lifleri ve ara lifler hücreye destek sağlıyor ve yüzlerce enzime dayanak oluyorlar. Büyük moleküllerin arası küçük moleküller ve su ile doldurulmuştur. Burada hareketsiz gözükse bütün bu bileşenler normalde hızlı bir hareket halindedir.

bölgeler bir kürecik şeklinde bir araya gelerek suyun kaçmasını ve daha elverişli ortamlarla etkileşmesini sağlar. Protein molekülünün katlanması için temel kuvvet bu hidrofobik etkiden doğar; protein zincirinin karbonca zengin bölümleri, hidrofobik kürecikler içinde katlanır (Lipidlerin karbonca zengin bölümleri hücre zarının içine gömülüdür). Moleküllerimiz yapısal bütünlük için hidrofobluğa dayandığından, asla boşlukta ya da organik çözücüler içinde yaşayamayız; proteinlerimiz bu durumlarda katlanma yapamaz.

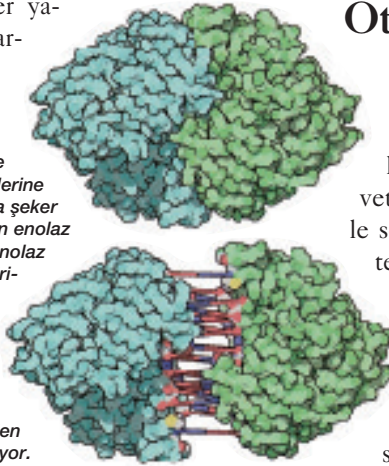
Bu bağlamda yenilmesi en zor güçlük, protein moleküllerinin kendiliğinden birleşmek zorunda olması. Biyolojik moleküller hücre içinde birleşmeler yapacak şekilde tasar-

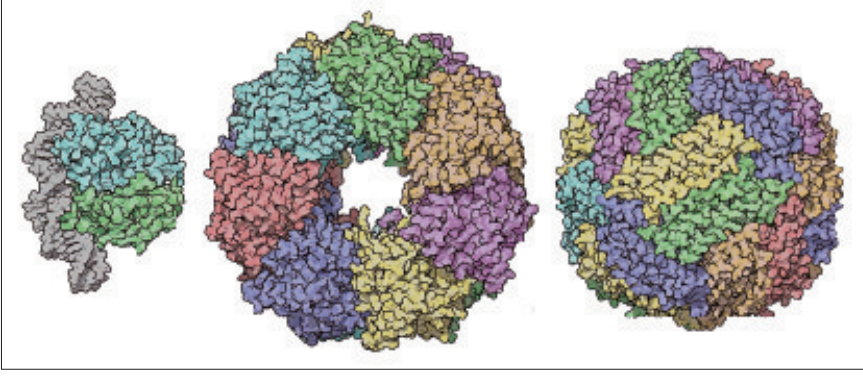
lanmıştır. Proteinler başlangıçta hiçbir yapılanma göstermeyen düz aminoasit zincirleri halindedir; proteinlerin görev yapabilmesi için bu zincirlerin katlanarak üç boyutlu bir biçim almaları şarttır. Katlanma yapmış proteinler, katlanmış öteki proteinlerle birleşerek daha büyük ve daha dayanıklı protein kompleksleri oluştururlar. Protein moleküllerinin oluşmasında bu sonuncu olay en büyük güçlüğü temsil eder. Amino asit zinciri, hem sadece hücrede bulunan katlama "alet"lerini kullanarak üç boyutlu bir biçim almalı, hem de bu biçim, göreve uygun olmalıdır.

Biyomoleküler Otomontaj

Biyomoleküler yapının oluşmasında rol oynayan kuvvetler, dış (gözle görülür) dünyadaki benzer kuvvetlerden farklıdır; bu nedenle sezile hareket ederek protein otomontajını dış dünyadakine benzetmek istersek yanılgıya düşeriz. Dış dünyada mühendislik, büyük ölçüde kütle çekiminin katı cisimler üzerindeki etkisine

Proteinler ancak kendilerine uyan bir proteinle etkileşirler. Proteinlerin değme noktaları çok kendilerine özgüdür. Burada şeker yıkıcı enzimlerden enolaz gözüküyor. Etkin enolaz özdeş iki protein altbiri-minden yapılmıştır. Üstte yeşil ve mavi renkli iki altbirim birbirine sarılmış; altta iki altbirim hafifçe ayrılmış; çizgiler hidrojen bağlarını temsil ediyor.





Solda DNA bağlayıcı protein CAP görülüyor (DNA gri). CAP tekrarlayan DNA uzunluklarını ölçmek için iki katlı simetriyle allosterik "pergeller" oluşturuyor. Ortada GroEL şaperonin molekülü, yeni proteinlerin katlanabilmesi için yedi katlı simetrik yapı oluşturuyor; bu sayede kanallar ve boşluklar yapılabiliyor. Sağda ferritin proteini sekiz yüzlü (oktahedral) simetri kullanarak demir bağlamaya hazırlanıyor.

bağlıdır. Betonun ve çeliğin kuvveti ve Teflon ve lastiğin farklı sürtünme özellikleri bununla ilgilidir.

Molekül dünyasındaysa, bu gibi özellikler moleküller arası ya da molekül içi atom hareketleri üzerinde ısı'nın etkisine bağlıdır (termal etki). Moleküllerde ortamın sıcaklığıyla orantılı bir kinetik enerji vardır; bu enerji moleküllere kayma, firdönme ve titreşim hareketleri yaptırmak ister. Moleküller bir arada tutan kuvvetler, bu hareketlerle sürekli çatışma hâlinindedir ve çoğu zaman bu hareketlere yenik düşerler.

Şekil 4'de görüldüğü üzere hücre ortamının bir diğer özelliği şudur: Proteinler hücre içinde sentez edilir ve rakip moleküller arasında, etki noktalarına doğru serbestçe yüzerler. Bunun anlamı şudur; belli bir protein, hedefe doğru olan yolculuğu sırasında diğer proteinlere rastlar ve bunlar arasından süzülüp geçerek hedefine varmak ister. Bu, dış dünyadan çok farklıdır; orada bir mühendis iki parçayı seçer ve birbirine bağlar. Örneğin 6. vida kavramı, hücre içinde asla geçerli değildir. Bir iskemle yaparken pek çok parça aynı vidayı kullanarak bitştirilebilir. Hücredeyse her molekül, farklı yerlere farklı yapıştırıcılarla yapıştırılır; bu şekilde molekülün kendi almalarına yapışması sağlanır. [Hücre içi molekülleri farklı büyüklük ve özellikte yatlar olarak düşünelim; her yat kendi marinasına (almacına) kendine özgü bir halatla (bağla) bağlanır. Görüldüğü gibi iç denizlerimizin rıhtımları çok özeldir].

Proteinlerin atomik yapısı bilinmeden önce, fizikçi H. R. Crane biyolojik otomontajın iki türlü olabileceğini ile-

ri sürdü. Birincisi, ileri derecede spesifik oluşu sağlamak için, iki parçacığın değme ya da bütünleşme noktaları, çok sayıda ve zayıf olmalıdır. Gerekli kararlılık için çok sayıda zayıf etkileşimin bulunması, bu etkileşimlerin katkıda bulunduğu asıl etkileşim noktasını kuvvetlendirir ve onu spesifik kılar. Çok sayıda kuvvetli etkileşim kullanılsaydı, bir proteinin kendine benzer fakat hedefi olmayan yanlış bir proteinle birleşmesi meydana gelirdi; yani proteinimiz hedefini şaşırmış olurdu.

Crane'in ikinci varsayımı şudur: "Bir parçacığın diğeriyle birleşebilmesi için iki parçacığın girinti ve çıkıntılarının birbirine uyması gerekir. Hücrede bulunan çözünmüş ve hücre zarına bağlı proteinlerin çoğu simetrik ve birçok altbirimden yapılmış kompleksler içerir. Bir diğer deyişle iki protein molekülünün birleşme yapabilmesi, birbirini tamamlayan biçimlere sahip olmalarını gerektirir. Ayrıca protein moleküllerinin yüzeyindeki engeller kendine özgü olmalıdır; yani başka hiçbir protein bu modele uymamalıdır. Bir proteinin yalnız kendini tamamlayan bir proteinle birleşmesi spesifik (kendine özgü) olmasını sağlar.

Kuazimetri virüslerin tam simetriyle yapılabileceklerinden daha büyük yapılar oluşturmasını sağlıyor. Yukarıda bütün nekroz virüsünün mükemmel 20 yüzlü (ikozahedral) simetrisi görülüyor; görülen bu virüsün bir altbirimidir. Benzer 60 altbirim kapsidleri oluşturur. Altta bodur çalı domatesi virüsü 180 altbirimden yapılmıştır ve doğal olarak daha büyüktür. Bu virüste simetri tam değildir; altbirimler 3 sınıfa ayrılır (kırmızı, portakal rengi ve sarı); bunların her biri yapıcı hafif farklar gösterir.

Böyle iki proteinden (biri anahtar, diğeri kilit gibi) birinin çıkıntıları diğeri'nin girintilerine girer; ayrıca hidrojen bağlayıcı gruplar ve elektrik yükleri birbirini tamamlar. Bu söylediklerimiz Şekil 5'te görülüyor.

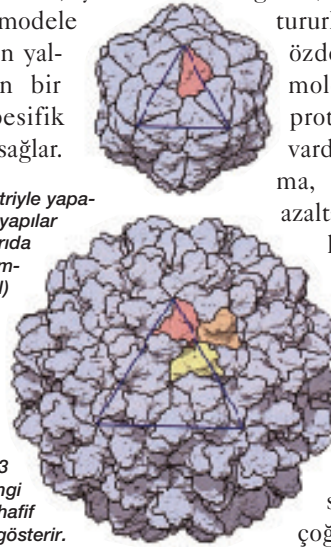
Proteinlerin Simetrisi

Evrim beklenmedik bir sonuç yarattı: protein moleküllerinin simetrik oluşu. Hücre içindeki ve hücre zarındaki proteinlerin çoğunluğu, birçok altbirimden yapılmış simetrik komplekslerdir. Proteinlerin çoğu oligomektir; yani bir ya da daha fazla altbirim kopyalarının çoğalmasıyla oluşmuşlardır. Bu oligomerik proteinlerin hemen hepsi zarif bir simetri gösterir; ve özdeş altbirimler, özdeş çevrelerde dizilmişlerdir. Evrim sırasında karşıt görev gereksinimlerinin etkileşimi, bu estetik açıdan şaşırtıcı sonucu yaratmıştır.

En önemli evrimsel güç, büyük proteinlere gereksinim olmasıdır. Büyük proteinler birçok nedenle küçük proteinlere ve peptidlere tercih edilmiştir. Hücredeki bazı görevler büyük protein molekülleri gerektirir. Büyük protein kompleksleri bütün hücrelerde bulunurlar; bunlar halka oluşturarak DNA'yı sarar ve DNA'nın uzunluğunu ölçmek için cetvel rolünü oynarlar; hücre zarlarında her genişlikte delikler yaratırlar; depolama ve dağıtma için büyük küresel "kutu"lar ve proteinlerin kıvrılabilmesi için küçük silindirik kutular oluştururlar.

Büyük proteinler işbirlikçilerdir; allosteri (aşağıda anlatılacak) ve çok değerli (multivalent) bağlar oluştururlar; bu süreçler birçok özdeş etkin nokta içeren moleküller gerektirirler; proteinlerde bu özellikler vardır. Çok değerli bağlanma, entropiyi (karışıklığı) azaltarak bir molekülün bağlanma kuvvetini artırır.

Protein molekülünün bir noktası bağlanma yaptıktan sonra, diğer noktalar hedeflerine yaklaşırlar; bu ise bağlanma olasılığını artırır. Bağışıklık sistemi moleküllerinin çoğunun belli bir biçimi



vardır; bu moleküller birçok kıvrılabilir kol taşır ve bu durum işbirliği yapmalarını kolaylaştırır.

Büyük proteinlerin çekici fiziko-kimyasal özellikleri de vardır. Büyük protein moleküllerinin yapısı kararlardır; kolay çökmezler; iç yapıları küçük proteinlere oranla daha dengededir. Büyük proteinlerin yüzey/hacim oranları da küçüktür; bunun sayesinde tahrip olmaya ve enzimlerle parçalanmaya daha dirençlidir.

Ne yazık ki protein sentezletirici makinenin dakik çalışması onun büyük proteinler yaptırmasını zorlaştırır. Yukarıda belirttiğimiz üzere, 300-500 aminoasitli protein zincirleri kolayca sentez edilebilir; fakat daha uzun amino asit zincirlerinde hata oranı giderek artar. Bunun çaresi büyük bir protein gerektiğinde, altbirimlerden oluşmuş bir kompleks sentez ettirmektir; böylece hatalı bir altbirim atılıp yerine yenisi konulabilir. Bu süreç, düzenleme içinde yenilikler getirir. Büyük moleküller sentez ettirilip, gerektiğinde parçalara (altbirimlere) ayrılır, ya da altbirimler uzak bir yere (hatta hücre dışına) nakledilip orada birleştirilebilir.

Hücrelerdeki bütün bu oligomerik proteinler, ideal nokta-simetri temelinde dayanan simetrik kompleksler oluştururlar. Genel olarak bir kompleks birçok özdeş altbirimler içeriyorsa, bu altbirimler molekülü simetrik yapacak biçimde dizilecektir. Asimetrik komplekslere ve rastgele kümeleşmelere hemen hiç rastlanmaz. Simetrik yapının asimetrik olana tercih edilmesinin nedeni, kararlılık ve kontrol olanağı sağlamasıdır. Kapalı, simetrik komplekslerin kararlı olması iki öğeye bağlıdır. Bir kere proteinler arası arayüzler çok özel ve çok yön göstericidir; bu nedenle evrim çoğu olguda altbirimler arasında tek bir tip birleşmeyi seçer ve onu iyileştirir. Sonra bu özel, yön verici arayüzlere göre kapalı kompleksler, maksimum sayıda altbirimler arası temas oluştururlar.

Kapalı simetrik kompleksler, oligomer yapımını sıkı sıkıya kontrol ederler. İstenmeyen protein kümeleşmeleri, hücreler için çok tehlikelidir, mütasyona oluşmuş proteinlerin patolojik kümeleşmesi, orak hücreli kansızlık, Alzheimer hastalığı (bunama) ve prion hastalıkları (deli dana hastalığı, Jacob-Kreutzfeld hastalığı, "Kuru" has-

talığı vb.) yapabilir. Simetrik kapalı bir kompleksin seçilmesi, oluşacak kompleksin büyüklük ve biçimini belirler.

Özel durumlarda belli bir görevi yapabilmek için simetri bozulabilir. Örneğin virüsler sıklıkla kabuk yapma gereksinimi duyarlar; fakat kabuk proteinleri çok büyüktür; tam simetrik ve orta büyüklükte proteinlerle bu kabuk yapılamaz. Nokta simetrik en büyük şekil yirmi yüzlüdür (ikosaedron). Bu nedenle en büyük simetrik kapsid (virüs kabuğu) 60 altbirim içerebilir. Daha büyük kabuklar gerekliyse, daha çok altbirim yapılmalıdır.

Virüsler çoğunlukla tam simetriye yakın komplekslerdir; yüzlerce ve binlerce özdeş altbirim, tam simetri olmadan birleşmişlerdir. Tama yakın, fakat tam olmayan simetriye kuazi-simetri deniyor. Kuazi-simetri, bir yöntem olarak ilk kez ikosaedronları üçgenlerle döşemede kullanıldı. Bu, Buckminster-Fuller'in bulunduğu jeodezik kubbenin (karbon-60 kristali) döşeniş biçimini andırıyor. Protein altbirimleri, bu üçgenlerden oluşmuş ağa yerleşmiş durumda. Küçük elastik biçim bozuklukları, her altbirimin, farklı pozisyonların herbirinde benzer temaslar yapmasını sağlar.

Birbirinden farklı ağırlar dizisi 60T altbirim içerir. Burada T bir üçgen sayıdır (üçgen sayıların genel formülü: $T_n = n(n+1)/2$. ($n=1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, \dots$). Üçgen sayılardan ancak bazıları pürüzsüz ağ oluşturur. Bu şu formülle göre olur: $T = h^2 + hk + k^2$, h ve k tamsayılar.

Viral kapsidlerin (koruyucu protein kılıfı) yapısı bu modele şaşılacak kadar benzer. Kapsidlerdeki altbirimlerin sayısı üçgen sayılara karşılıktır. $T =$



Bir kompleks içinde altbirimlerin allosterik hareketi enzim etkinliğini kontrolde önemli rol oynar. Üstte şeker metabolizmasında önemli rol oynayan fruktoz -1,6-bisfosfat enzimi görülmüyor; bu enzim 4 altbirimden oluşmuştur. Altta AMP (yeşil) bağlanmasıyla molekül makaslanmış gibi açılıyor ve enzim etkinliğini yitiriyor.

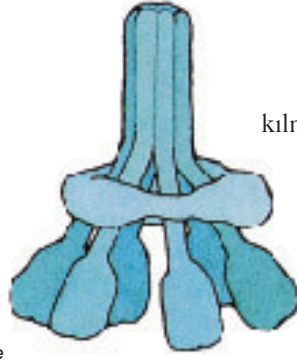
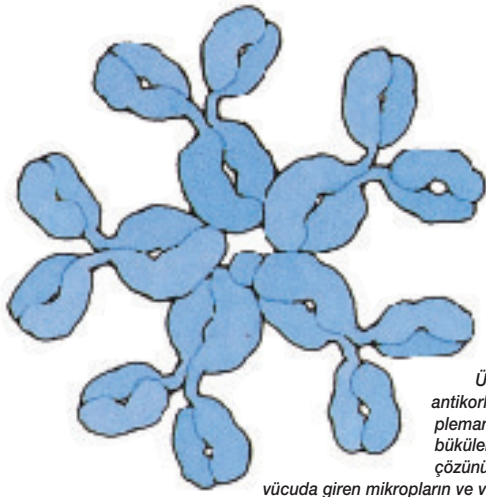
1 (mükemmel ikosaedronal - 20 yüzlü) ve $T = 3$, Şekil 7'de gösterilmiştir. Elastik deformasyonlar yoktur; bunun yerine altbirimler yapısal "anahtar" kullanarak farklı biçimler alırlar. Altbirimler çoğu kez 2 yüzeyden ve bunları birleştiren bir köprüden oluşur ve bu sayede altbirim değişik biçimler alabilir.

Biyomoleküler Esneklik ve Dinamik

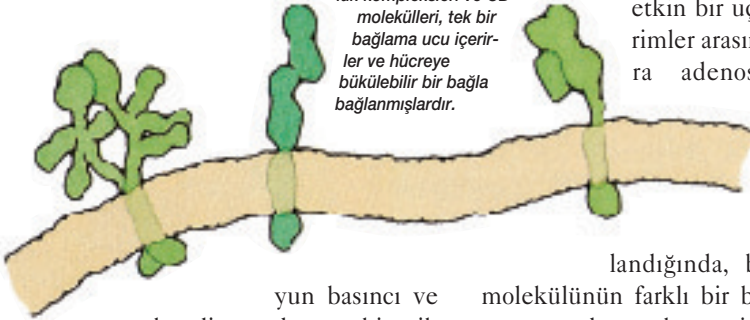
Gözle görünür (makroskopik) dünyamızda mühendisler doğanın güçlerine karşı koymak için katı yapılar oluştururlar. Doğa ise canlılarda, iş sırasında bükülebilen makineler yapmıştır. Acaba nanometre ölçeğinde katı yapılara gerek var mıdır veya bu istenmekte midir? Görünüşe göre hayır. Aslında biyolojik moleküller bir çok görevi esnek oluşları sayesinde yerine getirirler. Bu görevler katı moleküllerle yerine getirilemez, ya da çok zor getirilebilirlerdi. İnce hareketler, tepkime ya da montaj hızları üzerinde son derece etkili olabilir. Evrim, orta derecede etkin bir proteini bir heykeltraş gibi yavaş yavaş yontarak, yapısı görevine tam anlamıyla uyum bir molekül yaratır.

Bu süreç evrim açısından kolay, fakat biyoteknoloji açısından çok zordur. Bizim tasarladığımız makineler, molekül değişimlerini adım adım değil, birden gerçekleştirir ve biz sonuca minimum gecikme ve yeniden tasarlamayla varmak isteriz. İnce hareketlerin etkisini yakalamak için tasarım tekniklerimiz atom yarı çapından çok daha küçük ölçeklerde etkili olmalıdır.

Biyolojik moleküllerin hepsi az veya çok esnektir ve çevrelerindeki su-



Üstte antikorlar ve kompleman sisteminin C1 proteini bükülebilir kolları olan suda çözünür proteinlerdir; bu kollar vücuda giren mikropların ve vücuttaki kanser hücrelerinin yüzeyindeki yabancı proteinleri yakarlar. Altta hücreye bağlı proteinler, örneğin doku uygunluk kompleksleri ve CD molekülleri, tek bir bağlama ucu içerirler ve hücreye bükülebilir bir bağla bağlanmışlardır.



yun basıncı ve kendi atomlarının kinetik enerjisi nedeniyle biçim değiştirebilirler. Yaşamaya izin veren sıcaklıklarda biyolojik moleküller devamlı bükülme halindedirler. Bir protein molekülünün dağılmasını önleyen etkileşimlerin çoğu etkin durumdadır (kovalent bağlar, hidrojen bağları ve zincirin iki bölgesi arasında köprü oluşturan tuz bağları); fakat ikincil yapının bütün elemanları bükülebilir ve geçici olarak molekülünden ayrılabilir. Bu hareketlere "soluk almak" denmektedir. Örneğin kaslara oksijen taşıyan koyu kırmızı bir protein olan miyoglobinin görev yapabilmesi için "soluk alması" şarttır. Oksijen, protein içine tamamen gömülmüş olan bir cepteki miyoglobine bağlanır. X ışınları kristalografisiyle yapılan incelemelerde oksijen cebine giriş ve oksijen cebinden çıkış yolu görülmemiştir. Oksijenin miyoglobine erişebilmesi için, miyoglobin molekülü soluk almalıdır ve bu sırada oluşan kanallar oksijenin geçişine izin verirler.

Proteinlerin çoğu, görevlerini yapabilmek için biçim değiştirirler. Bu tip proteinlere allosterik (başka biçimli) denir; bu gibi proteinler birçok altbirimden yapılmıştır; bu altbirimlerin hepsi aynı görevi yapar. En basit bir modelde her altbirim iki biçimden birini alır: etkin ve az etkin. Düzenleme, biçim değişikliğinin bir altbirimden komşu altbiriye geçmesiyle sağlanır. Örneğin şeker metabolizmasında (ya-

kılmasında) önemli rolü olan fosfofrüktokinaz, etkisini değiştirmek için allosterik düzenleme yapar. Fosfofrüktokinaz 4 özdeş altbirimden oluşur (dörtlü cisim = tetramer); bu altbirimlerin herbiri şeker molekülleri için etkin bir uç içerir. Altbirimler arasındaki yarıklar adenosin trifosfat (ATP) gir-m-i-ş-t-i-r.

ATP ikinci altbiri-me bağ-landığında, bütün enzim molekülünün farklı bir biçim oluşturmaya yol açar; bu yeni biçim ilk biçimden daha az etkindir. Hücrede bu düzenleme negatif geri-besleme (feedback) olarak kullanılır. ATP, bu enzimin şeker yakması sırasında oluşan bir son üründür. ATP fazla yapılmış fosfofrüktokinazın düzenleyici ucuna bağlanarak kendi sentezini durdurur. Bunun karşısı tepkimeyi yapan enzim de allosterik olarak kontrol edilir (Şekil 8).

Bir çok protein zinciri görevlerini yapabilmek için, tepkime sırasında biçim değiştirirler. Zincir yarı katlanmış durumdadır ve hedefine bağlanınca tam katlanır. Bu olay, çevreden yalıtılmış protein boşluklarına açılan kanallar yaratarak bazı moleküllerin (ligandlar) protein almaçlarına bağlanmasını sağlarlar. HIV-1 proteaz buna bir örnek. Etkin bölge, silindirik bir tüneldir; bu tünelin merkezinde ikiye bölme makinesi bulunur (proteaz proteinleri makaslar). Kesmenin olabilmesi için bir polipeptid (amino asit zinciri) tünelden geçmelidir. Bu problem tünelin damını iki esnek kapakla örtterek çözülmüştür. Bu kapaklar çözelti halindeyken düzensizdir; etkin bölgeye giden bir yol açarlar. Fakat proteaz hedefine sarıldığı zaman kararlı bir hal alarak polipeptidleri makaslanma durumuna getirirler.

Moleküller dünyasında esnek bağlantılar çoktur. Protein zincirleri birçok glisin (bir aminoasit) molekülü bağlayarak daha esnek hal alırlar; çün-

kü yan zinciri olmayan glisin, bağın dönme (rotasyon) yapışında engel yaratmaz. Proteinlerin daha esnek durum alması, çok sayıda elektrik yüklü artıklar eklenmesiyle de sağlanır; bunun sonucunda molekül küresel bir biçim alarak çözücüyle temas sağlar. Gariptir ki molekülün bükülebilir bölgelerinde prolinin oluşturduğu katı köşe de bulunur; bunun nedeni prolinin tamamen katlanmış moleküllere girmemesidir. Bağışıklık sistemi şekil 9'da görüldüğü gibi birçok bükülebilir bağlar içerir; bunlar çok değerli (multi-valent) bağlanmaları arttırır.

Umutlar

Biyolojik moleküller Doğa Ana tarafından çözülmüş nanoteknoloji problemleridir. Biz Doğa'dan ders alarak, nanometre ölçeğinde makineler yapmayı öğrenebiliriz. Biyoteknoloji disiplini bu biyolojik servetin meyvalarını topluyor. Biz göreve uyan proteinler yaratmak için, DNA'da saklı bilgiyi, tıpkı bir terzinin prova yapması gibi, tekrar tekrar değiştirir ve kullanırız. Örneğin bugün gen mühendisliği sayesinde bakterilere hormon yaptırılıyor; tarım bitkilerine hastalığa direnç genleri ekleniyor ve hücreler vücut dışında yapay dokular oluşturabiliyor.

Protein yapı ve görevlerinin kuralarını öğrenmek, bize nanoteknolojik üretim yapmak kapılarını açıyor. Proteinlerin yapı ve görevlerinin farklı oluşu, bize bilgiye dayalı sentez yollarını açtığı gibi, bir kez bir plan yapıldıktan sonra ondan dönmenin zorluklarını da öğretiyor. Protein komplekslerinin sentezindeki hatalar, altbirimler ve simetri kullanılarak telafi edilebilir. Bizim makro dünyadaki deneyimlerimizin aksine, moleküler düzeyde bükülebilme ve hareket, bir sakınca değil, üstünlüktür.

Biyolojik moleküllerin gözlemlenen biçim ve karakterleri, elmasimsi kristal yapılarının, fullerinlerin (C-60 kristali) ve nanoteknolojik makinelerin yapımında kullanılacaktır. Fakat sabırlı olmalıyız. Doğa Ana'nın 3-4 milyar yıllık bir evrimle çözebildiği problemleri, 20-30 yıl gibi kısa bir sürede çözmeyi düşünemeyiz elbette.

Türkiye'nin Bilinmeyen Kaynağı Çöl Tozundan Kar

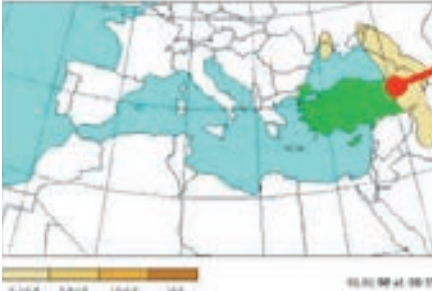
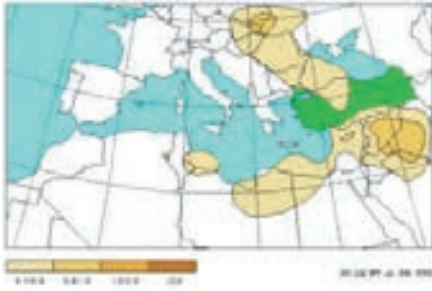


Çöl ve kar kadar zıt iki kavram düşünebiliyor musunuz? Biri kavurucu sıcığı, susuzluğu, ötekiyse dondurucu soğuğu çağrıştıran, tek ortak yanları ise acımasızlık olan bu iki ortam nasıl olur da birlikte düşünülebilir? Çöl tozlarının kar yağışını arttırabildiği daha da garip bir iddia değil mi? Üstteki, resme bir bakalım. Bilgisayar teknolojisiyle bu tür fotomontaj resimleri elde etmek çok da zor olmasa gerek. Gene de bunu gözlerimize ve beynimize kabul ettirebilmek güç. Çöl ortamında karla kaplı bir dağ elbette olmaz. Çöl tozlarının etkisiyle karın erimesi olgusu insana daha doğru bir yaklaşım gibi gelmekte. Çöllerde hep su hayal edilir ve görülür de. Ancak bu hayalciliğin adı da serap olarak adlandırılır. Karlar arasında yürüyen bir kişi çöl görmez. Ama yürüyüş çöldeyse, ve hele biraz da uzunsa, biraz ötemizde su belirir. Tabii, buna hemen hayalcilik, göz yanıltması denir. Peki bu olaya bir de bir başka şekilde yaklaşamaz mıyız? Çöl, suyun kaynağı olamaz mı? Çöl, bize "ben suyun kaynağımı" diye haykırıyor da biz bunu algılamıyorsak? İlk ve en mantıklı cevap, "elbette hayır" olacaktır. Ancak aşağıda açıklayacağımız bir dizi doğa olayı, çöllerden kalkan tozlarla Doğu Anadolu'da su rejimini kontrol eden kar depolanması arasındaki ilginç ve o derece de önemli bağı sağlıyor.

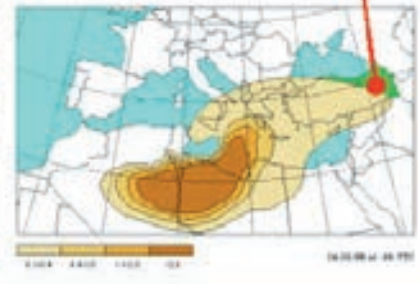
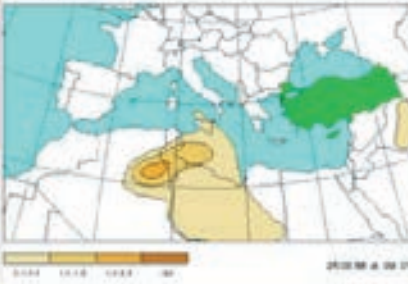
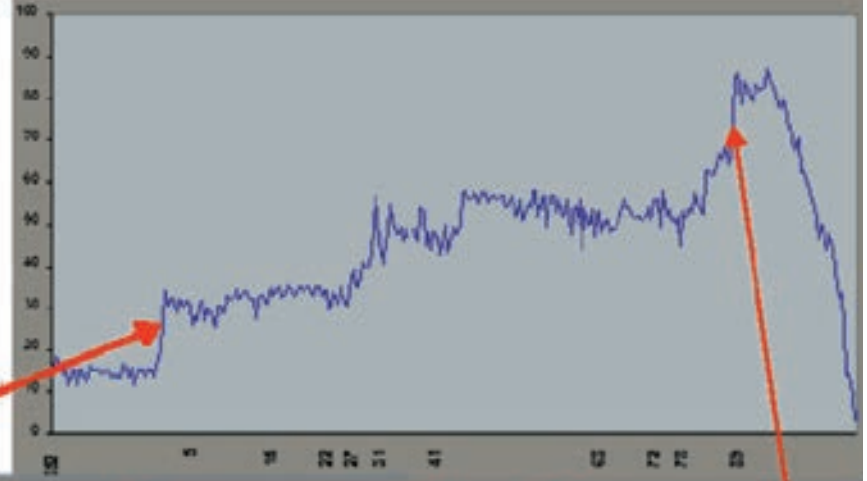
DOĞU ANADOLU'da 1997/98 - 98/99 ve 99/2000 kış döneminde yukarı Fırat havzasında önceden belirlenen yerlerde ve çeşitli yüksekliklerde kurulmuş olan Türkiye'nin ilk otomatik kar ölçüm istasyonlarından alınan veriler,

Doğu Anadolu'ya kar yağışını kontrol eden faktörün çöl tozları olduğunu ortaya koymuş bulunuyor. Aralık-Mart döneminde yağan karın birikiminde en önemli rolü çöl kökenli tozlar oluşturuyor. Bu dönemde izlenen toplam 40-50 cm birikimin, toz parçacıklarının çekirdek oluşturma özelliğine ve çöl köken-

li tozların bileşiminde bulunan sülfata dayandığı, literatür bilgilerine dayanılarak ileri sürülebilir. Mart ve Nisan aylarındaysa, bir seferde 40-50 cm kar depolanmasına yol açan kar yağışına deniz yüzeyinde daha önceden yine çöl kökenli tozların inmesiyle meydana gelen çok özel bir alg patlaması (Say-



30 Aralık 97 ve 1 Ocak 98 tarihli toz haritası ve kar depolanmasındaki artış (üstte). 25-26 Mart 98 tarihli toz taşınımı ve kar depolanmasındaki artış (sağda).



dam, 1996; Saydam ve Polat 1999) sonucu oluşan sülfat parçacıklarının yol açtığı kanıtlanmış durumda.

Doğu Anadolu'da yukarı Fırat havzasındaki kar birikimi, barajlar sistemine giren suyun ana kaynağı durumunda. Bu su depolanmasının Ortadoğu üzerindeki etkileriyle bilinen ve yaşanan bir gerçek. NATO tarafından yürütülmüş olan "Environment and Security" (Çevre ve Güvenlik) adlı çalışmada ana varsayımlardan birisi de, önümüzdeki yıllarda stratejik önemi daha da artacak olan Ortadoğu'da su kıtlığı nedeni ile ortaya çıkabilecek olası huzursuzluklar. NATO da yeni tehdit unsurlarını çevre ve güvenlik temellerine dayandırıyor. Dolayısıyla Doğu Anadolu'daki kar depolanmasına etki eden

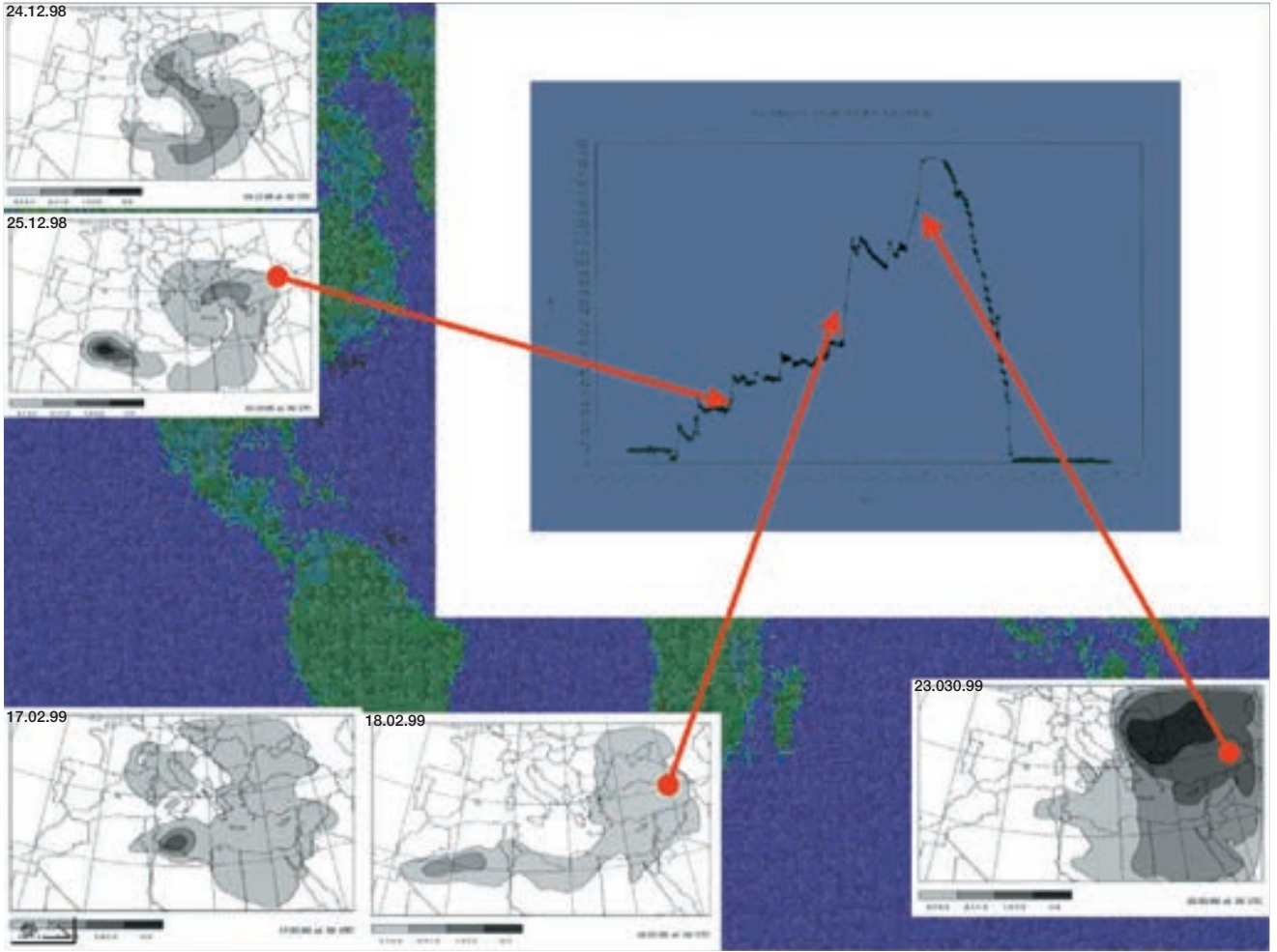
nedenlerin incelenmesinde ülke çıkarları açısından büyük yarar var. İstikrar İçin Bilim (sfs) Programı TU-REMOSSENS projesi çerçevesinde Doğu Anadolu'da 97/98, 98/99 ve 99/2000 döneminde 1750, 2000 ve 2200 metre yüksekliklerde üç ayrı mevkide otomatik kar ölçüm istasyonları kuruldu. Bu istasyonların asıl amaçları, eşdeğer kar su miktarını bulmak ve kar erimesiyle oluşacak su miktarlarını önceden tahmin edip barajlar sisteminin en optimum seviyede çalışmasını sağlayacak verileri elde etmektir. Bir başka deyişle barajlar sistemiyle kontrol edilebilen akarsuların en önemli kaynağı ani yağışlar değil, bu barajlar sistemini besleyen yüksek irtifadaki dağlara düşen kar. Bu amaçla uzun süreli ölçümler

yapılıyor ve potansiyel su kapasiteleri bilimsel verilerle de kanıtlanan bölgelere barajlar kuruluyor. Ülkemizde de yukarı Fırat havzası su potansiyeli açısından en verimli bölgemiz olup, sistem boyunca kurulmuş olan barajlar aracılığıyla ülke ekonomisine hatırı sayılır katkılar yapıyor. Dolayısıyla bu sistemi besleyen havzadaki olayların zaman içerisindeki değişimlerini, teknolojinin bize verdiği olanaklar dahilinde incelemek ve anlamak büyük önem kazanıyor.

Bu amaçla kurulan ve tam otomatik olarak çalışan istasyonlar, kar yüksekliğini ses dalgaları üreten bir cihazla, kar ağırlığını toprak altında gömülü ve içi antifriz dolu olan 4 adet 1 m² paslanmaz çelikten yapılmış kar yastığı ve buna bağlı hassas basınç algılayıcılarıyla ölçüyor ve bu bilgileri elektronik olarak depoluyorlar. İstasyonda bulunan ARGOS uydu vericileri aracılığıyla bu bulguları üzerlerinden belirli saatlerde geçen uydulara, günde birkaç kez olmak üzere aktarılıyor ve bulguların tarafımızca günlük olarak değerlendirilmesine olanak tanıyor. Dolayısıyla günümüze kadar sadece kış döneminde ve hava koşullarının iyi olduğu belirli günlerde yapılabilen kar rasatları artık tam otomatik ve doğru olarak ve hava koşullarına bağımlı olmadan yapılıyor. Uzak noktalarda enerji gereksinimleri de gü-

Doğu Anadolu'da (Ilıca) 2200 metre yükseklikte kurulu tam otomatik kar istasyonu. Toprak altında 4 adet 1 m²'lik çelik kar yastığı bulunmakta. Güneş enerjisi ile beslenen istasyonlardan veriler uydu aracılığıyla merkeze aktarılmakta.





24-25 Aralık 98, 17-18 Şubat 99 ve 23 Mart 99 tarihli toz taşınımı ve kar depolanması

neş panelleri tarafından devamlı şarj edilen bataryalarla sağlanıyor. İstasyonların birinde ayrıca tam otomatik meteorolojik veri toplayan cihazlar da bulunuyor.

1997/98, 98/99 ve 99/2000 döneminde yapılan izleme, kar yüksekliklerinde belirli günlerde artışı belirliyor. Bu artışlar da doğal olarak o dönemde etkili meteorolojik koşullarla açıklanabiliyor. NATO TU-REMOSENS projesi çerçevesinde kar eşdeğer su miktarı yanı sıra, çöl kökenli tozların hareketlerinin de önceden izlenmesine yönelik çalışmalar yapılıyor ve bu çerçevede modeller yardımıyla çöl kökenli tozların da izlenmesi mümkün oluyor.

İşte bu modellerin sonuçlarıyla kar rasat istasyonlarından alınan veriler birleştirildiğinde ortaya çok ilginç bir sonuç çıkmış bulunuyor. Kar rasat istasyonlarının kar yağışı belirlediği her dönemde üzerimizden bir toz bulutunun geçmekte olduğu saptandı. Bir başka deyişle, üzerimizden toz bulutu geçmiyorsa kar depolanmasında herhangi bir

artış olmuyor. Üç sene süresince izlenen bu ilginç olgu, toz kütlelerinin Doğu Anadolu'ya ulaştığı günlerde kar birikiminin en üst noktalara ulaştığını net bir şekilde ortaya koyuyor. Uzun süreli taşınım ile meteorolojik olaylar aracılığıyla Anadolu'ya ulaşan bu tozların buz çekirdeği olma özellikleri nedeni ile daha fazla bulut oluşturmaları ve daha fazla yağışa yol açabilmeleri literatürden bulunabilen bir olgudur. Ancak bu olayın paralel olarak gösterilmesi bilim dünyasında ilk kez olmaktadır.

Su ile yaşamsal ilişkisi olan İsrail'de yapılan çalışmalar, bu ülkeye gelen yağışların beklenenden aksine kuzeyden değil, Sahra sınırına yakın Akdeniz çukurundan geldiğini gösteriyor. Yapılan çalışmalar, ülkeye gelen hava kütlelerinin bahar mevsiminde Sahra kökenli olması halinde daha çok yağış bıraktığını gösteriyor. Yapılan kimyasal analizler sonucundaysa bahar döneminde Sahra'dan kaynaklanan hava kütlelerinin içerisinde çöl kökenli tozlar ve sülfat parçacıkları olduğu ve bu sülfat parça-

cıklarının kış dönemiyle aynı düzeyde ve hatta daha çok olduğu saptanmış bulunuyor. Sülfat, günümüz bilim dünyasında genellikle katı yakıt yanması sonucu oluşan kükürt dioksit'in oksitlenmesi sonucu oluşan bir molekül olarak kabul edildiğinden, bahar döneminde Sahra'dan kaynaklanan bu artışın nedeni, uzak bölgelerden taşınma olarak açıklanabiliyor.

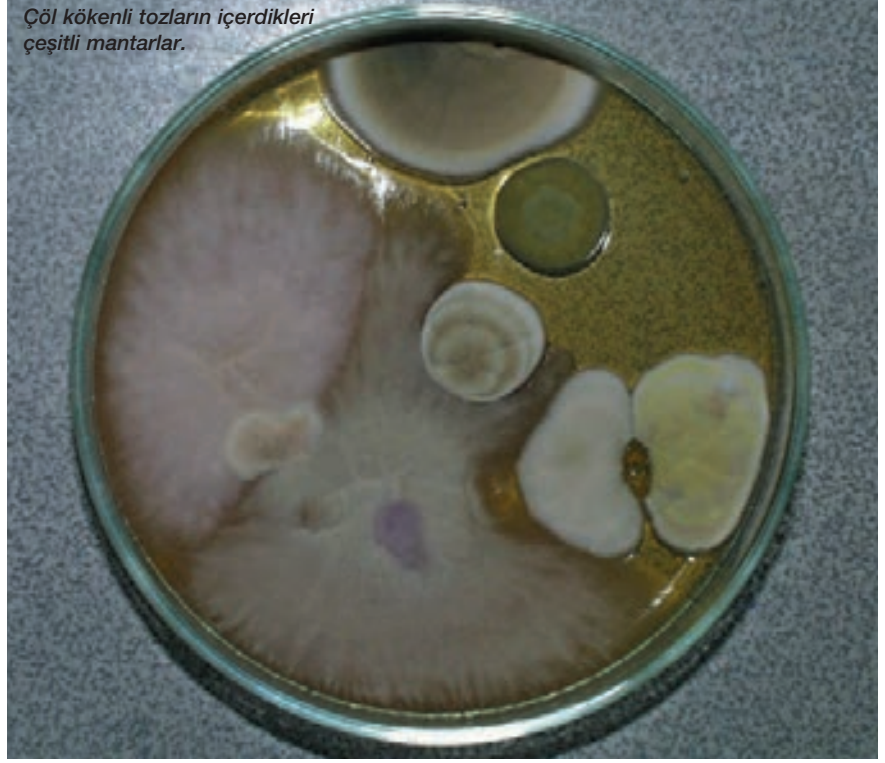
Tozun bulut çekirdeği olma özelliği biliniyor. Doğu Anadolu'da yürüttüğümüz kar izleme döneminde Kasım-Mart aralığına denk gelen artışların da bu nedenle olduğunu bilmekteyiz. Ancak neden 3-4 ayda 40-50 cm birikim sağlayan çöl kökenli tozlar bir anda ve özellikle kış mevsimi sonu ve bahar ayı başlangıcında 50-70 cm artışa neden olabiliyor? Bu olayın arkasındaki mekanizma ne? İşte bunun yanıtını aramak, kar depolanmasına etki eden asıl faktörün anlaşılmasına neden olabilecektir. Konuyla ilgili olarak son aylarda yapılan araştırmalar, tozun ışınlamayla ortama daha fazla sülfat çıkardığını da orta-

ya koymuş bulunuyor. Bir başka deyişle Sahra kökenli tozlar, içerdikleri sülfat aracılığıyla tek başlarına bile yeterli güneş enerjisi olduğu sürece bulut oluşturma özelliğine sahip bulunuyorlar. Sülfatın yalnızca kirlilik kaynaklı olduğunu kabullenen ve denizlerdeki alg patlamaları sonucu oluşan sülfatı ikincil kaynak olarak tanımlayan bilim dünyasının, Sahra kökenli tozların güneş ışığı ile ortama sülfat çıkarabileceği olgusunu hiç araştırmamış olduğu anlaşıyor.

Özellikle bahar aylarında Sahra çölünden kalkan ve Anadolu'ya gelen tozların milyonlarca ton miktarlarda olduğunu biliyoruz. Tarafımızca ortaya atılan ve Cemiliana Hipotezi olarak adlandırılan yaklaşıma göre güneş enerjisinin yeterli olduğu dönemde, gündüz vakti denizlere yağışla inen bu tozlar deniz yüzeyinde çok özel bir tür alg'in (Emiliana huxleyi) oluşmasına yol açıyor.

Bu aşamada bulut içerisinde gerçekleşen olaylara değinmekte ve Sahra çölüne özgü birtakım özellikleri vurgulamakta yarar var. Kuramın temeli, karasal kaynaklardan yeterli miktarda etkilenemeyen, örneğin Büyük Okyanus'un orta kesimlerindeki birincil üretim eksikliğinin, demir eksikliği nedeniyle bağlanmış olması ve bu bölgelerde oluşturulup denize yapay olarak ilave edilen demir sülfat'ın üretim patlamasına yol açmasına dayanıyor. Bilim dünyası, Sahra'dan devamlı toz alabilen Atlantik ve Akdeniz'de demir eksikliği olmadığından buradaki üretim eksikliğini başka nedenlerde arıyor. Bizim ortaya koyduğumuz yaklaşımsa, Sahra kökenli tozların belirli koşullarda ortama kullanılabilir demir sunabilmesi temeline dayanıyor. Sahra'da bulunan demir yüzdesinin bir başka yöredeki demir yüzdesinden hiçbir farkı bulunmuyor. Ancak az da olsa çok özel bir demir mineralini, yani hematit ve ge-

Çöl kökenli tozların içerdikleri çeşitli mantarlar.

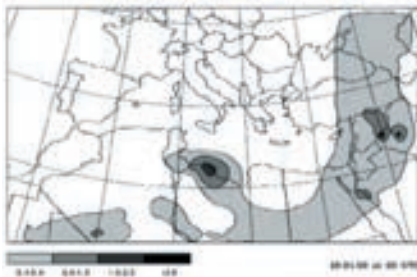


otitin yanı sıra lepidokrositi de içeriyor. Bilim dünyası, lepidokrositten kullanılabilir demir olan Fe(II) elde edilmesini ve bu amaçla endüstriyel kirlilikten kaynaklandığı varsayılan okzalatin indirgen olarak kullanılabileceğini söylüyor. Bizim gösterdiğimiz yenilikse, Sahra çölünün kendi okzalatinı içerdği mantarlar yardımıyla üretebilmesi olgusu.

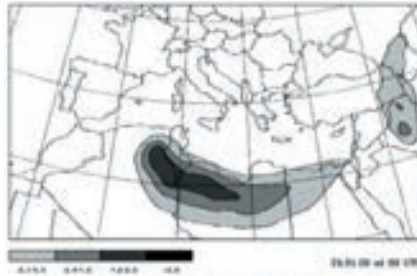
Sahra kökenli tozları kültür ortamında belirli şartlarda bekletince ortaya olağan üstü miktarda mantar kolonileri çıkıyor. Hücre faaliyetleri süresince ortama okzalate çıkaran mantarların bu özelliğiye, insanların idrar ile üretmeleri gibi doğal kabul edilmiş ve pek sorgulanmamış. Oysa Sahra'nın acımasız ortamında varlığını uzun süreler sürdürebilen mantar sporları meteorolojik koşullar elverdiğinde boyutları nedeniyle tozlardan daha da önce atmosferik taşınımına girip, bulut içerisinde su moleküllü ile karşılaşınca yaşama geçi-

yorlar. Okzalate bu aşamada mantarın ortamdaki kil mineraline yapışmasını sağlıyor ve eğer güneş enerjisi yeterli seviyedeysse, yaşamı için gerekli olan demiri kil ve sadece lepidokrosit mineralinden Fe(II) olarak alıyor. Hematit ve geotit, daha kuvvetli kristal yapıları nedeniyle demiri açığa çıkaramıyorlar. İşte bu nedenle yerkürede hematit ve geotit bulunurken lepidokrosit bulunmuyor. Güneş enerjisiyle ortama Fe(II) çıkaran bu dekarboksilasyon tepkimesi sonucunda ortama karbon dioksit'te çıkıyor. Bu olgu yalnızca Sahra kökenli tozlara özgü bir nitelik. Riyad kökenli tozlar ve çeşitli Anadolu toprakları aynı koşullarda yürütülen deneylere çok az veya hiç cevap vermemiş bulunuyor.

Bu denli Fe(II) içeren bulutların gündüz vakti denize inmeleri, *Ehux* olarak adlandırılan algin çoğalmasına yol açıyor. Bu alglerin varlığı uydular tarafından ancak 6-7 gün sonra ve algin olgunluk dönemi sonrasında belirgin bir şekilde saptanabiliyor. Yaptığımız çalışmalar, yaşamları süresince ortama çok özel bir kimyasal madde, metan sülfonik asit, (MSA) çıkartan bu alglerin çöl kökenli tozlarla birlikte Doğu Anadolu'da kar birikiminin asıl nedeni olduğunu ortaya koyuyor. Ortama bırakılan bu çok özel yapıdaki kimyasal madde (MSA), atmosfere çıkıyor ve Güneş ışığının da etkisiyle kısa zamanda sülfat parçacığına dönüşebiliyor. Sülfat



19-21 Ocak 2000 tarihli toz taşınımı

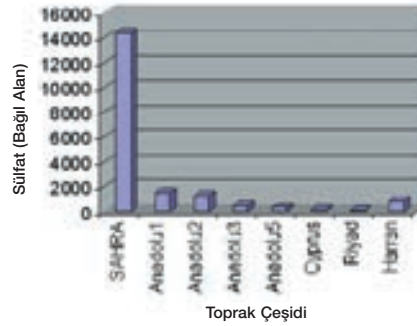


parçacığysa, asit yağmuru olma özelliği yanı sıra bilinen en iyi bulut oluşturma çekirdeği. Özellikle bahar döneminde orta Akdeniz'den ülkemize haftada bir gelen hava kütleleri deniz üzerinden geçerken, içerdikleri tozlar bu kimyasal maddeyle de kaplanıyor ve Doğu Anadolu'da bir seferde 40-50 cm kar depolanmasına neden oluyor. Yapılan kimyasal analizler, kış döneminde ve her seferinde sadece 10-15 cm kar depolanmasına neden olan olaylarda yağın karların içerisinde sadece sülfat parçacıkları olduğunu gösteriyor. Karın asıl depolandığı dönem olan Şubat sonu ve Mart aylarındaysa, karın içerisinde daha yoğun sülfat parçacıklarının yanı sıra denizlerdeki alg patlamasının iz madesi olan MSA da izlenebiliyor.

Ortaya koyduğumuz modele göre Orta Akdeniz'deki alg patlamalarının kontrol edilmesi, Doğu Anadolu'da kar depolanmasının istenilen şekilde kontrol edilmesi olgusunu ortaya koyacaktır. Bu durumda akla gelen soru şu: Denizlerdeki alg patlaması nasıl kontrol edilir; daha doğrusu edilebilir mi? Tarafımızca 1994'ten bu yana yapılan çalışmalar, alg patlamalarının çöl kökenli tozların gündüz vakti yağın yağmurla deniz ortamına inmesiyle tetiklendiğini ortaya koyuyor. Bu olgu Avrupa Birliği Komisyonu'nun 5. Çerçeve Programı'nca 2.4 milyon EURO ile desteklenen IRONAGES adlı bir projenin de ana temasını oluşturmuş bulunuyor ve Atlantik Okyanusu'nda 2003 döneminde denenecek.

Doğanın ortama meteorolojik olaylar aracılığıyla daha fazla toz atıp, toz, bulut ve güneş enerjisini buluşturup, özel bir mineralojik yapısı olan çöl kökenli tozlardan doğanın kullanabileceği haldeki demiri (+2 haldeki demir) yağmurla deniz yüzeyine indirmesi, tezimizin ana temeli. Doğanın bu üç öğeyi bir araya getirmesiyle ortaya çıkan bu olguyu, günümüz teknolojisini kullanarak istediğimiz yerde ve zamanda amaçlara uygun olarak gerçekleştirmek mümkündür.

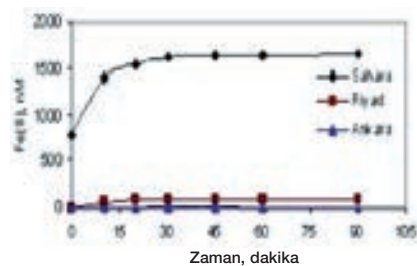
Özetlemek gerekirse Doğu Anadolu'da kar depolanmasının kontrol edilebilmesi, Kıbrıs, Girit, Libya ve Mısır arasında kalan açık Akdeniz'de alg (birincil üretim) patlamasının kontrol edilmesiyle olabilecektir. Bu olgunun gerçekleştirilmesi doğa tarafından her yıl deniyor ve eğer toz, bulut, güneş



Değişik topraklar-da ışınlama sonucu ortaya çıkan sülfat

enerjisi ve dolaylı alg patlaması oluşursa Doğu Anadolu'da yeterli miktarlarda kar depolanıyor. Bu denklemi sağlayan öğelerden her hangi birinin oluşmaması ya da gece vakti olması halindeyse alg patlaması gerçekleşmiyor ve ortama MSA çıkmıyor. İşte teknoloji kullanarak yapabileceğimiz şey de burada: İstenilen yerde ve zamanda bulut içerisine tozu serpip tohumlamak işlemini örneğin uçaklarla gerçekleştirebiliriz. Tozun kendi başına yağmur çekirdeği oluşturduğunu biliyoruz. Eğer yağmur oluşmazsa, yağmur oluşturma teknolojisini de biliyoruz.

Peki bu olanaklardan yalnızca bilimsel kuşkuculuğumuzun tatmin edilmesinde mi yararlanacağız? Hayır; kar yağışına yol açan olayların nedenini öğrenmek, gerektiğinde kar depolanmasını sağlayabilecek olaylara bundan sonra hükmetmemize olanak tanıyacak. Yani bundan böyle Doğu Anadolu'da kar birikimini isteklerimiz doğrultusunda arttırmak mümkün olacak. Bunun ileri için ne derece önemli olduğu açık. Bu olgu, bize istenilen her bölgede istenilen şekilde yağışlara hükmetme olanağı tanıyor. Hammadde olarak, şu ana kadar "çöl tozu" diye algılanıp hiçbir değeri olmadığı varsayılan bir kaynağın harekete geçirilmesi de, zaten kendi başına yeni bir politikanın yaratılmasına neden olacak kadar önemli.



Değişik topraklarda ışınlama sonucu ortaya çıkan demir miktarı

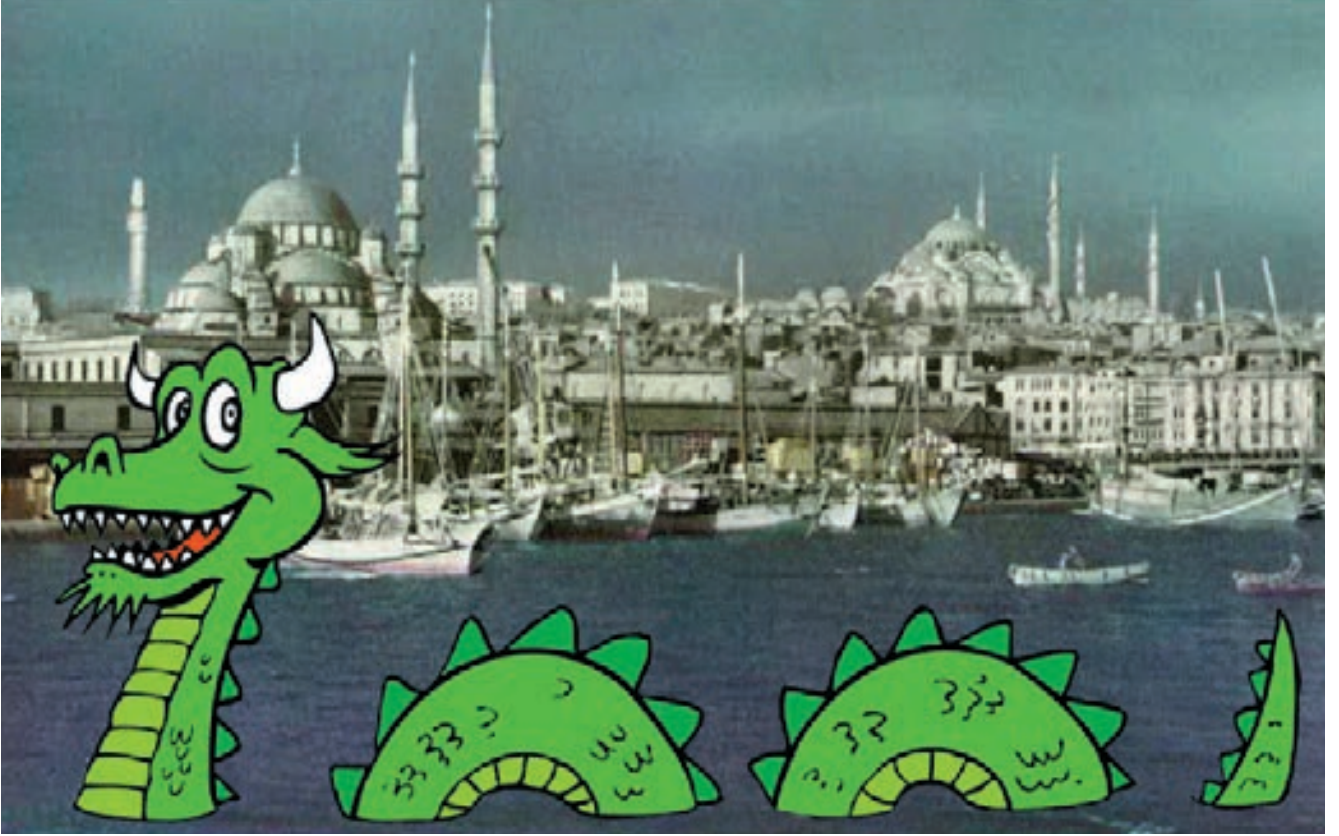
Büyük bir ülkenin bilim adamlarına, artık global fikirlerle ortaya çıkıp geniş coğrafi bölgelerde de araştırma yapmamız gerekliliğini anlatabilmeli ve bir an önce Sahra'nın hangi bölgesinin bizim için ekonomik değere sahip olduğunu bulmalıyız. Modeller, kaynağın özellikle Cezayir'in güneydoğusu, Tunus'un güneyi ve Libya'nın güneybatısı olduğunu gösteriyor. Doğu Anadolu'da kar biriktirmek amacıyla, uygulama alanı olan Akdeniz'in Girit, Kıbrıs, Mısır ve Libya arasında kalan bölgesi, bizim için son derece stratejik bir bölgedir. Bu bölgeyi denetlemek, elbette orada yapılacak bilimsel çalışmalarla gerçekleştirilebilir; denetimin askeri bir anlam taşıması kuşkusuz söz konusu olamaz.

Sanki bu gelişmeleri önceden tahmin etmişçesine ODTÜ Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü ve İsrail Hayfa Deniz Bilimleri Enstitüsü bu bölgede uzun seneler ortak araştırmalar yürütmüş bulunuyorlar. Tüm bunların arkasında yatan bilimsel gerçek, Sahra tozlarının içerisinde bulunan mantarlar ve özel demir mineralojisi olmakta. Hammadde ayaklarımızın altında fabrika da başımızın üzerinde. Kullanıp kullanmamak bize ait...

Bu güne kadar bizlere sadece yağış getirip Güneş'ten koruduğunu sandığımız bulutların aslında birer fabrika olabileceğini hiç düşündünüz mü? Hem de optik derinliği 5 hatta 10 km varan fabrikalar...Tek beklediği hammadde çöl kökenli toz ve güneş enerjisi. İnanması zor; ancak bu açıdan dahi Anadolu kadar stratejik öneme sahip bir yer gösterebilmek oldukça zor. Kaynağa yakın, güneş enerji seviyesi Mart- Kasım arası yeterli, hatta bulut tohumlama için yeterli yüksekliğe sahip dağlar, yeter ki kendimize inanalım...

A.Cemal Saydam, Hamide Z. Şenyuva
TÜBİTAK

- Kaynaklar
Saydam, A. C., Polat, I., *The impact of Saharan dust on the occurrence of algae bloom*, Proceeding of EUROTRAC Symposium98, pp 656-663 Eds: Borrell, P. M. and Borrell, P. WITpress, Southampton, (1999)
Guerzoni, S., Chester, R., Dulac, F., Herut, B., Loye-Pilot, M. D., Mesures, C., Migon, C., Molinaroli, E., Moulin, C., Rossini, P., Saydam, C., Soudine, A., Ziveri, P., *The role of atmospheric deposition in the biogeochemistry of the Mediterranean Sea*, Progress in Oceanography, 44, 147-190 (1999)
Saydam, A.C., Polat, I., Ozsoy, T., Şenyuva, H., *Iron comes from above Biochemistry of iron in seawater*, Working Group 109/SCOR 1-5 Nov. 98, Amsterdam, pp:32-33 (1998)
Saydam, A.C., Polat, I., *Dust induced algae blooms*, Ocean Optics XIV, Kailua-Kona, Hawaii, 10-13 Nov, pp:75, (1998).
Saydam, A.C., Şenyuva, H., Polat, I., *Desert dust as a potential source of Fe(II)*, Surface Ocean Lower Atmosphere Study, SOLAS Open Science Conference, Damp Germany, pp. 91, 20-24 Feb, (2000)



500 Yıllık Fiyat Artışları Tarihi (1469-2000) İstanbul'da Enflasyon

Türkiye son 25 yılda oldukça yüksek enflasyon hızlarıyla yaşadı. Enflasyonun iktisadi ve toplumsal maliyetlerine katlanmak zorunda kaldı. Acaba tarihimizde başka hızlı enflasyon dönemleri var mıdır? Bu deneyimlerden günümüz için dersler çıkarmak mümkün mü? Osmanlı bürokrasisinin defter tutma geleneği sayesinde, dünyada çok az sayıda ülkede yapılabilecek bir nicel çalışmayı gerçekleştirmek ve tüketici fiyatlarının tarihini 500 yıllık zaman dilimi içinde incelemek mümkün oldu. Bu yazıda 15. yüzyılın ikinci yarısından günümüze kadar İstanbul'da tüketici fiyatlarının tarihi üzerine yaptığımız, yedi yıl süren bir ekip çalışmasının yöntemi tartışılıp, özet sonuçları grafikler halinde veriliyor.

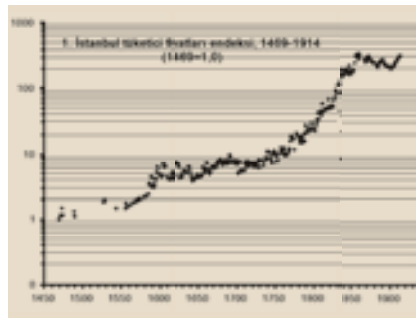
Fiyat tarihi çalışması için İstanbul'un seçilmesinin en önemli nedeni, Osmanlı döneminde en ayrıntılı fiyat verilerinin başkent İstanbul için bulunmasıdır. Ayrıca İstanbul, hem büyüklüğü hem de siyasi önemi açısından çok istisnai bir konumdaydı. Yarım milyona yaklaşan nüfusuyla 16. yüzyılda Avrupa ve batı Asya'nın en büyük kentiydi. Diğer büyük ve tüketici kentlerde görüldüğü gibi, devletin iktisadi öncelikleri içinde büyük bir ağırlığı vardı. Öte yandan yaptığımız hesaplamalar, diğer Osmanlı ve Türkiye kentlerindeki fiyat hareketlerinin İstanbul'un

uzun vadeli eğilimlerine oldukça yakın olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, İstanbul tüketici fiyatlarının orta ve uzun vadeli eğilimlerinin, Osmanlı İmparatorluğu ve

Cumhuriyet Türkiye'si kentlerindeki uzun dönemli fiyat hareketlerini de oldukça sağlıklı bir biçimde yansıttığını söyleyebiliriz.

Tüketici Fiyat Endeksleri

Beş yüz yıllık fiyat tarihi çalışması, eldeki verilerin özellikleri nedeniyle, birbirleriyle bağlantılı üç dönem halinde yürütülmüştür : 1469-1860, 1860-1914 ve 1914-2000. 1469-1860 dönemi için, Osmanlı arşivlerindeki altı binden fazla hesap defte-



ri ve listeden derlenen temel gıda mallarına ve diğer mallara ilişkin fiyat verileri kullanılarak tüketici fiyatları endeksleri hesaplanmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında 1469-1860 dönemi için üç ayrı gıda malları fiyat endeksi hesaplanmıştır. Zaman içinde malların kalitelerinde ortaya çıkabilecek farklılıklardan etkilenmemeleri için, ilk aşamada endeksler un, pirinç, bal, sadeyağı ve zeytinyağı gibi beş standart mal ile sınırlı tutulmuştur. Bu endekslerden birincisi için İstanbul'daki büyüklü küçüklü vakıfların ve bunların imaretlerinin hesap defterlerinden yararlanılmıştır. Bu defterlerde, imaretlerin düzenli olarak pişirip sundukları yemekler için satın aldıkları gıda mallarının miktarları ve birim fiyatları yer almaktadır. İmaretler İstanbul piyasasından sık sık alım yapmakta, büyük imaretler için bu alımlar büyük miktarlara ulaşabilmekteydi. Vakıf hesap defterlerindeki Hicri tarihler Miladi'ye çevrildikten sonra, her mal için bir Miladi yıl süresi içinde yapılan alımlarda, belirli kalite farklılıklarını da yansıtan tüm fiyatların ağırlıklı ortalaması hesaplanmıştır. Bu veriler büyük çoğunluğuyla Başbakanlık Osmanlı Arşivi, Maliyeden Müdevver ve Evkaf Nezareti Haremeyn Muhasebeciliği tasniflerindeki defterlerden sağlanmıştır. Gıda malları için ikinci endeks, Topkapı Sarayı Mutfağı (Matbah-ı Amire) tarafından satın alınan gıda mallarının fiyatlarından hesaplanmıştır. Her gün binlerce kişi için yüzlerce kap yemek pişiren bu kurumun satın aldığı malların miktarı ve ödenilen fiyatlar ayrıntılı olarak tutulan defterlerde yer



İstanbul'da pazar

almaktadır. Bu defterler de Başbakanlık Osmanlı Arşivi'nde bulunmaktadır. Gıda malları için oluşturulan üçüncü endeks ise İstanbul kent yönetiminin loncalara danışarak her mal için ayrı ayrı belirlediği narh fiyatları kullanılarak hesaplanmıştır. Narh fiyatları kent içinde esnafa ve tüketicilere ilan edildiği gibi, kadılar tarafından mahkeme kayıtlarına da eklenmekteydi. İstanbul Müftülüğündeki arşiv çalışmaları sırasında İstanbul'un Suriçi bölgesinde görev yapan mahkemenin kayıtlarından sınırlı sayıda narh listesi sağlanabildiği için, Üsküdar ve Galata mahkemelerine ait kayıtlar da kullanılmıştır.

Bu üç gıda malı endeksinin orta ve uzun vadeli eğilimlerinin birbirle-

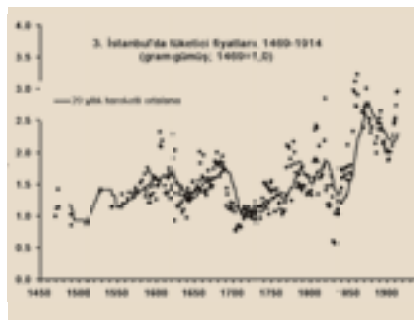
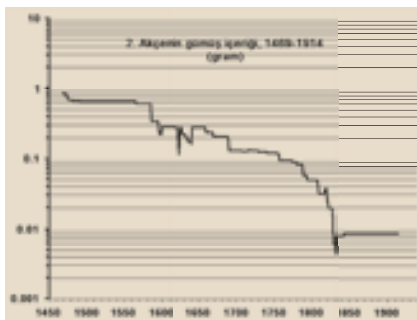
rine çok benzediği anlaşılmıştır. Buna karşın, saray mutfağı ve narh fiyatlarının daha fazla devlet denetiminde olduğu dikkate alınarak, çalışmamızın nihai sonuçları için irili ufaklı çok sayıda vakfın ve bunların imaretlerinin ödedikleri fiyatlar esas alınmıştır. Ancak, vakıflara ait fiyatların bulunmadığı az sayıdaki yıl için, saray mutfağının ödediği fiyatlar zincirleme yoluyla endekse bağlanmıştır. Narh fiyatları nihai endekse dahil edilmemiştir.

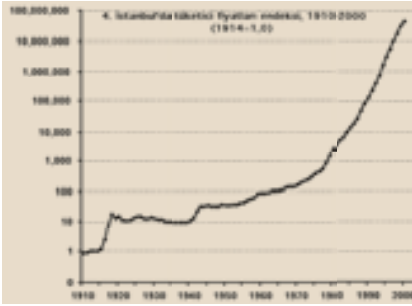
Ortalama kentli tüketicinin harcama alışkanlıkları dikkate alınarak, gıda mallarının toplam endeks içindeki ağırlığı yüzde 75 ile 80 arasında tutulmuştur. Çeşitli gıda mallarının endeks içindeki ağırlıkları ise kullandığımız hesap defterlerindeki alımların miktarlarına ve toplam gıda harcamaları içindeki paylarına göre belirlenmiştir. Bir başka deyişle, gıda malları fiyat endeksi oluştu-

rulurken imaretlerin yaptıkları alımlardaki paylar izlenmiştir. Yukarıda sayılan temel malların yanısıra aynı kaynaklardan derlenen koyun eti, süt, yumurta, nohut, mercimek, soğan gibi malların fiyatları da verilerin elverdiği ölçüde endeks hesaplamalarında kullanılmıştır.

1469-1860 dönemi ile ilgili çalışmanın ikinci aşamasında, çeşitli arşiv kaynaklarından derlenen gıda dışındaki malların fiyatları endekse katılmıştır. Bu aşamada kullanılan mallar sabun, odun, kömür ve çividir. Çivi fiyatları okka başına olarak inşaat ve tamirat defterlerinden derlenmiştir. Ayrıca, iki tür çuha (yünlü kumaş) için fiyat verileri derlenmiş, ancak bunların sarayda tüketilen pahalı türden kumaşlar olduğu ve zaman içinde niteliklerinin değişmiş olabileceği düşünülerek, çuha fiyatları endeks dışında tutulmuştur. Bir tüketici fiyatları endeksinde bu malların yanısıra, ev kirasına da yer vermek yararlı olurdu. Ancak, bu aşamada arşiv belgelerinden bu amaca hizmet edecek bir dizi derlemek mümkün gözükmemektedir.

1860 sonrasındaki dönemde vakıf, saray mutfağı ve narh kaynaklarından





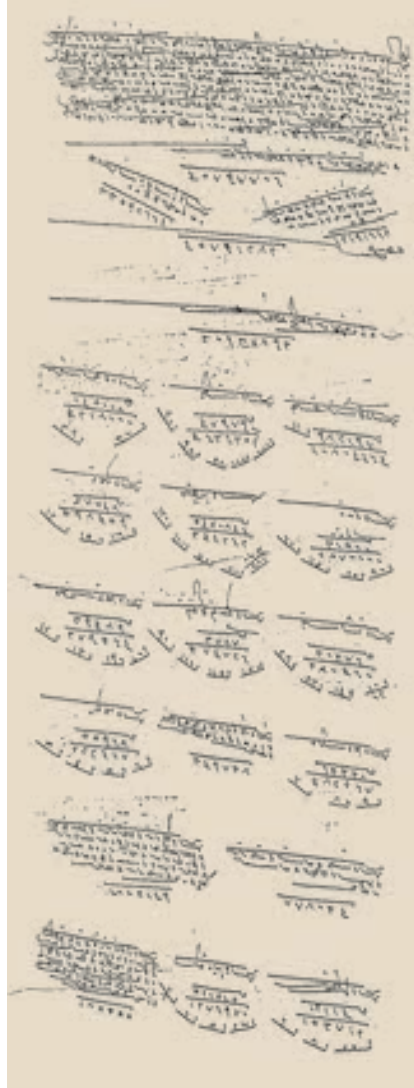


mıştır. Sözkonusu dört buçuk yüz-yıllık sürede, akçe cinsinden fiyatlar 300 kat arttığı halde, gram gümüş cinsinden fiyatların çok daha dar bir aralıkta, 1,0 ile 3,0 arasında kalmış olması dikkat çekmektedir. Bir başka deyişle, gram gümüş cinsinden ifade edilen fiyatların artışı sınırlı kalmıştır. Uzun vadede tağşişlerin Osmanlı fiyat düzeyinin en önemli belirleyicisi olduğu görülmektedir. Fiyatlar para biriminin içerdiği gümüş miktarıyla ters orantılı olarak, ya da tağşiş hızıyla doğru orantılı olarak artmıştır. (Madeni para dönemi için kullanılan gram gümüş cinsinden fiyat endeksini, günümüzde uluslararası karşılaştırmalar için kullanılan dolar cinsinden fiyat endekslerine benzetmek mümkündür.)

Osmanlı ekonomisinde tağşişler ile fiyat artışlarının neden ve sonuçlarını daha ayrıntılı olarak tartışabilmek için, para kullanımının iktisadi ve toplumsal yaşam içindeki yerini dikkate almak gerekiyor. Osmanlı kent ve kasabalarında para ve kredi kullanımını bir hayli yaygındı. Ayrıca kırsal nüfusun bir bölümü de para ekonomisinin içine çekilmişti. 16. yüzyılda değerli madenlerin bollaşması ve kentlerle kırsal alanlar arasındaki iktisadi bağların güçlenmesiyle birlikte, kırsal nüfusun önemli bir bölümü de sikke kullanmaya başladı. Balkanlar ve Anadolu'da, köylülerin ürünlerini getirip kent ve kasaba sakinlerine sattıkları, düzenli olarak kurulan pazarlar ve panayırlar ortaya çıktı. Ayrıca, kent ve kasaba merkezlerinde ve çevrelerinde küçük ölçekli ancak yoğun bir kredi ağı gelişti. Ne İslam dininin faiz ve tefeciliğe ilişkin yasaklamaları, ne de bankacılık kurumlarının yokluğu, Osmanlı toplumun-

da kredi ilişkilerinin yaygınlaşmasını engellemiştir.

Osmanlı döneminde de para ile enflasyon arasında bugünküne benzer bir ilişki vardı. Uzun vadede Osmanlı dönemindeki enflasyonun en

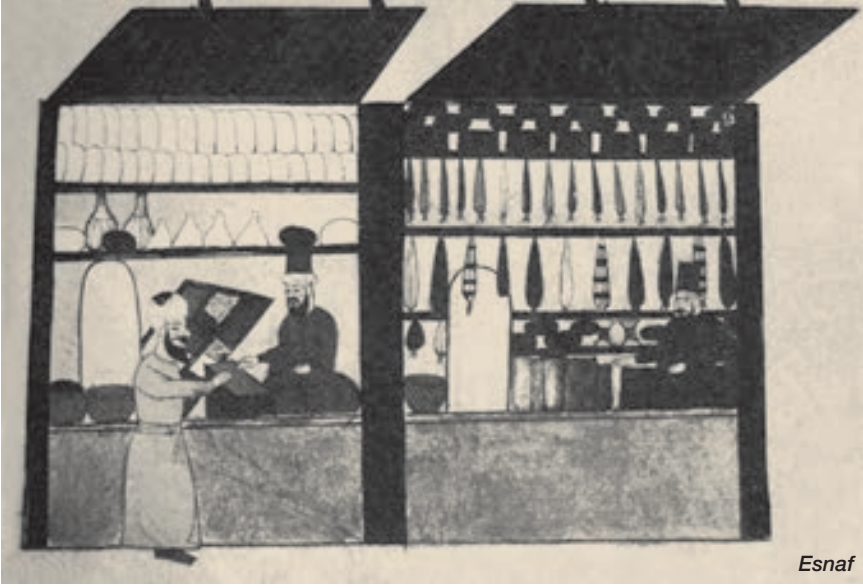


Topkapı Sarayı mutfağının hesapları, Şevval 1080-Şevval 1081 (Mart 1670-Şubat 1671) arası; Başbakanlık Osmanlı Arşivyeri, Bab-ı Defteri, Matbah Emni tasnifi, Belge No. 10540

önemli nedeni tağşişlerdi. Tağşişleri işe yaramayan, anlamsız ya da mantıksız önlemler olarak değil, özellikle kısa vadede devlete gelir sağlayan mali politika araçları olarak görmek gerekir. Tağşiş sayesinde devlet, aynı miktarda gümüşle itibari değeri daha fazla miktarda sikke basmakta ve o para birimi cinsinden ifade edilen ödemelerinin daha büyük bir bölümünü karşılayabilmekteydi. Bir tağşiş sonrasında devlet, eğer gücü yeterse, eski sikkelerin tedavülünü yasaklayarak ve darphaneye getirilen eski sikkelerin yeniden basımı için de ücret talep ederek ek gelir sağlamaktaydı. Kısacası bu uygulama, bugün devletin kağıt para basmasına çok benzemektedir. Ancak tağşişler bir yandan devlete ek mali gelir sağlarken, öte yandan özellikle başkentte önemli bir siyasal muhalefet yaratıyordu.

Para kullanımının bir hayli yaygın olduğu Osmanlı toplumunda hemen her kesim tağşişlerden etkileniyor ve her kesim şu ya da bu biçimde tavır alıyordu. O dönemde erkek ve kadınların büyük çoğunluğu hem çeşitli sikkelerin değerleri, hem de tağşişlerin kime yaradığı, kimin kazandığı, kimin kaybettiği konusunda oldukça net fikirleri vardı.

Tağşişlerden en fazla zarar gören kesimler, akçe üzerinden sabit ödeme bekleyenlerdi. Bunların içinde köylülerden topladıkları vergilerin bir bölümünü akçe cinsinden alan sipahiler de vardı. Lonca üyeleri, esnaf, dükkan sahipleri ve küçük tüccarlarla ücretle çalışan zanaatkarlar tağşişler ve onu izleyen fiyat artışlarından olumsuz etkileniyordu. Tağşişlerden zarar gören bir diğer kesim de ücretleri devlet tarafından öde-



Esnaf

nen devlet memurları, ulema ve özellikle de başkentte yaşayan yeniçerilerdi. 17. yüzyıldan itibaren başkentteki yeniçeriler aynı zamanda esnaf veya dükkan sahipleri olarak çalıştıkları için, bu iki kesim arasında zaten önemli bir örtüşme vardı. Bu geniş muhalefet bloğu, devletin taşışları daha sık kullanmasına karşı önemli bir engel oluşturuyordu. Bu nedenle Osmanlı dönemindeki taşışların ve fiyat artışlarının daha sınırlı kaldığını söyleyebiliriz.

1914 Sonrasında Fiyatlar

1914 sonrası dönem üzerine yayımlanmış tüketici ve toptan fiyat endeksleri bulunduğu için, İstanbul kentine ait fiyat dizilerini günümüze kadar getirmek mümkün olmuştur. Bu son dönemde İstanbul Ticaret Odası, Hazine ve Dış Ticaret Müsteşarlığı ve Devlet İstatistik Enstitüsü tarafından hazırlanan geçinme ve tüketici fiyat endekslerinden yararlanılmıştır.

Özellikle son 50 yılda pek çok yeni ürünün (örneğin buzdolabı) yaygınlaşması ve ortalama tüketim sepetinin bir hayli değişmesi nedeniyle, fiyat artışlarını ölçmek güçleşmiştir. Yine de, elimizdeki verileri kullanarak anlamlı sonuçlara ulaşmak mümkündür. Grafik 4'de dikey eksen logaritmik ölçeğe göre düzenlendiği için, endeks eğrisinin eğimi, fiyatların artış hızını yansıtmaktadır.

Bu grafikten İstanbul kentinde tüketici fiyatlarının 1914'den 2000 yılına kadar toplam olarak 45 milyon kat, 1923 yılından 2000 yılına kadar da yaklaşık 4 milyon kat arttığı görülmektedir. 450 yılda toplam olarak 300 kat kadar artan Osmanlı fiyatlarıyla karşılaştırıldığında, kağıt paraya dayalı düzenin çok daha yüksek enflasyon hızlarına yol açtığı anlaşılmaktadır. Grafik 5'den izlenebileceği gibi, 20. yüzyılın en hızlı fiyat artışları Birinci Dünya Savaşı yıllarında ortaya çıkmıştır. Tüketici fiyatları Birinci Dünya Savaşı'ndan sonra ve 1930'lar boyunca gerilemiş, ancak İkinci Dünya Savaşı yıllarında yine hızlı bir enflasyon dönemi yaşanmıştır. 1970'lerin ilk yarısından itibaren yıllık enflasyon oranları tırmanma eğilimi içine girmiştir. Bu verilerden 1914'den günümüze kadar İstanbul'da fiyat artışlarının yıllık hızının yüzde 21,9, 1923'den günümüze kadarki dönemde ise, ortalama enflasyon hızının yılda yüzde 20,9 olduğu anlaşılmaktadır. Uzun dönemli olarak bakıldığında, Cumhuriyet döneminde de hızlı enflasyon ile bütçe ya da kamu kesiminin finansman açikla-



rı ve kağıt para basımı arasında yakın bir ilişki olduğu görülmektedir.

Sonuç

İstanbul'un Osmanlılar tarafından fethinden günümüze kadar tüketici fiyatlarının yaklaşık olarak 13.500.000.000 (13,5 milyar) kat arttığı anlaşılmaktadır. Bu toplam artışın 300 katı esas olarak madeni para birimlerinin geçerli olduğu 1914 öncesine, 45 milyon katı ise kağıt paraya dayanan rejimlerin geçerli olduğu 1914 sonrasına aittir. 1469-1914 arasında yıllık ortalama fiyat artışları yüzde 1,3 oranında kalırken, 1914'den günümüze uzanan dönemde ortalama yıllık enflasyon hızı yüzde 21'in üzerinde olmuştur.

Bu veriler 1914 öncesiyile sonrası arasında, madeni para ile kağıt para dönemleri arasında bir hayli farklı enflasyon hızlarına işaret ediyor. Ancak, zaman içinde iktisadi ve toplumsal kurumların da büyük değişiklikler gösterdiğini, özellikle 1970 sonrasında, endeksleme gibi yöntemler sayesinde ekonominin ve toplumun enflasyona karşı direncinin ya da enflasyonla birlikte yaşayabilme gücünü arttığını unutmamak gerekir. Bir başka deyişle Osmanlı döneminin daha düşük enflasyon hızlarının ekonomi ve toplum üzerindeki etkileri zaman zaman bugünkü enflasyon kadar güçlü olabiliyordu.

Bu nedenle, Osmanlı tarihindeki bugün için yavaş ancak o dönem için hızlı sayılabilecek enflasyon deneyimlerinin, bugünkü enflasyonu anlayabilmek için son derece ilginç dersler sunduğunu düşünüyoruz. Osmanlı döneminin enflasyon deneyimleri bize özellikle enflasyonun iktisadi, mali, toplumsal ve siyasal neden ve sonuçları hakkında önemli ipuçları sağlıyor.

Şevket Pamuk

Prof. Dr., İktisat Tarihçisi, Boğaziçi Üniversitesi Öğretim Üyesi ve Türkiye Bilimler Akademisi üyesi

Kaynaklar

Pamuk, Ş., *İstanbul ve Diğer Kentlerde 500 Yıllık Fiyatlar ve Ücretler*, 1469-1998, Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara, 2000

Fiyat Devrimi'nin Osmanlı ekonomisi üzerindeki etkileri bundan 30 yıl önce Ö. L. Barkan, "XVI. Asrın İkinci Yarısında Türkiye'de Fiyat Hareketleri", *Belleten* 34 (1970), 557-607

Pamuk, Ş., *Osmanlı İmparatorluğu'nda Para'nın Tarihi*, Tarih Vakfı Yurt Yayınları, İstanbul, 1999



Gerçi

Ş a h i n K o ç a k

Eratosten Kalburu

Değerli Okurlar,

Eratosten (Eratosthenes) kalburunu çok iyi bildiğinizi sandığım için onu anlatmayacağım. Onun yerine Eratosten'in çok daha ilginç bir parıltısından bahsedeceğim. Bu adam Dünya'nın çevresini ilk hesaplamış olan kişi.

Eratosten'in bunu nasıl yaptığını bize lise öğrencisiyken fizik hocamız (Sabahattin Ökten) anlatmıştı. Yıllar sonra aynı hikayeyi bir gazetecinin (Çetin Altan) köşe yazısında okudum. Aradan gene epeyce bir zaman geçtikten sonra aynı meseleyi bu defa bir nükleer mühendisten (Prof. Dr. Tolga Yarman) dinledim. Artık bu iş bana biraz fazla gelmeye başlamıştı. Bu matematikçilere ne oluyordu? Herkes bu işi anlatırken onların oralı olduğu yoktu. Oysa matematiğin dünyayla bir alakasının olduğu bundan daha iyi anlatılamazdı. Artık ayıp oluyor deyip, her dünya vatandaşının bilmesini arzuladığım bu meseleyi önüme gelene anlatmaya başladım.

Bir gün bu öyküyü anlatırken Eratosten yerine yanlışlıkla Aristarkus ismini kullanmış olmalıyım ki bir meslekdaşım (Öğr. Gör. Mehmet Üreyen) beni uyardı ve o dediğin Aristarkus değil de Eratosten değil miydi dedi. Bunun üzerine, doğru ismi aklımda nasıl tutacağım diye düşünürken (Aristarkus'un da astronomik orijinaliteleri olduğu için karıştıırıyordum herhalde) birden aklıma Eratosten'in kalburu geldi. Aristarkus'un böyle bir eşyası yoktu.

Gündelik eşyaların önemini böylece kavradım. Artık kalbur deyince aklıma hemen Eratosten gelir ve Aristarkus'u derhal dışlayabilirdim. Geriye sadece küçük bir mesele kalıyordu: Benim için bir anahtar rolü oynayacak kalbur'u nasıl hatırlayacaktım? Ama bununla ilgili bir sorun yaşamadım, çünkü dünya deyince kalbur hemen akla geliyordu.

Artık Dünya'nın yuvarlaklığı ve çevresi meselesine dönebiliriz. Ben oldum olası insanların nasıl olup da bir vakitler Dünya'nın düz olduğunu düşünebildiklerine hayret ederim. Atalarımızın işi hiçbir zaman kolay olmadı ve ağaçlarda geçirdiğimiz milyonlarca yıldan sonra aslında Dünya'yı üç boyutlu, dallı budaklı, bir tür örgü gibi düşünebildik. Hem o kadar emin de olmayalım, belki düşünmüşüzdür de bir iz kalmadığı için hatırlamıyoruzdur. Hatta belki de hatırlıyoruzdur da, farkında olmayabiliriz. Çünkü hatırlamak ille de bir imajın bilinçte rekonstruksiyonu gibi olmayabilir de, bedenimizle hatırlıyor olabiliriz. Nasıl kanımız, içindeki tuz oranıyla çok da hassas bir şekilde ağaçlardan da önce içinde yüzdüğümüz denizleri hatırlıyorsa, belki daha genç olan beynimizdeki sinir örgüleri o korkulu cangılı hatırlıyordur. Daha doğrusu kanımız nasıl o denizse, beynimiz de o cangıldır. Çünkü şu hayatın acı bir gerçeğidir ki, neyi anlamak istiyorsanız, ona benzemek zorundasınız. O cangılda yaşamak isteyen, onu anlamak zorunda, onu anlamak isteyen de ona benzemek zo-

rundadır. Belki de o cangıl, ağaçlardan da öte, var olan şeylerin ve ilişkilerin cangılıdır. Tepsi gibi beyinle böyle bir cangıl kavranamaz.

Ağaçlardan yere inseniz de kavranamaz. Zaten yer de düz değil. Bazı düzlük ve açıklık gibi yerler olsa da, oralar her zaman tehlikeliydi. Belki de onun için hala açıklıktan korkuyor olabiliriz. Mağaralardaki korunmuşluk özlemi ve onu terketme korkusu derinliklerimizde yatıyor ve embriyonlarımız tarafından bile biliniyor olabilir. Ama eninde sonunda açıklığa çıkmak zorundayız. Çünkü gıdamız orda. Güçlendikçe ve güvenimiz arttıkça daha fazla açılabiliriz. Sonunda Mezopotamya'da o görkemli zaferi kazandık. Orası uçsuz bucaksız ve dümdüzdü. Daha doğrusu herhalde öyle sandık. Ve etrafımız düz diye Dünya'nın da düz olduğunu sandık.

Ben Mezopotamya'yı görmedim ve oraya nasıl düz dediler bilmiyorum. Ama Salihli ovasını biliyorum ve düz değil! Her tarafta fındık gibi, yumruk gibi taşlar, kesekler, pütürler, girintiler, çıkıntılar, hatta yerden dikine metrelerce yükselen ve sürekli kırıp duran şeyler var. Gerçi uzaktan düzmüş gibi görünen yüzeyler de var, ama yaklaşıncı sınıldayıp dalgalanıp duruyorlar. Yani buralara bakıp da bize öğretilen Öklid düzlemini düşünmek için insanın zihnini bayağı yatıştırması ve birçok şeyi görmezden gelmesi gerekiyor. Ama zamanın rahiplerinde bu özellikler vardı.

Bu eyleme “idealize etmek” ya da soyutlamak deniyor. Yani bir anlamda “hata”lardan veya “fazlalık”lardan arındırmak. Tabii bu arınmayla birlikte objenin gerçekliği de kayboluyor, obje gerçek-dışı hale geliyor, yani yok oluyor. Fakat bu dönüşüm sırasında muhayyel bir mekânda, aslında var-olmayan yeni bir obje ortaya çıkıyor (yani var oluyor) ve bu yeni obje eskisinden birşeyler hatırlıyor. Yeni obje bizim zihin mülkümüzde bize ait birşey oluyor; onu daha kolay manipüle edebiliyoruz ve onun hatırladığı o birşeyler bize bizim dışımızla ilgili ipuçları verebiliyor.

Bir aczin bir meziyete dönüştüğü ve üstelik bunun işe de yaradığı daha çarpıcı bir olay düşünemiyorum. O bereketli ovaları ova yapan sayısız ayrıntıyı ve eşitsizliği görmezden gel, alçağın-yükseğin, böceğin-çakılın eşitlendiği dümdüz ve sıpsığ ve ruhsuz bir düzlem düşün ve bunu o pürüklü-yuvarlak ve içi bozçekirdekli- beyazlıflı kafanla yap, sonra gerçek dünyayla neredeyse hiçbir bağlantısı kalmamış bu sanal dünyada kendince bir tuhaf oyunlar oyna ve teoremler ispatla, bir gün uzaktaki bir kuyunun dibine Güneş ışığının yılda sadece bir gün indiğini duy, sonra da iki şehrin arasını arşınla ve üzerinde yaşadığımız dünya düz değil yuvarlak de ve çevresini hesapla...

Bu kadarına aklım yetmiyor. Ama anlaşılan bazı akıllar yetmiş.

Eratosten dediğim işte bu akıl. M.Ö. 276-194 arasında çevresini ölçtüğü gezegene konuk olan Eratosthenes’e çağdaşları, beş alanda çok iyi olduğu için Pentathlos diyorlarmış. Tabii ortalıkta Arşimed gibi (Archimedes M.Ö. 287-212) bir hilkat garibesi dolaşırken en iyi olmak başka fâniye nasip olamazdı. (Bu deyimimi umarım bağışlıyorsunuzdur, çünkü normal olmayana garip diyorsak ve biz de normal oluyorsak, Arşimed de öyle oluyor)

Eratosten bir gün Syene diye bir şehirde (bugünkü Assuan) derin bir kuyu olduğunu ve güneş ışığının yılda yalnızca bir gün (yaz gündönümünde) kuyunun dibine kadar indiğini duymuş. (Bu

durumda kuyuya bakarsak Güneşi görebilir miyiz, yoksa kafamız mani olur mu sorusunu size bırakıyorum. Şaka bir tarafa, Syene’nin enlemini tahmin edebilir misiniz? Edemezseniz haritaya bakar mısınız? Hayret ettiniz mi? Bu bir tesadüf mü? Tam orada derin bir kuyu olması ne şans değil mi!). Eratosten’in bu bilgiye okuyarak ulaştığı rivayeti de var, çünkü o sıralar İskenderiye Kütüphanesi müdürü imiş (ve o zamanlar kütüphane müdürlüğü de en mühim mevkilerden biri imiş). Tabii müdür olarak o kitapları okumuş da olabilir. Ben bilgiye nasıl ulaşıldığından çok, bilginin nasıl kullanıldığının daha önemli olduğunu düşünüyorum, ancak sanırım bu kanaat modern bilgi toplu-

olurdu. Aynı Dünya örneğinde, İskenderiye bir hörgücün yamacında kurulmuş olsa (ve Syene tepede kalsa), kule gölge verirdi, ama gene Dünya’nın yuvarlak olduğu iddiası yanlış olurdu.

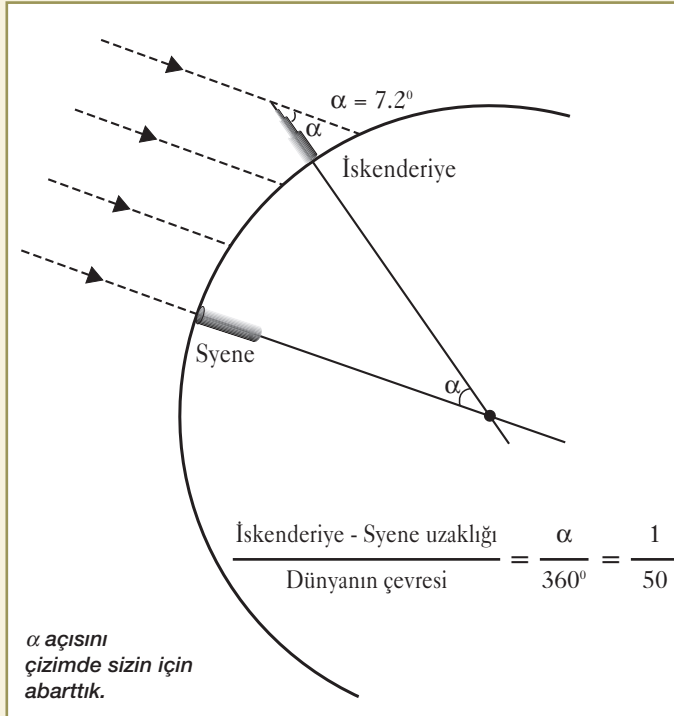
Ama şu kadarı muhakkaktır ki, kule gölge verirse Dünya düz olamaz! Çünkü Dünya düz olursa kule gölge veremez. Ve İskenderiye kulesi gölge veriyor! Yani Dünya düz değil! (Aslında ben de baştan beri bunu söylemeye çalışıyorum ya). Peki bu durumda neden Eratosten Dünya yuvarlaktır diyor? Herhalde gökyüzünde hörgüçlü örnekler olmadığı için olmalı. Yani bunu aslında, güneş ve ayla ve başka estetik sebeplerle destekli olmakla beraber, şanslı bir hipotez kabul edebiliriz. (Tabii bu da gene rahip hoşgörüsü çerçevesinde geçerli sayılabilir, yoksa gerçek dünyanın iki hörgüçlü bir deveden daha da eğri büğrü olduğu konusunda anlaştık sanırım.)

Şimdi çevre meselesine geçebiliriz. Bu arada Eratosten’in tabii ki Güneş ışınlarıyla kulenin yaptığı açıyı, gölgeyi kullanarak, oldukça hassas bir şekilde ölçtüğünü söylemeye lüzum yoktur sanırım. Eratosten bu açıyı “dört dik açının 50’de biri” olarak veriyor. (Yani $4 \times 90^\circ / 50 = 360^\circ / 50 = 7,2^\circ$) Yandaki şekil gösteriyor ki, artık Dünyanın çevresini bulmak için, İskenderiye ile Syene arasındaki mesafeyi bilmek yeterli.

(Tabii burada Eratosten’in şansı bir kere daha yaver gidiyor, çünkü bu şehirler kabaca aynı boylamda kabul edilebilir).

Artık bundan sonrası tabana kuvvet. Fizik hocamız bize Eratosten’in bu mesafeyi arşınladığını söylemişti. Başka rivayetler de var ama, ben böyle adamlardan korkarım, verilen bilgilere inanmayıp gerçekten arşınlanmış olabilir. Bir gerçeğe ulaşmak için 800 km nedir ki? Daha mütevazı amaçlar için bunun yarısından fazla bir mesafe daha yakında yürünmedi mi?

Sonuçta, Dünya’nın çevresi = 800 km x 50 = 40 000 km değerini elde ediyoruz ki, insan şapka çıkartıyor. Siz bunun için 800 km yürümez miydiniz?



mu tarafından paylaşılmıyor. Maamafih bazen bilgiye nasıl ulaşıldığı da önemli olabilir. Her neyse, bu bilgiye ulaşan Eratosten’in zihninde bir parıltı oluşuyor. İlk yaz gündönümü yaklaşırken İskenderiye’deki bir kulenin başında heyecanla bekliyor: Kule gölge vermezse, Dünya düz; verirse, yuvarlak olacak. (Daha doğrusu Dünya’nın nasıl olduğu belli de, bunu Eratosten de anlayacak).

Tabii ben bu çıkarsamaların her ikisine de katılmamakla birlikte, gene de Eratosten’i mâzur görüyorum: Dünya çift hörgüçlü bir deve gibi olsa ve Syene ile İskenderiye şehirleri bu hörgüçlerin tam tepelerinde olsa, kule gene gölge vermezdi ve sadece bu sebeple Dünya’nın düz olduğu iddiası saçma

Goldbach Cephesinde Son Durum...

Christian Goldbach, 7 Haziran 1742'de Euler'e yazdığı mektubunda ünlü tahminini, bugün ifade ettiğimiz şekliyle 2'den büyük her çift sayının iki tane asal sayının toplamı şeklinde yazılabileceğini, dile getirmişti. Euler, doğru olduğundan şüphesi olmadığını, fakat kanıtlayamadığını söylüyordu cevabında. Euler'den sonra binlerce matematikçi aynı tecrübeyi yaşadı. Bugün ise bu tahminin doğruluğu konusunda Euler'den daha emin olduğumuz halde, kimse ne doğruluğunu ne de yanlışlığını ispatlayabilmiş durumda. Bir kitap yayımcısının, kitaba reklam amacıyla koyduğu 1 milyon dolar tutarındaki ödül bakalım bu tahminin ispatına yardım edecek mi?

Goldbach tahmininin ispatı konusunda mektuplar yağmaya devam ediyor. Fakat bu ay da gereken ispatı tamamlayan yok. Goldbach tahmini 2'den büyük her çift sayının iki asal sayının toplamı şeklinde yazılabileceğini söylüyordu. Matematikte kullanılan ispat yöntemlerinde, genellikle teorem verildiği şekilde değil de, daha değişik bir şekle sokularak ispatlanmaya çalışılır. Örneğin Goldbach tahminini "1'den büyük her sayıya eşit uzaklıkta olan iki asal sayı vardır" şeklinde düşünmek de olası. Bunun daha değişik bir ifadesi de "1'den büyük her sayının iki asal sayının aritmetik ortalaması olduğu". Gerçi tahminin bu şekilde değiştirilmesi ispatı basitleştirmiyor; ama olaya daha değişik açıdan bakmamızı sağlıyor.

Adıyaman'dan Ahmet Ziya Bayhan, İstanbul'dan Selçuk Atay, Aksaray'dan Hüseyin Gök, İzmir'den Burtay Mutlu ve Gebze'den Mustafa Demir, probleme bu şekilde yaklaşmayı tercih etmişler. Ama hepsinde de verilen bir tamsayıdan eşit uzaklıkta olan iki asal sayı olduğunun kanıtı verilmemiş ya da örnekleyerek gösterilmeye çalışılmış.

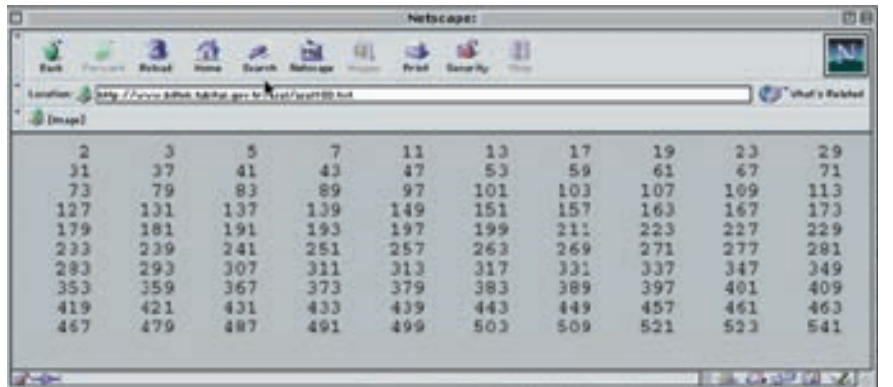
Mustafa Demir ile Ankara'dan Güçlü Güney, probleme "olmayana ergi" metodu ile yaklaşıyorlar. Bildiğiniz gibi bu ispat tekniğinde amaç, gösterilmek istenen teoremin yanlış olduğu varsayımından hareket edilerek matematiksel olarak mümkün olmayan bir sonuca ulaşmak ($1=0$ gi-

bi). Ancak yanlış varsayımlar yapılarak yanlış sonuca ulaşılabilmesi için teoremin doğru olduğu gösterilmiş oluyor. Güçlü Güney, yaklaşımında $2n$ tamsayısının iki asalın toplamı olarak yazılamadığını varsayıyor. Buradan $2n$ sayısından küçük her asal p için, $2n-p$ sayısının bileşik olduğunu söylüyor. Fakat bu aşamadan sonra, $2n$ 'in kendinden küçük bütün asal sayılar tarafından bölünmesi gerektiği sonucunu çıkarıyor. Arkadaşımızın ispatının hatalı olduğu tek nokta burası. Bildiklerinden böyle bir sonuca varması mümkün değil. Arkadaşımızın düşünce biçimi, küçük kusuru dışında güzel.

Denizli'den Fatih Yeşildal ise 3'ten büyük tüm asal sayıların ya $6x+1$ ya da $6y+5$ formunda olduğundan hareket ediyor. Fakat sonra bütün bu sayıların asal olduğunu iddia etmiş. Bunun yanlış olduğunu bir kaç örnek ile görmek olası. $6.4+1=25$ ve $6.5+5=35$ sayıları bu formlarda;

ama asal değiller. İstanbul'dan Coşar Avar iki tane tek asal sayının toplamının çift olduğunu söylüyor. Geçen ay belirttiğimiz gibi bunun doğru olduğunu biliyoruz. Herhalde okurumuz dergi eline geçmeden mektubunu bize gönderdi.

Adıyaman'dan Orhan Tan arkadaşımız, geçen aylarda tavsiye edilen bir tekniğe alternatif sunuyor. Arkadaşımıza göre, sözkonusu çift sayı eğer bir sayının karesi ise bu sayıdan küçük en büyük asal sayı alındığında iki sayının farkı asaldır diyor. Bu doğru olsa bile Goldbach tahmininin ispatı değil. Goldbach, istisnasız tüm çift sayıların, tam kare olsun ya da olmasınlar, iki asalın toplamı şeklinde yazılabileceğini söylüyordu. Arkadaşımızın iddiasının doğru olmadığını göstermek için en iyi örnek ise 100 'ün karesi 10000 . 10000 'den küçük en büyük asal sayı 9973 ve $10000-9973=27$ asal değil. Aynı şekilde 10000 'den küçük ikinci



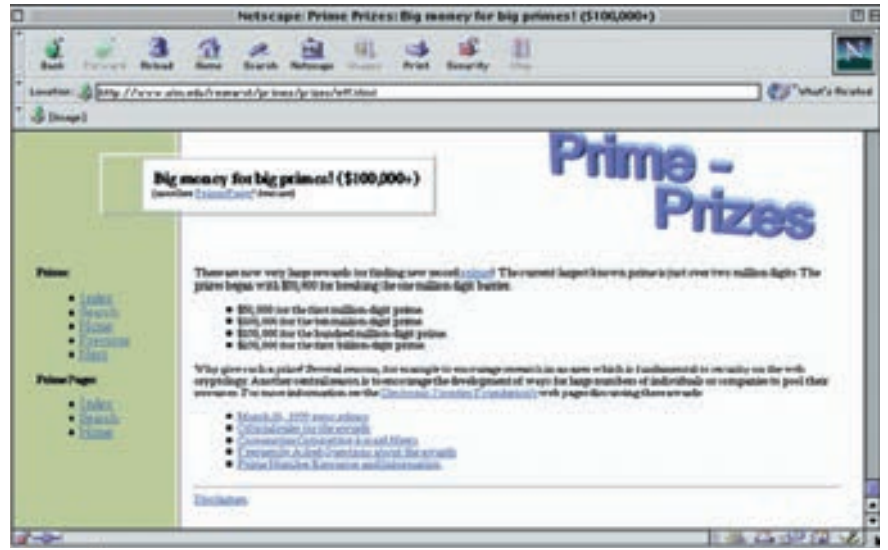
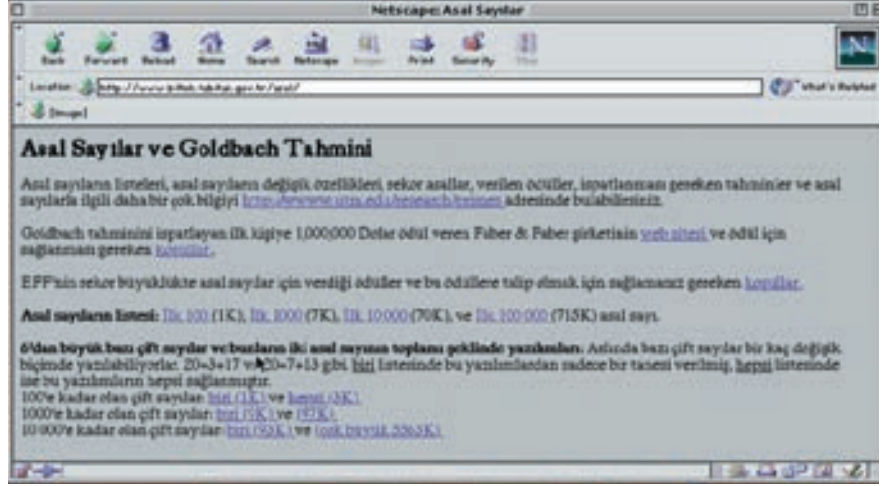
2	3	5	7	11	13	17	19	23	29
31	37	41	43	47	53	59	61	67	71
73	79	83	89	97	101	103	107	109	113
127	131	137	139	149	151	157	163	167	173
179	181	191	193	197	199	211	223	227	229
233	239	241	251	257	263	269	271	277	281
283	293	307	311	313	317	331	337	347	349
353	359	367	373	379	383	389	397	401	409
419	421	431	433	439	443	449	457	461	463
467	479	487	491	499	503	509	521	523	541

www.biltek.tubitak.gov.tr/asal sayfasında bulabileceğiniz ilk 100 asal sayı

büyük asal sayı 9967 ve 10000 – 9967=33 yine asal değil.

Bu örnekler aslında bize iddia ettiğimiz her özelliğin bir ispatını vermemiz gerektiğini söylüyor. Sadece bir kaç, ya da bir sürü örnek verip bir şeyin doğru olduğunu iddia etmek ispat sayılmaz. Aksi halde birisi bir gün kalkıp iddiamıza aykırı bir örnek verir ve "ispatımız" suya düşer. Goldbach tahmini de aslında aynen böyle bir şey. Şu anda 400 trilyona kadar olan tamsayılar için iddianın doğru olduğu biliniyor. Ama bu bile tahminin doğru olduğu anlamına gelmez. Kimbilir, belki iddia yanlıştır ve birisi bir gün kalkıp iki asalın toplamı şeklinde yazılamayan bir tamsayı bulur gelir. Eğer iddiayı ispatlamak istiyorsanız, birisinin böyle bir şey yapamayacağını açıkça göstermek zorundasınız.

Çanakkale'den Gökçe Engin, Bebek'ten Elif Alagöz, İzmir'den Yusuf Kaya, Yozgat'tan Ali İhsan Parlak, bize çözümlerini gönderen diğer arkadaşlar. Bu arkadaşlarımız da tahminin doğruluğunu şüpheye yer bırakmayacak bir biçimde göstermişler. Kırşehir'den Sedat Han, sıkça yapılan ama görülmesi zor bir hatayı tekrarlıyor. Özetlemek gerekirse, arkadaşımız verilen bir çift sayıdan küçük başka bir çift sayının, iki asal sayının toplamı olduğunu gösteriyor. İspatı yaparken, bütün çift sayıların bu özelliğe sahip olduğunu göstermek gerekiyor. Bir tane istis-



na, tahminin yanlış olduğu anlamına gelir. Orhan Tosun'un analizi güzel; ama matematiksel kesinlikte ispat eksik.

Asal sayılarla ilgili bir konuda Güçlü Tugay bir sorusunu iletmış. Arkadaşımız, elinde istediği kadar büyük asal sayı üreten bir program olduğunu söylüyor. Bu da sayılar teorisinin ilginç problemlerinden biri: Pratikte kullanılabilir ve kesinlikle asal sayıları verebilen bir algoritma. Böyle algoritmalar olduğu biliniyor; ama hiç kimse bugüne kadar pratikte kullanılabilecek bir tanesini üretmeyi başaramamış. Eğer arkadaşımızın dediği doğruysa, 10 milyon ve daha yukarı ondalık basamaklı asal sayılar üreterek oldukça büyük miktarlarda para kazanabilir. Yalnız burada sorun, bulduğunuz bu sayının asal olduğunu bir şekilde göstermeniz gerekiyor. Verilen bir sayının asal olduğunu göstermenin oldukça kullanışlı bir kaç değişik yöntemi var.

Bu ve buna benzer bilgileri ve asal sayılar konusunda konulan diğer ödülleri <http://www.utm.edu/research/primes> adresinden öğrenebilirsiniz. Biz sadece 'Elektronik Sınırlar Vakfı' EFF'nin verdiği ödülleri burada ilan edelim: 10 milyon ondalık basamaklı ilk asal sayıyı bulana 100,000 dolar, 100 milyon basamaklı ilk asal sayıyı bulana 150,000 dolar, 1 milyar basamaklı ilk asal sayıyı bulana 250,000 dolar ödül verilecek. Bu ödüllerin güzel tarafı ülkelere göre ayrımcılık yapmamaları. EFF aslında bilgisayar dünyasında özgürlükleri savunan bir vakıf. Vakfın büyük asallarla ilgisiyse, veri iletişiminde kullanılan bazı kriptografik tekniklerin büyük asal sayıları kullanmaları. Vakıf, asallar hakkında araştırmaları teşvik ederek bu kriptografik teknikleri güçlendirmek amacıyla bu tip ödülleri veriyor.

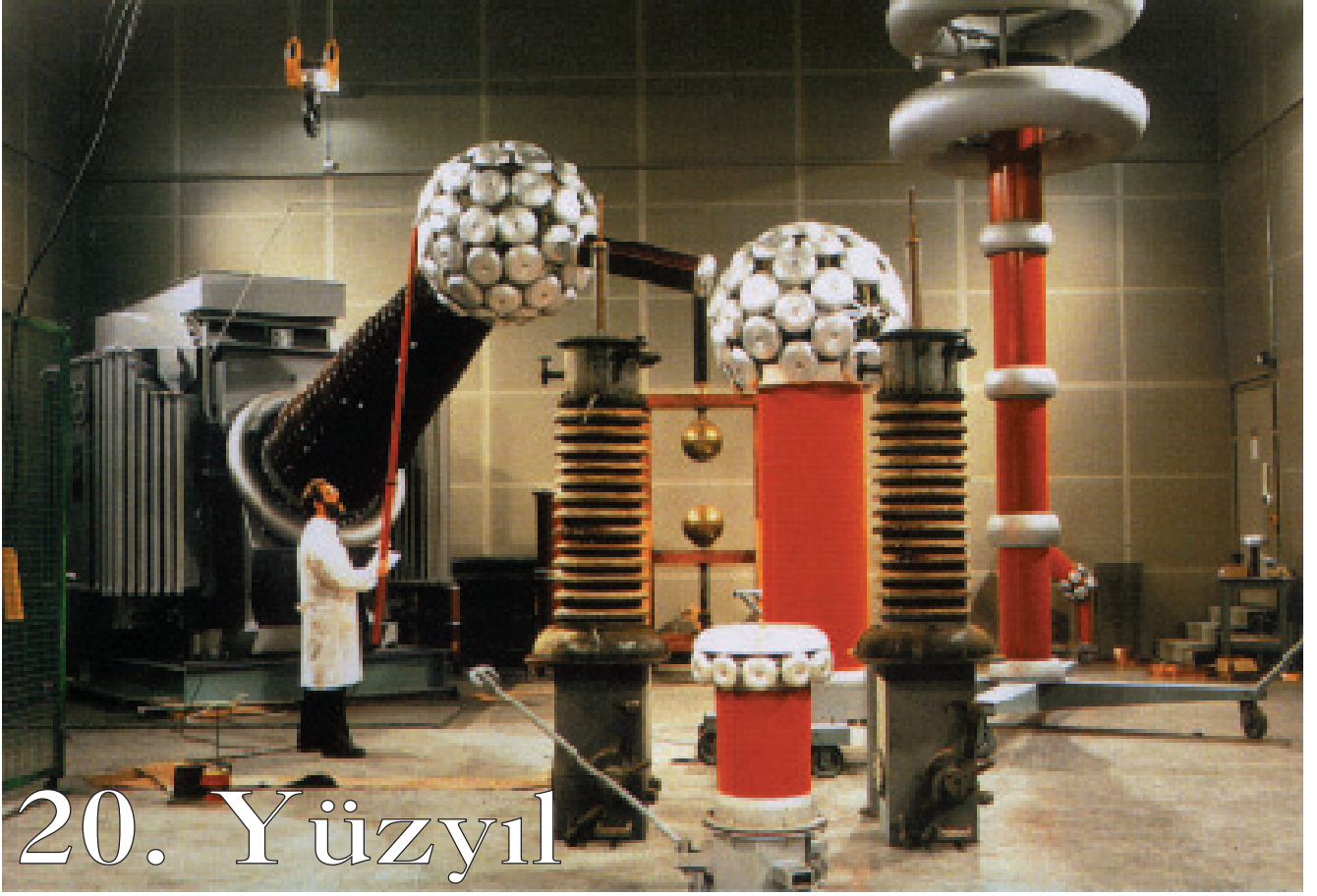
Sadi Turgut

Bazı web sitelerinin adresleri

<http://www.biltek.tubitak.gov.tr/asal>: Bu adreste bazı asal sayılar ve bazı çift sayıların iki asalın toplamı şeklinde yazılışlarının listelerini bulabilirsiniz.

<http://www.utm.edu/research/primes>: Asal sayılar hakkında bilmek isteyeceğiniz bir çok şey bu sitede var. Küçük asal sayıların listesi, bilinen en büyük asal sayılar, büyük sayıların asal olup olmadıklarını ispatlamak için yöntemler vs.

<http://www.eff.org/coop-awards/award-prime-rules.html>: EFF'nin en büyük asal sayı rekorunu kıranlara verdiği ödüllerin detaylarını bu sitede bulabilirsiniz.



20. Yüzyıl

Bilimin Atılım Çağı

Geçtiğimiz haftalarda bilim tarihinde son derece önemli olan bir buluş dünyaya duyuruldu. ABD başkanı ve İngiliz başbakanının birlikte yaptıkları açıklama çarpıcıydı: İnsanın genetik şifresi çözülmüştü. Aynı gün açıklama yapan yalnızca onlar değildi. Vatikan da aynı gün Fatima'nın üçüncü sırrını açıklıyordu. Bir yanda bilim, bir yanda din... Giordano Bruno'nun yakılmasından, Galileo'nun fikrinden "döndürülmesinden" bu yana çok zaman geçti. Ama yine de bu iki kurumun yolları iyice ayrılıncaya kadar bilimde hızlı gelişmeler yaşanmadı. Bilim gelişmek için dinle iç içelikten sıyrılmak zorundaydı.

20. yüzyıl tüm insanlık tarihinin birden bire değiştiği bir yüzyıl oldu. 19. yüzyılın sonları değişimi haber veriyordu. Ama gelişmelerin ne boyuta varacağı ufku en açık insan için bile düşlerin ötesindeydi. Bilimde, sanatta, ekonomide, toplumsal yaşamda, siyasette ve daha birçok alanda öylesine köklü değişimler yaşandı ki, insanlar dünyanın asla bir daha eski dünyaya benzemeyeceğini anladılar. Savaşlar, ekonomik krizler, toplumsal buhranlar, bilimsel keşifler yirminci yüzyılı bir daha geri döndürmeyecek yeni bir şekile büründürüyordu.

Yüzyıllar boyunca küçük sıçramalarla yoluna devam eden bilim ne olmuştu da 20. yüzyılda dev bir adım atmıştı? Buluşların giderek artan bir tempoda ortaya çıkmasının, aynı hızla gündelik yaşamımızda yerini alması-

nın sırrı nedir? Bu soruya birçok yanıt verilebilir elbette. Ama bu sorunun yanıtını sağlıklı bir şekilde bulmak için yalnızca bilime ve bilimdeki gelişmelere bakmak yeterli olmaz. 20. yüzyıl ve onun öncülü, hazırlayıcısı olan 19. yüzyıl dünya tarihinde görül-

memiş toplumsal çalkantılara, ekonomik olaylara ve dünya tarihinin en büyük savaşlarına tanıklık ettiler. Sorunun yanıtı tek başına bu olaylarda da değildir. Sorunun yanıtı bunlara bir bütün olarak bakmak ve gelişimin birçok koldan ve her alanda birbirini



Lenardo da Vinci insanlık tarihinde yaşamış en büyük dahilerden biriydi. Ne var ki yaşadığı çağın teknik düzeyi projelerini gerçekleştirmek için yetersizdi.

etkileyerek gerçekleştiğini bilmektir. Leonardo da Vinci yaşamış en büyük dahilerden biriydi ama çizimini yaptığı projelerini gerçekleştirmesi olanaksızdı. Teknolojik açıdan olanaksızdı bu. Galileo Dünya'nın döndüğünü söylediğinde toplumsal koşullar daha uygun olsaydı engiziyondan kurtulabilirdi.

20. yüzyıl bütün koşulların uygun hale geldiği ve her yenilikle bu sürecin hızlandığı bir dönem oldu. Gerek bilimde gerekse teknolojiye birçok atılım yaşandı. Ne var ki bu dönemle ilgili bize en çarpıcı gelen şey teknolojik atılımın kapsamıdır. Bu gelişme yalnızca eski tip değerli ürünleri değil, hiç beklenmeyen, çoğu insanın savaştan önce hayal bile edilmediği pek çok ürünün çoğalmasına yol açtı. Bazı devrim niteliğindeki ürünler sözgelimi "plastik" olarak bilinen sentetik maddeler iki savaş arasında geliştirilmişti. Bu dönemde naylon, polistren, politen gibi ürünler ticari üretime girmeye başlamıştı. Televizyon ve ses kayıt aracı gibi bazı ürünler deney aşamasından henüz çıkmıştı. Savaş yüksek teknoloji için, İngilizler ve sonrasında Amerikalılar arasında yarattığı talep nedeniyle, sonraki devrimsel sivil kullanım süreçlerinin bir çoğunu hazırladı. Bunlar, radar, jet motoru savaş sonrası elektronik ve enformasyon teknolojisinin zeminini hazırlayan çeşitli fikirler ve tekniklerdi. Bunlar olmasaydı 1946 yılında icat edilen transistör ve 1947 yılında üretilen dijital bilgisayarlar çok sonraları ortaya çıkabilirdi. Savaş sırasında ilk kez yok etmek üzere harekete geçirilen nükleer enerji, elektrik elde etmek için kullanıma sunuldu.

Teknolojik atılımla ilgili üç şey bizi şaşırtabilir. Bunlardan birincisi dünyadaki gündelik yaşamın bütünüyle değişmesidir. Yoksul dünyada radyo, transistör ve iyice küçültülmüş uzun ömürlü piller sayesinde en uzak köylere bile ulaşabiliyordu. Artık tarlalarda çıplak ayaklarla dolaşanların ayağında plastik sandaletler vardı. Buzdolabı ve dondurucu gibi eşyalar 1940'lı yıllarda evlerin çoğunda yoktu. Zamanla buzdolaplarının



Teknolojik alanda yaşanan minyatürleşme elektronik eşyaların gündelik yaşama girmesini sağladı.

içine de teknoloji ürünü yiyecekler konmaya başladı. Dondurulmuş gıda maddeleri, fabrika benzeri yerlerde üretilen kümes hayvanları, tadını değiştirmek için enzimler ve çeşitli kimyasal maddelerle doldurulmuş etler, bunların hepsi yeni teknolojinin ürünüydü.

1950'lere kıyasla, ağaç, eski tarz işlenmiş metal, doğal lifler ya da dolgu malzemeleri, hatta seramik ürünleri gibi doğal ya da klasik malzemelerin mutfaklarımızda, ev eşyalarında ya da kişisel giyimimizdeki payı oldukça azalmıştır. Teknolojik devrim, tüketici bilincine öylesine girdi ki, yenilik, 1950'lerde ortaya çıkan sentetik deterjanlardan dizüstü bilgisayarlar kadar her şeyin satışında başlıca cazibe unsuru haline geldi. "Yeni", her zaman daha iyi olmasa da, tercih ediliyordu.

Teknolojik yeniliği gözle görülür biçimde temsil eden birçok ürün sayabiliriz: Televizyon, vinil plaklar ("Longplay" 1948'de ortaya çıktı), daha sonra teypler, (1960'larda teyp ka-

setleri piyasaya sürüldü) ve kompakt diskler bu yeniliği en açık şekilde ortaya koyuyordu. Taşınabilir transistörlü radyolar, dijital saatler, önce pille sonra güneş enerjisiyle çalışan hesap makineleri, ev içinde kullanılan diğer elektronik eşyalar verilebilecek diğer örnekler. Bu tür eşyalar için azımsanamayacak bir ilerleme, bu ürünlerin sistematik olarak minyatürleşmesi, yani taşınabilir hale getirilmesi idi. Bu süreç ürünlerin etki alanını ve pazarını büyük ölçüde genişletti.

İkinci olarak teknoloji karmaşıklaştıkça, keşif ya da icattan ürüne giden yol da karmaşıklaşıyordu. Ürünü geliştirme süreci de daha detaylı ve pahalı hale geliyordu. Araştırma-Geliştirme (Ar-Ge) ekonomik büyüme için merkezi hale geldi. Bu nedenle gelişmiş piyasa ekonomilerinin diğer ekonomiler üzerindeki avantajı güçlendirildi. Tipik bir "gelişmiş" ülkede 1970'lerde, her bir milyon kişiye yaklaşık bin kadar bilim insanı ve mühendis düşüyordu. Bu sayı Brezilya'da 250, Hindistan'da 130, Pakistan'da 60, Kenya ve Nijerya'da yaklaşık 30 kaddı. Ayrıca icat süreci öylesine sürekli hale geldi ki, ürün geliştirmenin maliyeti üretim maliyetinin giderek büyüyen ve zorunlu bir parçası haline geldi. Kitlesele piyasaya daha fazla yönelik endüstrilerde, sözgelimi ilaç üretiminde kullanılan kimyasal madde endüstrilerinde, yeni ve gerçekten gereksinim duyulan bir ilaç, özellikle patent haklarıyla rekabetten korunduğunda çeşitli maddi olanaklar sağlayabiliyor ve bunlar üreticiler için daha ileri araştırmalarda kullanılmak açısından son derece büyük önem taşıyordu. O kadar kolay korunmayan mucitler çok daha kısa süre içinde para kazanmak zorundaydılar, çünkü öteki ürünler piyasaya girer girmez fiyatlar düşüyordu.

Üçüncüsü yeni teknolojiler karşı konulmaz biçimde sermaye yoğunlu. Yüksek düzeyde kalifiye bilim insanları ve teknisyenler dışında emekten tasarruf ediliyordu. 1950 ile 1980 arasındaki 30 yıllık dönemin başlıca özelliği bu dö-



20. yüzyılda gündelik yaşama yönelik buluşlar bilimi ilgi odağı haline getirdi.



2. Dünya Savaşı'nın ardından savaş teknolojisi hızla sivilleşti. Teknolojik yeniliği gözle görülür biçimde temsil eden ürünler arasında transistörlü radyolar, televizyonlar sayılabilir.

nemdeki üretime yönelik gelişmenin sürekli büyük yatırım gerektirmesi ve giderek, tüketiciler dışındaki insanlara gerek duymamasıydı. Ne var ki ekonomik kabarışın gücü ve hızı öyleydi ki, bir kuşak boyunca bu durum tam olarak anlaşılamadı. Tam aksine ekonomi, sanayileşmiş ülkelerde bile çok hızlı büyüdü ve endüstriyel işçi sınıfı çalışan nüfus içindeki payını korudu. ABD dışındaki bütün ileri ülkelerde savaş öncesindeki depresyon sırasında oluşan ve savaş sonrası terhis sırasında dolan rezerv işçi göçleri geriledi. Yeni emek arzı kırsal kesimden ve göçmenlerden sağlandı ve o zamana dek işgücü piyasasının dışında tutulan evli kadınlar artan sayılarla pazara girdi. Bu gelişmelerin sonuç olarak o dönemde esinlenen ideal, günümüzde bir ölçüde gerçekleştiyse de, henüz devam eden bir süreçtir: İnsansız üretim ya da hizmet. Arabaları monte eden robot kollar, enerji çıkışını denetleyen bilgisayar kümeleriyle dolu sessiz ve insansız mekanlar, sürücüsüz trenler, bu sürecin bir parçası olarak karşımıza çıkıyorlar. İnsan böyle bir ekonomik sistem içinde ancak bir bakımdan önemliydi: mal ve hizmet alıcıları olarak. 1950'lerden hemen sonra bu yöndeki öneriler, tıpkı Victoria çağı bilim insanlarının gelecekte evrenin entropi

nedeniyle öleceğine dair yaptıkları uyarı gibi, hâlâ gerçekdışı ve uzak gibi görülüyordu.

Teknolojik gelişmedeki belirleyicilerden biri de ekonomideki uluslararasılaşma oldu. Altın çağ olarak adlandırılan 1950'lerden sonraki yıllarda endüstrileşmenin büyük kısmı, eski teknolojileri temel alan ve, eski endüstrilerin yeni ülkelere; on dokuzuncu yüzyılın kömür, demir ve çelik sanayilerinin sosyalist tarım ülkelerine, yirminci yüzyılın Amerikan petrol ve içten yanmalı motor endüstrilerinin Avrupa ülkelerine yayılmasından oluşuyordu. Sivil endüstri alanında yüksek düzeyde araştırmalarla geliştirilen teknolojinin etkisi, 1973 sonrasının krizli on yıllarına kadar etkili ol-

madı. İletişim teknolojisi ve genetik mühendisliğinde meydana gelen büyük atılım, bu dönemde gerçekleşti. Neredeyse savaş sona erer ermez dünyayı dönüştürmeye başlayan başlıca icatlar, kimya ve farmakoloji alanında idi.

1910 yılında bütün Alman ve İngiliz fizikçi ve kimyacıları, yaklaşık sekiz bin kişilik bir gruptu oluşturuyordu. 1980'lerin sonunda ise, dünyada araştırma ve deneysel geliştirme ile fiilen uğraşan bilimcilerin ve mühendislerin sayısı yaklaşık beş milyon olarak tahmin ediliyordu. Bunların yaklaşık bir milyonu ABD'de, biraz daha fazlası Avrupa ülkelerinde bulunuyordu. Bilim adamları gelişmiş ülkelerde bile nüfusun çok küçük bir kesimini oluşturmaya devam ettiler de, sayıları 1970'ten sonraki yirmi yıl içinde ikiye katlanarak artmaya devam etti. Ne var ki 1980'lerin sonunda bunlar, yüzyılın ikinci yarısında yaşanan eğitim devrimini yansıtan potansiyel bilimsel ve teknolojik insan gücü olarak adlandırılabilir olan buzdağının suyun üzerinde kalan kısmını oluşturuyorlardı. Bilimciler giderek mesleğe giriş bileti haline gelen bir ileri doktora teziyle mesleğe seçiliyorlardı. Batılı ülkelerde her milyon kişi başına yılda yaklaşık 130-140 bilim doktoru yetişiyordu. Ancak artık bir yenilik vardı. Avrupa merkezli bilim yirminci yüzyılda sona ermişti. Özellikle İkinci Dünya Savaşı, bilimin merkezini Avrupa'dan Amerika'ya aktardı. İkinci Dünya Savaşı sırasında Avrupa'dan kaçan beyinler, 1945 sonrasında daha çok ekonomik nedenlerle, yoksul ülkelere zengin ülkelere doğru aktılar. Bunun olması doğal karşılandı, çünkü 1970'lerde ve 1980'lerde gelişmiş kapitalist ülkeler, araştırma ve ge-



Yüzyılın başlarında Avrupa'daki fizik ve kimyacıların sayısı yaklaşık sekiz bindi. Yüzyılın sonlarında bu sayı 5 milyonun üzerindedir.

liştirmeye ayrılmış bütün dünya giderlerinin yaklaşık dörtte üçünü harcarken, gelişmekte olan ülkelerin harcamaları % 2-3'ten fazla değildi. Bilim adamlarının çizdiği görüntü, parasal imkanlar sağlayan az sayıda merkezde yoğunlaşmış bir elit görünümündeydi. Bu merkezler, birbirleriyle mesleki bilgi alış-verişinde bulunmak için gruplar halinde toplanmışlardı. Zaman geçtikçe bu faaliyetler bilim adamı olmayanlar için daha kavranamaz hale geldi. Başlangıçta bilim adamı olmayanlar, onların yazdıkları makaleleri izleyerek neler yapıldığını izlemeye çalışıyorlardı. Uzmanlaşma arttıkça bilim adamları bile giderek kendi alanları dışında neler olduğunu anlamak ve kendi yaptıklarını açıklamak için yayın organlarına gereksinim duymaya başladılar.

Yirminci yüzyılın bilime bağlılığı çok açıktır. İleri bilim, gündelik deneyimle öğrenilemiyordu. Uzun yıllar süren akademik bir eğitim sonucu kavranabilecek bilgi 19. yüzyılın sonuna kadar, görece olarak dar bir uygulama alanına sahipti. 17. yüzyılın fizik ve matematiği mühendisleri yönlendirirken geç 18. ve erken 19. yüzyılların kimya ve elektrik alanlarındaki keşifleri sanayi ve iletişim için gerekliydi. Profesyonel bilimsel araştırmacıların yaptıkları çalışmalar teknolojik ilerlemenin öncü ucu olarak kabul edildi. 20. yüzyılın yüksek bilimi daha 1914'ten önce görülebilirdi, bununla birlikte yüksek bilim henüz, dünyanın her yerindeki gündelik yaşamın kavrayabileceği bir şey değildi.

İleri bilim ve teknoloji yirminci yüzyılın ikinci yarısında artık, yalnızca gelişmiş dünya ile sınırlı değildi. Genetik bilimindeki gelişmeler olmasaydı, Hindistan ve Endonezya gibi ülkeler hızla artan nüfusları için yeterli gıda maddesini üretemezdi. Bu türden teknolojiler hakkında vurgulanması gereken şey, bunların en gelişmiş ülkelerde bile sıradan insanların dünyasından çok uzak keşif ve teorileri temel almasıydı. Öyle ki dünyada yalnızca sınırlı sayıda insan bu keşif ve teorilerin pratik sonuçlarını başından itibaren kavrayabiliyordu. Alman fizikçi Otto Hahn, 1939'un başında nükleer fizyonu keşfettiğinde, Niels Bohr gibi bu alanda

Mikroişlemcilerin icadı, dev boyutlu bilgisayarların küçülmesini sağladı.



en aktif bazı bilim adamları bile bu keşfin savaşta ya da barışta, öngörülebilir bir gelecekte herhangi bir pratik uygulamaya sahip olacağından kuşkuluydular. Bu keşfin potansiyelini kavrayan fizikçiler bunu generallere ve politikacılara anlatmamış olsalardı bu keşiflerin unutulma ihtimali vardı. Yine ayni şekilde Alan Turing'in 1935'te yazdığı modern bilgisayar teorisinin temelini oluşturan tez, özgün olarak matematiksel mantıkçılar için spekülasyon bir çalışma olarak yazılmıştı. Savaş, Turing'e ve diğerlerine teoriyi, şifre çözücü olarak uygulama fırsatı sağladı. Ancak ortaya çıktığı dönemde bir avuç matematikçi dışında kimse Turing'in tezini dikkate almak şöyle dursun, okumamıştı bile.

İnsanların çoğu için ne kadar kavranamaz olurlarsa olsunlar, bilimsel keşifler, bir kez gerçekleştirildiklerinde, çok kısa sürede pratik teknolojilere aktarıldılar. Sözelimi transistörler,



katı maddelerle uğraşan fizik dalında, tam olarak gelişmemiş kristallerin elektromanyetik özellikleri hakkında 1948'de yapılan araştırmaların bir yan ürünü olarak ortaya çıktı. Aynı şekilde lazer ışınları da optik araştırmalardan değil, bir elektronik alanla rezonans halinde titreşen moleküller oluşturma çalışmasından kaynaklandı.

1939-1946 savaş döneminde yapılan araştırmaların kazandırdığı deneyim, kaynakların yoğunlaştırılması durumunda en zor teknolojik sorunların bile daha önce düşünülemeyecek kadar kısa sürede çözülebileceğini kanıtladı. Nitekim Nazi Almanyası'nın nükleer bir bomba yapmayı başaramamasının nedeni, Alman bilim insanlarının böyle bir bombayı nasıl yapacaklarını bilmemeleri, ya da bu konuda çeşitli tereddütlere kapılmaları değildi. Bunun asıl nedeni Alman savaş makinesinin bunun için gerekli kaynakları tahsis etmeye istekli olmaması, ya da bunu yapamamasıdır. Bu konuda çaba göstermekten vazgeçtiler ve daha kısa sürede getiri vaadeden roket konusunda bir yoğunlaşmayı tercih ettiler. İngiltere ve ABD gibi ülkeler, savaş ya da ulusal prestij (sözelimi uzay çalışmaları) gibi amaçlar uğruna, maliyete bakmaksızın araştırmalar yapmaya öncülük ettiler. Bu da laboratuvar biliminin, bir kısmının, gündelik kullanım için büyük potansiyel taşıdığı görülen teknolojiye dönüştürülmesini hızlandırdı. Lazer bu hıza bir örnek oluşturmaktadır. İlk kez 1960'larda laboratuvarında görülen lazer, 1980'lerin başında kompakt disklerde kullanılarak tüketiciye ulaştırılmıştı. Biyoteknolojideki gelişmeler daha hızlıydı. Rekombinant DNA tekniklerinin, yani bir türden alınan genleri bir başka türün genleriyle birleştirme tekniklerinin yeterince uygulanabilir olduğu ilk kez 1970'li yıllarda görüldü. Bundan sonra, yirmi yıldan daha kısa süre içinde biyoteknoloji, tıbbi ve tarımsal yatırımın başlıca alanı oldu.

Yirminci yüzyıl teorilerin ışığı altında neyi arayacaklarını ve neyi bulmaları gerektiğini pratisyenlere söyleyen teorisyenlerin, başka bir deyişle matematikçilerin yüzyılı olacaktı. Bu konuda biyoloji bir istisnadır. Bunun ya-

nında gözlem ve deneyim ikincil değildi. Tam aksine bunların teknolojisi yeni aygıtlar ve yeni tekniklerle, on yedinci yüzyıldan bu yana her zamankinden çok daha derin biçimde devrimselleştirilmişti. Sözgelimi optik büyültme sınırları elektron mikroskobu (1937) ve radyo teleskopu tarafından aşıldı. Sonuç olarak atomik alana ve evrenin uzaklıklarına nüfuz eden çok daha derin bir gözlem mümkün oldu. Son yıllarda bilgisayarlarla yapılan rutin ve giderek daha da karmaşılaşan laboratuvar faaliyet ve hesaplama biçimleri deneycilerin, gözlemcilerin ve giderek model oluşturan teorisyenlerin gücünü artırmıştır. Bazı alanlarda, özellikle astronomide bu gelişme zaman zaman rastlantıyla, sonraki teorik yenilikleri zorlayan keşiflerin gerçekleştirilmesine yol açtı. Modern kozmoloji temelde bu türden iki keşfin sonucu oldu: Hubble'ın galaksi spektrumlarının analizini temel alan evrenin genişlemekte olduğu gözlemi ve Penzias ile Wilson'un kozmik aralan ışınlamını 1965'te keşfetmeleri.

Yirminci yüzyılda en gözde bilim dalı fizikti hiç kuşkusuz. Bu durum 1950'lerden sonra, moleküler biyolojide devrimsel nitelikte gelişmeler olduysa da sürdü. Bilimlerin hiçbir alanı Newton fizikinden daha sağlam, daha tutarlı ve metodolojik olarak da daha kesin görünmedi.



"Bugünlerde birileri tarafından reddedilmeyen pek az bilimsel aksiom var." diyor du Planck yüzyılın başlarında. O günlerde bilim dünyasında art arda yaşanan gelişmeler şüphesizliği artırıyordu.

Bu fiziğin temelleri Planck ve Einstein'ın teorileriyle ve 1890'larda radyo-aktivitenin keşfinin ardından atom teorisinin dönüştürülmesiyle zayıfladı. Newton fiziği yeterince gözlemlenebiliyordu. Gözleme aygıtlarının teknik sınırlamalarına tâbiydi. Aynı zamanda açık ve kesindi. Bir nesne ya da fenomen, ya bir şeydi ya da başka bir şey. Bunlar arasındaki ayrım açıktı. Yasaları evrenseldi, kozmik ve mikrokosmik düzeyde eşit olarak geçerliydi. Sonuç olarak bütün sistem ilke olarak deterministti. Bütün bu özellikler 1895 ve 1914 yılları arasında sorgulandı. Işık,

Planck'ın ardından Einstein'ın savunduğu gibi sürekli bir dalga hareketi miydi, yoksa foton adı verilen ayrı parçacıkların yayılması mı? Bazen biri bazen de diğeri en iyi açıklama

olarak görülüyordu. Einstein bu bilmecenin ortaya çıkışından yirmi yıl sonra şu sözleri söylüyordu "Teorik fizikçilerin yirmi yıldır süren muazzam çabalarına karşın itiraf edilmelidir ki, aralarında mantıksal bağlantı olmaksızın her ikisi de vazgeçilmez olan iki ışık teorisine sahip bulunuyoruz."

Bu son örnek de gösteriyor ki geçmişin tam tersine bilimde, teknoloji de olsun, yaşamın diğer alanlarında olsun, yirminci yüzyıl, "kesinliklerden" uzaklaşmıştı. Bu karışıklık, bu konuları bilen ya da düşünenlerin, eski bir dünyanın sona ermiş olduğu, ya da en son karışıklıklarını yaşadığı, ancak yeni dünyanın hatlarının henüz tam olarak seçilemediği biçimindeki görüşlerini doğrular gibiydi. Max Planck bilimdeki krizle dışarıdaki yaşamın krizi arasında bir bağlantı görüyordu. Şöyle diyordu Planck: "Tarihin eşsiz bir anında yaşıyoruz. Bu, sözcüğün tam anlamıyla bir kriz anıdır. Ruhsal ve maddi uygarlığımızın her dalında kritik bir döneme geldiğini görüyoruz. Bu hayalet kendini yalnızca kamusal hayatta değil, aynı zamanda kişisel ve toplumsal hayattaki temel değerlere yönelik genel tutumda da gösteriyor... Putkırıncı artık bilim mabedini de istila etmiştir. Bugünlerde birileri tarafından reddedilmeyen pek az bilimsel aksiom var. Aynı zamanda neredeyse her anlamsız teori, şurada veya burada kendisine neredeyse kesinlikle inananlar bulabiliyor."

Sonuç olarak söylemek gerekirse, 20. yüzyılın bilim ve teknolojiye yaşadığı büyük sıçrama, birçok alanda işbirliğinin sonucu olarak gerçekleşmiştir. Bunun tersi de geçerlidir; bilim ve teknoloji geliştikçe birçok alanda işbirliği gerekli olmuştur. Bunun yanında işbirliğine giden alanların giderek karmaşılaşarak çoğaldığını da unutmamak gerekir. 20. yüzyıl kesinlikle hızın yüzyılı oldu. Her alanda yaşanan hızlı gelişme, hızlı iletişimi zorunlu kıldı. Hızlı iletişim insanları birbirlerine yaklaştırırken, düşünceleri de birbirine yaklaşıtıyordu.

Gökhan Tok

Kaynaklar

Hobsbawm, E., *Kısa Yirminci Yüzyıl*, Sarmal, Çev:Yavuz Alogan, 1996
Hobsbawm, E., *Sanayi ve İmparatorluk*, Dost Kitabevi, Çev:Abdullah Ersoy, 1998
Mumford, L., *Makina Efsanesi*, İnsan Yayınları, Çev: Fırat Oruç, 1996
Kapra, F., *Batı Düşüncesinde Dönüm Noktası*, İnsan Yayınları, Çev: Mustafa Armağan, 1992





Temel Kavramları ve Jeolojik Uygulamalardaki Önemiyle Sayısal Görüntüleme

SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME (SGİ), bilgisayar yardımıyla görüntülerin işlenmesi ve yorumlanması olarak tanımlanabilir. Bu teknik; tıp, kriminoloji (suç bilimi) ve askeri haber alma gibi birbirinden farklı alanlarda kullanıldığı gibi uydular aracılığıyla elde edilmiş görüntülerin jeolojik amaçlı olarak yorumlanmasında da kullanılır. SGİ; Landsat, SPOT, Radarsat, NOAA gibi değişik uydu sistemleri tarafından kaydedilen görüntülere, ticari ve halka açık programlar aracılığıyla bilgisayar ortamında uygulanabilmektedir.

SGİ, kısaca ekran üzerinde görüntüyü oluşturan en küçük elemanı (piksel) bilgisayarda işler. Bilgisayar, bu elemanları bir eşitlikler serisinde kullanmak ve hesaplama sonuçlarını saklamak için programlanmıştır. Bu işlemler sonucunda yeni bir sayısal görüntü oluşur.

SGİ, uzaktan algılanmış verilerin tümünden incelenmesine ve veri analizinin otomatikleştirilmesine öncülük eder. İnsan gözü spektral, bilgisayarlar ise konumsal modellerin değerlendirilmesinde bir dereceye kadar yeteneklidir. Bu yöntemde ise görsel ve sayısal işlemler birbirini tamamlar.

Görüntü İşlemleri

SGİ'den önce yeryüzünün herhangi bir parçası analogdan sayısal dönüşüm işlemi sonucunda sayısal forma dönüştürülür. SGİ'yi 4 ana gruba ayırmak mümkündür.

Görüntü Düzeltimi ve Onarımı

Görüntü alımı sırasında ve daha sonrasında ortaya çıkan aksaklıkların düzeltilmesi için yapılan işlemlerdir. Yerkürenin yuvarlaklığı ve perspektiften doğan bozuk-

luklar (geometrik düzeltme), Güneş'in yeryüzü üzerine düşen ışınlarının mevsimsel olarak değişimi (radyometrik düzeltme), görüntü üzerinde istenen bilgilerle ilgili olan ve olmayan iki ayrı kategorinin ortaya çıkarılması (sinyal ve parazitlerin belirlenmesi) gibi işlemler bunlar arasındadır.

Görüntü Zenginleştirilmesi

Görüntü zenginleştirmesinin amacı görsel yorumlamayı daha da iyileştirmektir. Kontrast uzanımı, standart yapay-renkli görüntüler, spektral oranlama, kenar zenginleştirilmesi ve IHS dönüşümleri olmak üzere 5'e ayrılır (Berger, 1994).

Görüntü Sınıflaması

Sınıflama yöntemlerinin amacı, yeryüzü üzerinde farklı örtü sınıflarıyla temsil edilen alanları sınıflandırmaktır. Kontrollü ve kontrolsüz olmak üzere ikiye ayrılır.

Kontrollü sınıflama: Bu sınıflama türünde, görüntüde yer alan değişik yer örtülerinin tanıtan faktörleri, bilgisayar algoritmasıyla ifade edilir. Analist; sınıflandırıcıya, bilgi içeren sınıfları tanımasını öğretir. Bunu yapmak için, alıştırma bölgeleri temel alınır. Veri setindeki her piksel, yorumlama anahtarındaki her kategoriyle sayısal olarak karşılaştırılır ve en çok benzeyen kategorinin ismiyle anılır.

Altaki şekil, kontrollü sınıflamayı üç temel adımda özetlemektedir. (1) Analist ilk aşamada, alıştırma bölgelerini temsil eden ve görüntüdeki her bir farklı örtü tipinin spektral nitelikleri için bir sayısal tanım geliştirir. Daha sonraki aşamada (2), görüntü veri setin-

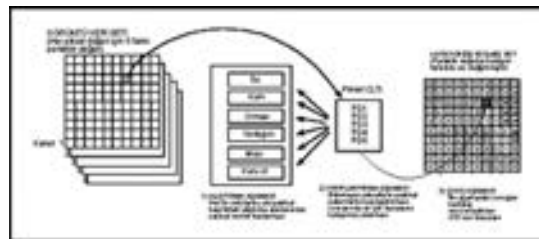
deki her piksel örtü sınıfına kategorize edilir. Herhangi bir alıştırma setine benzetilecek yetersiz sayıda piksel varsa genellikle bilinmeyen olarak adlanır. Bu işlemde, her piksel için ayrılan kategori etiketi, yorumlanmış veri setindeki ilişkili hücreye kaydedilir. Tüm veri setinin kategorize edilmesinden sonra sonuçlar çıktı aşaması olarak sunulur (3). Çıktı ürünlerinin üç ayrı formunu tematik haritalar, farklı yer örtü sınıfları ve bir coğrafik bilgi sisteminin (GIS) sorumlu sayısal veri dosyaları oluşturur.

Kontrolsüz sınıflama: Kontrolsüz yaklaşımda görüntü verileri, doğal görüntüdeki spektral gruplarda kümeleştirilir ve sınıflanır. Analist, daha sonra yer referanslı verilerle sınıflanmış görüntüleri karşılaştırarak bu spektral grupların yer-örtü benzerliğini belirler. Bu sınıflamada veri analistin karar bölgelerinin oluşturulmasında kontrolü azdır. Kontrolsüz sınıflandırma, kontrolün azalması nedeniyle bilgi içeren sınıfları belirlemede kontrollü sınıflandırma kadar etkin değildir.

Görüntü Birleştirimi

Sayısal formdaki görüntülerin varlığı, farklı uydu sistemlerinin içerdiği çeşitli görüntü verilerinin birlikte kullanılmasına da imkan sağlar. Birleştirilmiş bu ürünler iki gruba ayrılabilir. Bunlar; iki boyutla ifade edilen harita formatı ve bu tiplerin üç boyutla temsil edilebilen türleridir.

Örnek olarak; ince detayları bile gösterebilen siyah/beyaz (pankromatik) bir SPOT uydu görüntüsü, aynı bölgenin zenginleştirilmiş Landsat TM görüntüsüyle birleştirildiğinde, konumsal ve spektral ayırma gücü daha iyi olan bir görüntü ortaya çıkar. Bunun yanında topografyanın izlenebildiği üç boyutlu görüntüler, aynı bölgeye ait jeolojik enine kesitlerle birleştirilebilir. Jeolojik haritası yapılmış herhangi bir bölgenin uydu görüntüsü, bu haritalamalarla ile birleştirildiğinde ya-



Kontrollü sınıflamanın temel aşamaları

pısal ve stratigrafik yorumlama daha iyi yapılabilir.

Sonuçlar

Sayısal görüntü işleme yöntemleri; jeolojik haritalama, bölgesel tektoniğe yönelik çalışmalar, cevher ve mineral oluşuklarının belirlenmesine yönelik olarak uygulanabilir. Özellikle yapısal jeoloji ile ilgili uygulamalarda yönsel zenginleştirme tekniklerinin uygulanması önerilebilir. Bu tür uygulamalar sonucunda, yörede etkin olan çizgiselliklerin yönleri saptanabilir. Arazi çalışmalarıyla bu tür çizgiselliklerden hangilerinin ne tür fay oldukları ortaya çıkarılabilir. Jeolojik haritalamaya yönelik uygulamalarda ise ince detayları gösterebilen görüntüler tercih edilmeli, uygun bant seçimi yapılmalı ve bu görüntüler zenginleştirme teknikleriyle görsel açıdan daha iyi hale getirilmelidir.

Bütün bu anlatılanların ışığında, SGI' nin, görüntülerin jeolojik olarak yorumlanmasında çok önemli bir yere sahip olduğunu söylenebilir. Uzaktan algılamayla birlikte düşünüldüğünde, bu yorumlamayı yapabilecek düzeye gelmiş bir analistin, fizik, matematik, kimya, bilgisayar ve elektronik ile ilgili bazı terim ve kavramları bilmesi gereklidir.

Kaan Şevki Kavak

Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

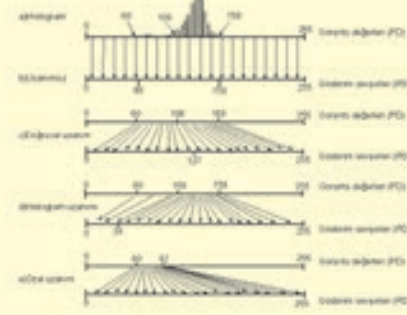
Kaynaklar

- Arnold, R.H., 1997, *Interpretation of Aerial Photos and Remotely Sensed Images*, Prentice Hall, New Jersey, 250 p.
- Berger, Z., 1994, *Satellite Hydrocarbon Exploration-Interpretation and Integration Techniques*, Springer-Verlag, Berlin, 319 p.
- Carr, J.R., 1995, *Numerical Analyses for the Geological Sciences*, Prentice Hall, New Jersey, 592 p.
- Drury, S.A., 1993, *Image Interpretation in Geology*, 2nd ed. Chapman & Hall, London, 283 p.
- Jensen, J.R., 1996, *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, Prentice Hall, New Jersey, 316 p.
- Kavak, K.Ş., 1995, *Uzaktan algılamanın temel kavramları ve Sivas Havzası'nın GD'sına ait Landsat MSS görüntülerinin arazi verileriyle karşılaştırılması*, Sivas, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, Doktora semineri 1. 70 s (yayınlanmamış).
- Kavak, K.Ş., 1997, *Uzaktan algılamada sayısal görüntü işlemleri ve jeolojideki uygulamalar*, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, Doktora semineri II. 62 s (yayınlanmamış).
- Kavak, K.Ş., 1997a, İnan, S., Poisson, A. ve Gueson, J.C., 1997, *Tectonostratigraphy of the Southern Siccas Tertiary Basin (Central Turkey) and Comparison with Landsat MSS Imagery*, International Geology Review, 39, 353-364.
- Kavak, K.Ş., 1998, *Saccu ve Karacaören (Ulaş-Sivas) Yöresinde Siccas Tersiyer Havzasının Tektonostratigrafisi, Tektonik Deformasyon Biçimi ve Sayısal Görüntü İşlem Yöntemleriyle İncelenmesi*, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, Doktora Tezi, 287 s (yayınlanmamış).
- Kavak, K.Ş., 1998a, *Uzaktan algılamanın temel kavramları ve jeolojideki uygulama alanları*, Jeoloji Mühendisliği, 52, 63-74.
- Kavak, K.Ş., 1999, *Display and Enhancement Facilities of Landsat MSS and SPOT XS Imagery in Remote Sensing Geology: An Example from the Siccas Tertiary Basin (Central Anatolia/Turkey)*, International Journal of Remote Sensing (in-celemede).
- Lillesand, T.M. ve Kiefer, R.W., 1994, *Remote Sensing and Image Interpretation*, 3rd ed., John Wiley & Sons, New York, 750 p.
- Maktav, D. ve Sunar, F., 1991, *Uzaktan Algılama: Kanitativ Yaklaşım*, Hüriyet Ofset A.Ş., İstanbul, 429 s.
- Sabins, F.F., 1987, *Remote sensing principles and interpretation*, WH. Freeman, San Fransisco.
- Vincent, R.K., 1997, *Fundamentals of Geological and Environmental Remote Sensing*, Prentice Hall, New Jersey, 366 p.

Daha Zengin Görüntü İçin

Kontrast Uzanımı

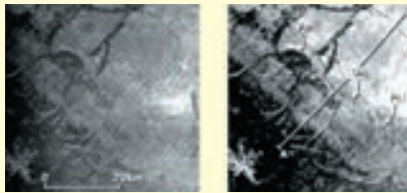
Bilgisayar ortamındaki 8 bitlik kodlama sisteminde, görüntü 256 gri seviyesinde gösterilir ve kaydedilir. Kontrast uzanımının amacı, görüntüye ait parlaklık değerlerinin (PD) dar aralığını daha geniş bir aralığa yaymaktır. Bu işlemi anlamak için, parlaklık değeri 0 ile 255 arasında değişen bir algılayıcı sistemin varlığını düşünelim. Şekil 1.a, herhangi bir görüntünün bir spektral bantta kaydedilmiş histogramını göstermektedir.



Şekil 1: Kontrast uzanım zenginleştirmesinin genel prensipleri.

Histogramda gözlenen 60-158 arasındaki değerleri, 0 ile 255 arasına yayılarak daha iyi bir gösterim elde edilebilir. Böylece, Şekil 1.c' deki aralık homojen olarak daha geniş bir aralığa yayılır. Bu işlem, doğrusal uzanım olarak adlanır. İşlem öncesinde, görüntü tonlarında güçlükle fark edilen değişimler, sonradan yorumlayıcı tarafından kolayca tanınabilecek tonlara dönüşür. Eş uzanlı histogram işlemiyle, değerlerin çoğunun histogramın sık olduğu bölüme atanmasıyla gerçekleşir (Şekil 1.d). 109-158 arasındaki değerler böylece 39-255 arasında yer alan gösterim parçasına yayılır. Özel uygulamalarda, histogramın dar bir aralığıyla ifade edilen değerleri, tüm histogram aralığına yayılarak analiste daha ayrıntılı ve doyurucu bilgi sağlanır (Şekil 1.e).

Şekil 2.a da orijinal bir Landsat MSS görüntüsü, çok düşük bir kontrast göstermekte olup dar bir alana sıkışmış parlaklık değerlerini temsil eder. Kontrast uzanım işlemi sonrası ortaya çıkan görüntüde, kontrastın oldukça arttığı ve yorumlamanın öncesine oranla daha iyi hale geldiği gözlenir.

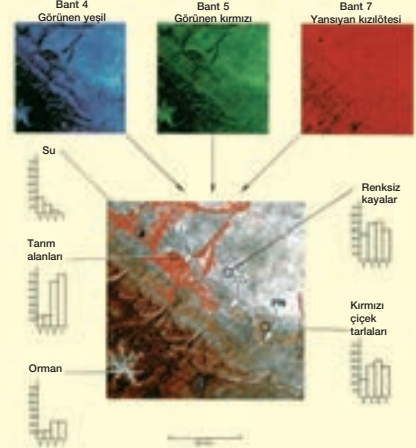


Şekil 2: Wind River Havzası'ndan alınan bir Landsat MSS görüntüsüne (a) kontrast uzanımı uygulandıktan sonra ortaya çıkan durum.

Standart Yapay Renkli Görüntüleme

Bu işlemin temelini, görüntüyü oluşturan her bir spektral bantta özel bir renk atanması esaslı oluşturur. Bu bantlar, daha sonra tek bir görüntü altında birleştirildiğinde renkli fakat insan gözü tarafından algılanan görünümle ilişkisi olmayan yeni bir görüntü meydana getirir (Şekil 3).

Standart yapay renkli görüntüler, özellikle şiddetli erozyona uğramış bölgelerdeki jeolojik yapıların daha kolay izlenmesine yardımcı olur. Bu şe-

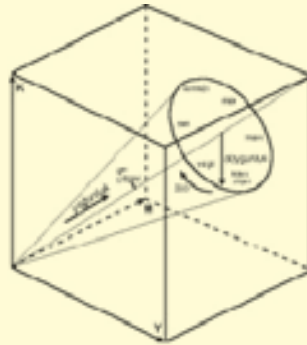


Şekil 3: Standart yapay renkli görüntüleme. Düşey bar grafikleri, özel yüzey örtü tipleri için kaydedilmiş sayısal verilerin toplam miktarı olarak 4 ayrı Landsat bantına karşılık gelen değerleri gösterir. FP: Seldüzüğü, DA: Dallas Antiklinali, PN: Dalımın ucu.

kilde jeolojik yapılar, görüntü üzerinde rahatlıkla izlenebilir, haritalanabilir ve arazi verileriyle birlikte değerlendirilebilir.

Yoğunluk-Ton-Doygunluk Renk Dönüşümü

Sayısal görüntüler, üç temel renk olan kırmızı, yeşil ve maviyi (RGB) kullanır ve renk bileşikleri şeklinde gösterir. Şekil 4, bu ilişkiyi göstermektedir. Buradan; kırmızı, yeşil ve mavinin parlaklık değerlerinin 2563 (16.777.216) olduğu çıkarılabilir. Küpün başlangıç noktasından karşı köşeye kadar birleştirilen çizgi gri çizgisi olarak bilinir. RGB renk sistemi, normal renkli, yapay renkli, kızılötesi ve seçmeli renkli gösterimlerde yaygın olarak kullanılır.

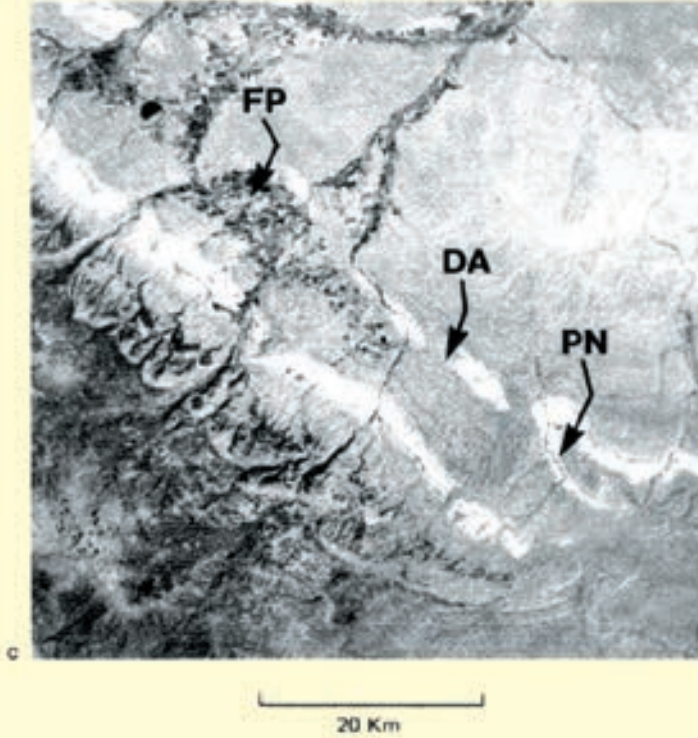
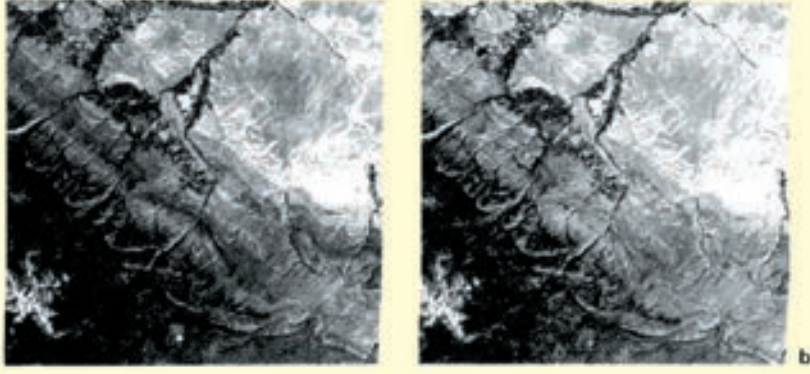


Şekil 4: Kırmızı-Yeşil-Mavi (RGB) üç boyutunda tanımlanmış yoğunluk, doygunluk ve renk tonu kavramlarının birbiriyle ilişkisi.

Renkleri tanımlamanın alternatif bir yolu da yoğunluk-ton-doygunluk (IHS) sisteminin kullanılmasıdır. Yoğunluk; rengin toplam parlaklığıyla, ton ise bir renge katkıda bulunan toplam ışııkla ilişkilidir. Doygunluk ise görelî renk saflığının griye oranı olarak bilinir. Örneğin pembe gibi pastel renkler yüksek doygunluktaki koyu kırmızıyla karşılaştırıldığında düşük doygunluktadır. İşlem öncesi RGB elemanlarının IHS elemanlarına dönüşümü zenginleştirmede kontrol sağlar.

Spektral Oranlama

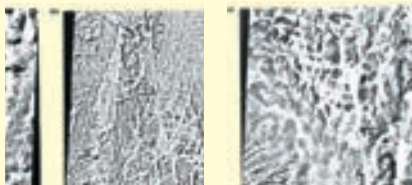
Bir görüntüyü oluşturan veriler, tek bantta ayrı gri tonları veya üç bantta renkli olabileceği gibi farklı kombinasyonlarda da olabilir. Bunların en kullanışlısı, bir bantın diğer bir bantla oranı olarak ifade edilir. Bu oranlama, bir bantı oluşturan piksellerin diğer bantta bölünmesiyle ortaya çıkar.



Şekil 5: (a ve b) Wind River Havzası'na ait bir görüntünün 4. ve 5. bantlarına ait görüntüler. (c) Bu iki bantın birbirine oranlanması (5/4) sonucunda ortaya çıkan görünüm. FP: Seldüzlüğü, DA: Dallas antiklinali, PN: Dalimin ucu.

Jeolojik amaçlı çalışmalar için, bazı Landsat TM bant kombinasyonları daha uygundur. Bunlardan (731) kombinasyonu, mineral gruplarının ayırtılmasında kullanılır. Bu kombinasyonda evaporitik çökeltiler daha çok beyaz, ırmaklar ise koyu renkte görülürler. (457) kombinasyonu, yine mineral gruplarının ayırımı için kullanılırken (754) kombinasyonu ise güncel volkanik malzemenin yüzeye çıktığı bölgelerde lavların kırmızımsı-sarı, daha sıcak lavların ise daha sarımsı görünmesine yol açar. Demir içeriğinin değişimini saptamak amacıyla yapılan jeolojik çalışmalarda 2/3 TM, kil içeriğinin değişimini saptamak içinse 5/7 TM oranlarını incelemek gerekir.

Şekil 5, Landsat MSS 5. bandın (a) 4. banda (b) oranlandığında ortaya çıkan görüntünün (c) göstermektedir. Buna göre en açık tonlar, yüksek oranlama değerlerini ve yüksek oranda demir içeriği bulunan kayalar temsil etmektedir.



Şekil 7: Ürdün'ün bir bölümüne ait bir Landsat MSS görüntüsüne (a) büyük boyutlu (31x31) bir filtreleme uygulanması sonucunda ortaya çıkan yapısal özelliklerin görünümü (b).

Koyu tonlar ise düşük oranlama değerlerini ifade etmekte olup bitki örtüsünü ifade ederler. Ortaç gri tonlarıysa iki bantta da benzer yansıma özelliklerine sahip malzemeleri temsil eder.

Kenar Zenginleştirilmesi

Farklı tonlarla ifade edilen bölgeler arasındaki ayrımı arttırmak için filtreleme işlemleri uygulanır. Yüksek geçirimli filtreleme uygulanmış görüntülerin detayları vurguladığını hatırlatmakta yarar vardır. Filtrelerin çalışma mantığı şu şekilde açıklanabilir:

Orijinal bir görüntüye (Şekil 6.a) 3x3' lük bir filtreleme uyguladığımızda (b) filtrelenmiş görüntünün merkezindeki piksellerin parlaklık değerlerinin orijinal görüntüyü oluşturan pencerenin

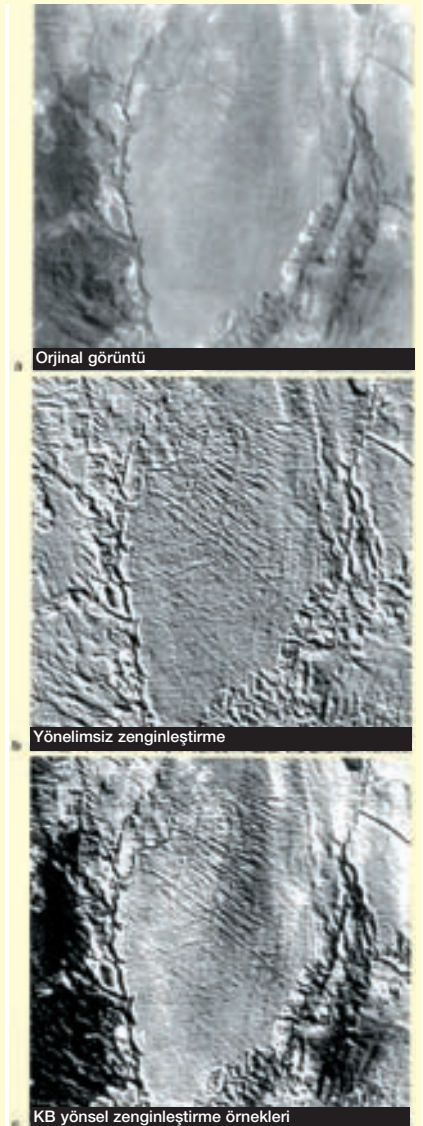
çevresindeki 9 pikselin ortalama değeri olduğunu görürüz. Görüntüye filtre uygulandığında ortaya çıkacak yeni görüntünün parlaklık değerleri c' deki gibi olacaktır.

Yüksek geçirime uğramış bu görüntüler, çizgisel özellikleri veya

birbirinden farklı tonlarla ifade edilen kayaları ortaya çıkarmak için alınan orijinal görüntüye üstünlük sağlar. Jeolojik açıdan fay ve intrüzif kontakt gibi özellikleri vurgulamak için bu filtreler kullanılmaktadır. Şekil 7, bölgesel ölçekteki fayları ortaya çıkarmak amacıyla kullanılan büyük bir filtreleme örneğini göstermektedir. (a)' da Ürdün'ün bir bölgesinden alınan ve kontrast uzanımıyla zenginleştirilmiş Landsat MSS 7. bant görüntüsü üzerinde faylar zorlukla izlenebilirken (b)' de 31x31 boyutunda, büyük bir filtre kullanılarak elde edilen görüntüde bu yapısal özellikler daha iyi ortaya çıkmaktadır.

Yönel filtreleme ise jeolojik açıdan bölgesel tektonik özelliklerin ortaya çıkarılmasında çok önemli veriler sunan tekniklerden birisidir. Buna göre, görüntüye çeşitli yönlerden verilecek ışıklandırılmalarla bu yönle ilişkili tektonik özellikler ortaya çıkarılabilir.

Şekil 8, Altiplano/Sili bölgesinden alınan orijinal bir Landsat MSS görüntüsüne aittir. Altta aynı görüntüye, yönelimsiz bir kenar zenginleştirme uygulanmıştır (b). Görüldüğü gibi orijinal görüntüye göre topografik ve kontrast farklılıkların yanında etkin olan çizgisellikler de rahatlıkla izlenmektedir. En alttaki şekilde, yönsel bir zenginleştirme tekniği uygulanmış bir görüntüde ortaya çıkan kuzeybatı yönlü çizgisellikler gözlenmektedir (c).



Şekil 8: Yönelimsiz ve yönsel filtreleme örneklerinin karşılaştırılması.

Deprem İçin Ev Ödevi...



Anlaşılan deprem bizi kolay kolay uyutmayacak. Gerçi sarsıntılar bazen ölçüyü kaçırıyor, beklenmedik yerlerde ortaya çıkıyor, geçen yıldakiler kadar olmasa da yeni yıkımlara, acılara yol açıyor. İnsan ister istemez, geçen seferki gibi uykuda, hazırlıksız yakalanacağımıza, biraz rahatımız kaçsın diye düşünüyor. Ancak İstanbul'da yaşayanlar da güvenli bir uykuya hasret. Kuzey Anadolu Fayı'nın seri depremler sonunda biriktirdiği stresin yorumları, ister iyimser olsun, isterse kötümser, Marmara depreminin şöyle kıyısından yokladığı İstanbul'un bu kez hedef tahtasının daha ortalarında olabileceğini gösteriyor. Kuruluş çalışmalarını TÜBİTAK'ın yürüttüğü Ulusal Deprem Konseyi'nin başkanlığına getirilen Prof. Dr. Tuğrul Tankut'a göre, aslında kamunun beklentisinin tersine, depremin Marmara fayının bütün ya da parçalı oluşu ve buna bağlı olarak da, oluşabilecek depremin büyüklüğü konusunda "siyah ve beyaz" türünden net bir tablo yok. Gerçi insanlar gri tonlardan fazla hoşlanmıyorlar; Konsey de kesin iddialardan kaçınınca, bir bakıma insanlara istediklerini vermemiş oluyorsunuz. Ama aslında verilen çok önemli bir mesaj var: Spekülasyonun bilimsel değeri olmadığı. Ortada bazı iddialar var. Bunlar, bilimsel tartışma perspektifinden önemli; ancak sonuçta elde yeterli veri yok ve Marmara'nın depremselliği konusunda sağlıklı bir şey söyleyebilmek için daha fazla veri gerekiyor. Tankut, bu konuda

Konsey üyelerinin de eskiye göre daha ihtiyatlı bir tutum benimsediklerini özellikle vurguluyor. Aslında Konsey başkanı, depreme hazırlıklı olmanın gereğini vurgularken, depremin her an olabileceği uyarısını yaparken, korkulan depremi İstanbul'a endekslemenin yanlışlığının da altını çiziyor. "Ülkemizin %70-80'i deprem bölgesinde; bu durumda deprem batıda da olabilir, doğuda da". Ancak deprem nereyi vurursa vursun, büyüklüğü kaç olursa olsun, ille kan ve gözyaşı dökülmesi gerekmiyor. Biraz ter dökmekse gerekli...

Depreme hazırlıklı olmak, elbette biraz çalışma gerektiriyor. Tankut, Türkiye'nin hasarlı binaların onarılması ve hasar görmemiş binaların güçlendirilmesi konusunda önemli bir bilgi ve deneyim birikimine sahip olduğunu vurguluyor. Özellikle deprem sonrasında hasarlı yapıların değerlendirilmesi ve onarılması konularında üniversitelerin çok esaslı uygulama ve araştırma deneyimleri var. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, son 30 yıldır onarılmış ya da güçlendirilmiş yapı davranışı üzerinde deneysel araştırmalar yürütmüş. Son 10 yıl içinde Erzincan, Dinar ve Adana depremlerinden sonra değerlendirme ve onarım konusunda ODTÜ, İstanbul Teknik Üniversitesi, Boğaziçi Üniversitesi ve Gazi Üniversitesince çalışma ve uygulamalar yapılmış.

Bu üç deprem ve özellikle de 1999 Gölcük ve Düzce depremlerinin ortaya koyduğu gerçekler şunlar: Tüm bu depremlerde, yapıların ge-

lişmiş ülkelerde benzer büyüklükteki depremlerin yol açtığı hasarın çok ötesinde yıkıma uğradığı ve büyük can ve mal kaybına yol açtığı gözlenmiş. Örneğin Dinar depremi, yaklaşık 6 büyüklüğünde bir deprem. Kasabayı yerle bir etmiş. Oysa geçenlerde Japonya ve Endonezya'da gerçekleşen aynı büyüklükteki depremler hiçbir hasar oluşturmamış.

Tankut bu olgunun nedenlerini sıralarken şu hususlar üzerinde duruyor: Nedenlerin başında mühendislik kusurları geliyor. Türk mühendislik firmalarının uluslararası arenada hatırı sayılır bir rekabet gücü kazanmasına karşılık, özellikle taşra kentlerinde yapılaşmaya giren mühendislik hizmeti son derece yetersiz düzeyde. Bu yetersizlik, imar planlamasında, yer seçiminde, yer bilimi ve zemin mühendisliğinde bilim dışı uygulamalarla ortaya çıktığı kadar, üstyapının tasarımı ve yapımında da bilgisizlik ve hatta kötü niyet biçiminde kendini gösteriyor. Burada asıl sorunun az ve orta yükseklikte binalarda yaşandığı anlaşıyor. Örneğin, İstanbul Levent'te 56 katlı bir binada deprem hiç bir iz bırakmazken, üç katlı bazı binalarda hasar yaratmış. Sorun, daha çok 6-7 katlı binalarda. Kentlerimizdeki sorun şu: Konutların büyük çoğunluğunun yapımcısı ya mühendis değil, ya da Tankut'un deyiimiyle "kötü mühendis". Bununla birlikte Deprem Konseyi Başkanı, sorumluluğu birkaç müteahhitin sırtına yıkmanın, kolaycı bir yaklaşım olduğunu da vurguluyor. Dikkatleri çektiği

önemli bir nokta, bir deprem ülkesinde yaşamamıza karşın, mühendislik fakültelerinin ders programları içinde depreme dayanıklı yapı tasarımı gibi konulara yeterince yer verilmemesi. Gene Tankut'a göre deprem alanında da bir etik sorunu var. Öğretim programlarında mühendis adaylarına etik dersleri, kavramları verilmezse, etik ihlalleri kaçınılmaz oluyor; "herkes öyle yapıyor, ben niye farklı davranayım" düşüncesi yerleşiyor. Oysa burada kötü niyetli müteahhitin yapabileceği vurgun sınırlı. Demirden çaldığında sağlayacağı kâr, maliyetin yüzde birini geçmiyor. Tankut'a göre binaların dayanıksızlığının temel nedeni, hırsızlıktan, vurgundan daha çok, bilgisizlikten, mesleki yetersizlikten kaynaklanıyor.

İkinci ve daha az önemli olmayan bir öge de, denetim yetersizliği. Tankut'a göre, 1975 yılından bu yana yapıların deprem güvenliği konusunda yeterli bir yönetmelik bulunmasına, 1998 başında yürürlüğe giren yeni yönetmeliğin de çağdaş içeriğine karşın, denetim pratikte yaşama geçirilememiş. Konsey başkanının anlayamadığı ve "uluslararası toplantılarda yabancı meslektaşlarına anlatmakta hayli zorlandığı" bir uygulama da, imar afları. Bunun anlamı şu: Bu yapı güvenli değildir, insan yaşamı için tehlikelidir; ama içinde oturulabilir!...

Ama daha da önemlisi, toplumda deprem güvenliğine yeterince talep bulunmaması. Profesör Tankut, konut satın alanların, aldıkları evin depreme dayanıklılığını kanıtlayacak ayrıntılar yerine, örneğin banyo takımlarının süsüyle, fayansıyla, mer-

meriyle daha çok ilgili olduklarından yakınıyor. Oysa deprem güvenliğine sahip bir konutun maliyeti, güvensiz ama süslü bir konutunkine göre belki daha da ucuz. Hazır konutları deprem güvenli hale getirmenin maliyeti de öyle göze alınamayacak bir şey değil. Bilemediniz, konut maliyetinin %3-5'i kadar.

Bir faktör de, afet yönetiminin son yıllardaki kent depremlerinde bütün çıplaklığıyla ortaya çıkan yetersizliği. Ancak Tankut o zamandan bu yana kaydedilen olumlu gelişmelerin de altını çiziyor. Bu bağlamda son günlerde tartışmalara yol açan

deprem tatbikatları konusundaki görüşü de son derece net: Bunlar son derece yararlı ve gerekli.

Acı yoldan elde edilmiş de olsa, bu dersler, bu deney birikimi, Türkiye'yi hasar onarımı konusunda azımsanmayacak bir yere getirmiş. Birkaç ay önce Dünya Bankası'nın işbirliğiyle TÜBİTAK'ta düzenlenen ve dünyadan sayılı uzmanların katıldığı uluslararası bir çalıştayda (workshop) ülkemizin uzmanlık düzeyinde eriştiği ileri nokta ve benimsediği yöntemlerin doğruluğu, katılımcılarca dile getirilmiş.

Ancak Prof. Tankut gibi inşaat

mühendisleri için asıl sorun, yıkılmış, hasar görmüş binalar değil. Yıkıntıları temizleyip, yerlerine yenilerini koyabiliyorsunuz. Hasarlı binaları da onarmak belirli bir maliyet işi, ama tabii bu maliyetin, bina maliyetinin yaklaşık yüzde 20'si gibi bir sınıır içinde tutmak gerekecek. Yapılacak onarımın bir kısmı taşıyıcı yapısı zarar görmemiş binalarla ilgili. Bu tür onarım, uzmanların sözlüğünde "kozmetik onarım" diye adlandırılıyor. Çok büyük bir uzmanlık gerektirmediğinden, yerel mühendisler, bu işi kolaylıkla yapabilir. Ancak orta hasarlı binaların onarımı belirli bilgi birikimi gerektirdiğinden, bu işi üstlenecek mühendislerin mutlaka eğitimden geçirilmesi, bunun içinde kurslar düzenlenmesi gerekiyor. Prof. Tankut, bu kursların son derece ciddi bir içerikle ve disiplinle verilmesi gerektiğini, sonunda da ancak ciddi bir sınavı geçenlere yeterlilik sertifikası verilmesi gerektiğine inanıyor.

Depremlerle ilgili asıl sorunsu, hasarı ön-



UDK: Deprem Tatbikatları Gerekli...



Ulusal Deprem Konseyi (UDK) başkanı Prof. Dr. Tuğrul Tankut, konsey adına 26 Temmuz'da yaptığı açıklamada, kamuoyunu kaygılandıran bazı konulara açıklık getirdi.

Konsey'e göre, kaygı duyulan konulardan biri, depremlerin önceden belirlenmesine yönelik çeşitli göstergeleri inceleyen araştırmalarla ilgili haberlerdi. Tankut ve aynı toplantıda konuşan konsey başkan yardımcısı Prof. Dr. Aykut Barka, depremi önceden haber verdiği iddia edilen aygıtla ilgili olarak, bu çalışmaların henüz başlangıç aşamasında olduğunu ve böyle bir savunı yapılabilmesi için uzun yıllar süren gözlemler ve yeterli istatistiksel sıklıkta olumlu sonuçlarla desteklenmesi gerektiğini vurguladılar. Birçok ülkede bu konuda çalışmalar yapılmasına karşın, güvenilir bir deprem göstergesi henüz bulunabilmiş değildir.

Konsey'in ikinci olarak üzerinde durduğu konu deprem tatbikatlarıyla ilgili oldu. Konsey'e göre, depreme hazırlıklı olma kapsamında yapılan deneme uygulamaları, yani deprem tatbikatları gerekli ve yararlı çalışmalardır. Bu çalışmalar deprem söylentileriyle ilişkilendirmek yanlıştır. Bu çalışmaların gereği olan yazışmaların da deprem uyarısı gibi yorumlanması doğru değildir. Deprem önceden kestirilemediğine göre, uyarı söylentileri zaten doğru olamaz.

Konsey'ce, kamuoyunu kaygılandığı düşünülen bir diğer konu, Marmara Denizi içindeki fay hareketleriyle ilgili değerlendirmelerden çıkarılan yorumlarla ilgiliydi. Konsey'e göre, Kuzey Anadolu fay zonunun Marmara Denizi içinde yer alan bölümünün nitelikleri genel olarak bilinmekle birlikte, tüm özelliklerinin ayrıntılı ve güvenilir biçimde ortaya konması, geniş ve kapsamlı bilimsel araştırmaların yapılmasını gerektirir. Güvenilir verilere dayanmadan yapılan ve

fağların olası kırılma biçimlerinin ya da olası bir depremin yeri, büyüklüğü ve zamanlamasına ilişkin açıklamalar güvenilir olmaktan uzaktır. Ayrıca bu tür açıklamaların yurttaşlara bir yarar sağlaması beklenemez. Çünkü, bölgenin tektonik özellikleri, tarihsel veriler ve son yıllardaki gelişmeler, zaten bölgenin büyük bir deprem potansiyeli taşıdığını açıkça ortaya koymaktadır. Konsey'e göre yurttaşlarımızı ilgilendirecek olan husus, ülkemizde büyük depremler beklendiğinin bilinmesi ve buna göre önlemler alınmasının başlatılmasıdır. Türkiye'nin bütünüyle bir deprem ülkesi olduğunun ve pek çok yöresinde her an bir deprem olabileceğinin bilinmesi ve depreme hazırlıklı olma çalışmalarının bilinçli, düzenli ve sürekli biçimde yürütülmesi gerekir.

Konsey, "depreme hazırlıklı olmanın" ne anlama geldiğini de şöyle açıkladı: Bu çok geniş bir kavramdır; bireyden devlete kadar çeşitli kurum ve kuruluşların görev ve sorumluluklarını içerir. Geniş bir alanda uzman katkısı gerektirir. Reçete niteliğinde basit bir çözümü yoktur. Bu nedenle, gerek yurttaşlar gerekse basın, bazıları bilinmezlikten kaynaklanan, bazıları çıkar hesapıyla ortaya atılan yanıltıcı çözümlere değer ve önem vermemelidir.

Prof. Tankut, Konsey'in bu konuda daha kapsamlı bilgiler vereceğini, bu bilgileri sunmanın hazırlığı içinde olduklarını da vurgulayarak Konsey açıklamalarını bitirdi.

Deprem Konseyi Başkanı bir soru üzerine, depremde hasar görmemiş binaların, gene de "deprem yorgunu" olabilecekleri nedeniyle yeterli güvenlikten yoksun bulundukları yolundaki bazı iddiaların temelsiz olduğunu belirtti.

Prof. Barka da, aşırı sıcaklarla depremi ilintilendiren inaniş haklı kılacak herhangi bir bilimsel veri olmadığını vurguladı.

lemek; binaları depreme karşı güvenli yapmak; mevcut binaları da güçlendirmek. Bunun için mühendislere üniversite düzeyinde daha özenli ve ülkemiz gerçeklerinin gerektirdiği uzmanlık konularını da kapsayan daha çağdaş bir eğitim verme gereğinin yanı sıra, lisanslı mühendislerimizin de bilgi düzeylerinin kurslar aracılığıyla sürekli iyileştirilmesi gereği ortaya çıkıyor. Bu konuda üniversitelere düşen görev ve sorumluluk var.

Depremlere hazırlıklı olmak için yurttaşların da eğitimi gerekli. Tankut, bu bağlamda bazı mesajların verilmesinin son derece önemli olduğunu vurguluyor:

Depremin nerede ve ne zaman vuracağı, hangi büyüklükte olacağı o kadar önemli değil. Akılda tutulması gereken, her yerde ve her an meydana gelebileceğini bilerek hazırlıklı bulunmak.

Hazırlıklı olmak için, ne yazık ki hazır bir reçete yok. Dolayısıyla arada bir sunulan reçete çözümlere (yatakta üzerine demir kafes konması gibi) itibar etmemek gerek. Hazırlıklı olmak, bir kültür sorunu. Bilinçli, sistematik hazırlık çalışmaları gerektiriyor. Deprem yardımı olarak gönderilen ve çoğu zaman gerektiği gibi değerlendirilemeyen paraların küçük bir oranıyla depreme hazırlanılabilirdi. Depreme hazırlıklı olmanın vazgeçilmez bir gereği de, yapı stoğunun deprem güvenliği değerlendirilmesi ve güvenli olacak biçimde güçlendirilmesi. Bu oldukça zor ve pahalı bir süreç, ama yapılması da mutlak gerekli. Çok önemli başka bir koşulsu, depreme hazırlık için gereken insan kaynağının, yani uzmanların yetiştirilmesi.

Yurttaşlara vakit geçirilmeksizin kavrılması gereken bir gerçek de, yapıların depreme güvenli yapılmasının, ya da mevcut yapıların güvenli hale getirilmesinin maliyetinin çok küçük olması. Buna karşılık göçme maliyetiye çok büyük; mala gelen zarar bir tarafa ailenizin çocuklarınızın, yakınlarınızın canları söz konusu.

Nihayet kötü uygulamaların he-sabını sorma bilincinin de kamuya maledilmesi gerekiyor.

Raif Gürdilek



17 Ağustos 1999'da Körfezde yaşanan deprem felaketi yirmi bine yakın insanımızın kaybı yanında, politik, sosyal ve ekonomik kayıplara da neden oldu. Ayrıca, bu doğal afet, bizleri erken ve geç dönemde bir dizi psikolojik, biyolojik, ekolojik ve medikal sorunla karşı karşıya bıraktı. Depremle ilgili birçok konu yediden yetmişe herkesin gündemine girdi. Deprem olasılığı, nedenleri ve öngörülmesi üzerine büyük ilgi ve taraftar toplayan tartışmalar yaşandı. Bu arada, depremin önceden belirlenmesinde yer altı ve kaplıca sularında oluşabilecek, örneğin debi artışı, bulanıklık, kimyasal kompozisyonda değişme (radon gazı artışı) gibi değişimler hem söylentilerde hem de bilimsel tartışmalarda ilk sıralarda yer aldı. Bu olgunun nedenleri anlaşılabilir. Ülkemizde, kaplıcaların ve termal ve mineralli suların tıbbi ve turistik amaçlı kullanımı oldukça yaygındı. Ülkemizin dört bir yanına daha çok geleneksel nitelikleriyle dağılmış kaplıcalar, sosyal, kültürel ve günlük yaşantımızda önemli bir yer tutuyordu. Deprem öncesi ve sonrasında kaplıcalarda depremle bağlantılı değişik gözlemler birikti.

Bu arada, böylesi geniş toplum kesimlerini dramatik biçimde etkileyen

sosyal olaylara özgü bir süreç olarak bir çok söylenti çıktı ve yayıldı. Bunlardan bir tanesi, deprem öncesi Yalova Termal'de yeni bir suyun "kaynamaya" başladığı ve İstanbul Teknik Üniversitesi'ne bunun için başvurulduğu, ama yanıt alınmadığı idi. Gerçekten Yalova işletmecileri Ağustos ayı başlarında, Yalova'daki kaynaklara (toplam sayıları 14 civarında) bir yenisinin eklendiğini gözlemlediler. Bu "yeni" kaynak Yalova Termal'in kurulu olduğu iki yamacın tabanında akan derenin içindeydi ve daha çok "ayak suyu" diye bilinen yerde, dere yatağında doğal olarak çıkan kaynaklara ek olarak ortaya çıkmıştı.

Ancak, işletmeciler, söylentideki gibi İstanbul Teknik Üniversitesi'ne başvurmadılar, ama, İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Anabilim

Dalı'nı 13 Ağustos 1999'da aradılar ve bu yeni kaynağın incelenmesini talep ettiler. İlginçtir ki, 17 Ağustos 1999 Salı günü Yalova Termale bir ekibin gitmesi planlandı, ancak, daha sonraki bir tarihe aktarılması düşünülürken, 17 Ağustos 1999'da deprem yaşandı. Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Anabilim Dalından bir ekibin, bu "yeni" kaynak ve "eski" kaynaklarda incelemelerde bulunmak ve örnekler almak üzere Yalova'ya gidişi, 8 Eylül 1999'da gerçekleşti. "Yeni" kaynaktan ve diğer kaynakların başlıcaları olan esas kaynak, göz suyu kaynağı ve mide suyu kaynağından örnekler alındı. Bu örneklerin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizleri İstanbul Tıp Fakültesi Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Anabilim Dalı Balneobiyoloji ve Su Biyolojisi ve Balneokimya ve Su Kimyası Laboratuvarlarında yapıldı.

	Na+	K+	Ca+	Mg+	Cl-	SO42-	HCO3-	F-
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Esas Kaynak	268,9	4,6	172,3	2,4	93,9	835	44,4	2,2
Mide Suyu	257,4	4,3	166,3	2,4	92,4	830,5	43,9	2,3
Göz Suyu	271,2	4,6	170,3	2,4	89,5	845	43,9	2,1
"Yeni" Kaynak	271,2	4,3	172,3	4,8*	89,5	845	45,1	2,0

Tablo 1: İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Anabilim Dalı'nca 8 Eylül 1999 tarihinde Yalova Termal'deki kaynaklardan alınan örneklerde belli başlı katyon ve anyon düzeylerinin (mg/L) kaynaklara göre dağılımı; "yeni" ile eski kaynaklar arasında anlamlı farklılıklar saptanamamıştır.

*Magnezyum düzeyinde %100'e varan fark, mineralli sular için oldukça düşük sayılabilecek magnezyum değerleri nedeniyle anlamlı değildir.

Sonuçlar

Tablo. 1’de alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları ana anyon ve katyonlar olarak gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, ana iyon konsantrasyonları açısından, örnekler arasında büyük farklar bulunmuyor. Başka bir deyişle, incelediğimiz kaynakların başlıca iyon değerlerinde görülen farklılıklar magnezyum değerleri hariç küçük oynamalar düzeyinde ve $\pm \%20$ ’yi aşmıyor. Magnezyum değerlerindeki $\%100$ ’e varan fark ise, değerlerin çok düşük düzeyde olmaları nedeniyle pratik anlam kazanmıyor.

Tablo. 2’deyse, Yalova Termal’deki "yeni" kaynak, esas kaynak, mide suyu kaynağı ve göz suyu kaynağından alınan örneklerin pH, elektriksel iletkenlik, sertlik, sıcaklık ve serbest çözülmüş karbondioksit gazı konsantrasyon değerleri gösteriliyor. Tablo 2’den izleneceği gibi, pH, elektriksel iletkenlik (S/cm), sertlik (Fransız Sertlik Derecesi) ve sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) değerleri dört kaynaktan da birbirine çok yakın. Aralarındaki en uç farklar pH’da 0.48 ($\%$ 6), EC’de 0.10 ($\%$ 5), sertlikte 2.5 ($\%$ 6) ve sıcaklıkta 5.2 ($\%$ 8) düzeylerinde. Kaynakların serbest karbondioksit düzeyleri arasında en düşük düzey (2.2 mg/L) ile en yüksek düzey (8.8 mg/L) arasında 4 kata varan fark, mutlak değer olarak fazla, ancak 4 kaynağın da CO_2 düzeylerinin çok düşük olması nedeniyle anlamlı değil.

Tartışma

"Yeni" kaynak, büyük bir olasılıkla Yalova Termal’deki eski kaynakları "besleyen" yer altı su rezervuarından geliyor. Çünkü, yaptığımız analizlerde bu kaynağın fiziksel ve kimyasal özellikleri Esas Kaynak, Mide Suyu ve Göz Suyu kaynaklarından gelen sularla önemli bir farklılık göstermedi. Bu kaynak, belki de yeraltında deprem öncesi oluşan mekanik gerilim ve/veya başka jeolojik veya jeofiziksel olaylar sonucunda, yeryüzüne çıkmak durumunda kalmıştı. Yoksa, depremin habercisi olarak bambaşka bir kimyasal bileşimle yerkabuğunu delip gün ışığına çıkmamıştı. Deprem öncesi eski kaynaklarda genel olarak bir debi artışı olduğu yönündeki gözlem de depremin fiziksel etkisi olarak yorumlanabi-



Doğu Marmara bölgesinin aktif fayları ve sıcak su kaynaklarının dağılımı haritası. Doğu Marmara bölgesinin aktif fayları ve 17 Ağustos 1999 ile 12 Kasım 1999 depremlerinin yüzey kırıkları. MTA-Emre ve diğerleri (1999)’nden değiştirilerek alınmıştır. Açıklamalar: Kuzey Anadolu Fay Zonu: 1. Abant Segmenti, 2. Dokurcan Segmenti, 3. İzmit-Adapazarı Segmenti, 4. Çınarcık Segmenti, 5. Geyve-İzmit Segmenti, 6. Gemlik Segmenti, 7. Zeytinbağı Segmenti, 8. Düzce Fayı, 9. Hendek Fayı, 10. Ulubat Fayı, 11. Bursa Fayı, 12. Eskişehir-Bursa Fay Zonu

li. Bu debi artışı deprem sonrası azalarak devam etti. "Yeni" kaynama ve debi artışını, Yalova Termali besleyen termomineral suyun yeraltındaki dolaşımı ve/veya rezervuarının depremden etkilenmiş olduğunun göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Ama, "kimyasal parametreler açısından deprem sonrasında bir etkilenme ve değişim olmuş mudur?" sorusuna, deprem sonrası saptadığımız değerlere bakarak hayır yanıtını verebildik. Çünkü, "yeni" kaynak ile "eski" kaynakların kimyasal kompozisyonları arasında önemli farklılıklar söz konusu değildi (Tablo. 1). Diğer yandan depremin hemen öncesine (1-2 gün) ait değerler elimizde bulunmadığından, aynı soruya kesin bir hayır yanıtı veremeyiz. Elimizdeki verilerde önemli bir eksikliğimiz hem deprem öncesi hem de deprem sonrası Yalova termal sularındaki radon gazı değerleri

idi. Oysa, depremler öncesinde yer altı suları radon konsantrasyonlarında önemli yükselmelerin olduğu uzunca bir zamandır biliniyordu ve Japonya deprem izleme yöntemleri arasına yer altı sularında radon değerlerinin monitorizasyonunu da dahil etmişti. Radon ölçümleri Yalova’da yapılmadığı için deprem öncesi ve sonrasında radon değerlerinde bir yükselme olup olmadığını söyleyemiyoruz.

Peki, deprem sonrası dört ayrı kaynaktan yaptığımız örneklemede saptadığımız ana kimyasal kompozisyon önceki yıllardakilerden farklı mı? Neredeyse 4 bin yıldır yeraltı "serüveni" Yalova Termal’de doğal olarak yeryüzüne çıkarak tamamlayan termomineral sularının kimyasal kompozisyonu yıllar içerisinde büyük ölçekte değişimler göstermiş midir? Bu sorulara yanıt, ancak, önceki yıllarda yapılmış analizler ile son yaptıklarımızın karşılaştırılmasıyla verilebilirdi.

Yalova Termallerinin Kimyasal Bileşiminin Yıllara Göre Dağılımı

Yalova Termal’in "şifalı" suyunun elimizdeki en eski analizi 1929 yılına kadar gidiyor. 1929’da Atatürk’ün Yalova’yı gezmesi sonrası, onun verdiği emirler doğrultusunda, Yalova Termal’in örnek bir termal kür merkezine

		Elektriksel			
	pH	iletkenlik	Sertlik	CO_2	Sıcaklık
		($\text{S/cm } 25^{\circ}\text{C}$)	($^{\circ}\text{F}$)	(mg/L)	($^{\circ}\text{C}$)
Esas Kaynak	7,17	1900	44,1	4,4	63,8
Mide Suyu	7,65	1950	42,6	2,2	59,1
Göz Suyu	7,46	1900	43,6	8,8	58,6
"Yeni" Kaynak	7,37	1850	45,1	6,6	60,2

Tablo 2: 8 Eylül 1999’da alınan örneklerin pH, elektriksel iletkenlik (E.C.), sertlik, sıcaklık ve çözülmüş serbest karbondioksit gazı değerleri: "yeni" ile eski kaynaklar arasında anlamlı farklılıklar bulunmamıştır. Serbest CO_2 düzeylerindeki farklılıklar CO_2 konsantrasyonlarının çok düşük olması nedeniyle anlamlı değildir.

dönüştürülmesi amacıyla, 1936'da, -ne yazık ki, 1980'de yıkılan -Termal Otel inşası başlatıldı. Atatürk, Yalova Termal'in geliştirilmesi projesinin başına, zamanın tek Türk Balneoloğu Dr. Nihat Reşat Belger'i getirildi. Dr. Belger, o sırada Fransa'nın ünlü Plombieres Kaplıcası sorumlu hekimiydi. Belger, daha sonraları (Kasım 1938), yine Atatürk'ün destek ve önerileriyle İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde profesör ünvanı alarak, Hidroklimatoloji Enstitüsü'nü kurdu. Bu günün İstanbul Tıp Fakültesi Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Anabilim Dalı, Belger'in kurduğu Enstitünün devamıdır ve Yalova Termal ile yakın ilgi ve ilişkisi 60 yılı aşan bir süredir hiç eksilmemiştir.

Bu süreçte, İstanbul Tıp Fakültesi Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Anabilim Dalı çalışanlarınca Yalova Termal'de bir çok çalışma gerçekleştirildi ve sonuçları değişik kongrelerde sunulup, dergilerde yayınlandı. Yine bir çok kez farklı zamanlarda Yalova termal su kaynaklarının fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analizleri gerçekleştirildi. Bir çalışmadaysa bir yıl süreyle Yalova'daki dört termal su kaynağının periyodik fiziko-kimyasal analizleri yapıldı. Ayrıca, Yalova Termal üzerine Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Anabilim Dalı bir de monografi yayınlandı.

Tablo 3'de daha önceki yıllarda yapılmış analiz sonuçları karşılaştırılmalı olarak veriliyor. Görüldüğü gibi, belli başlı katyonlar (Na+, K-, Ca2+, Mg2+) ve anyonlar (Cl-, SO4-2, HCO3-, F-) yıllardır çok az farklılıklarla hemen hemen aynı düzeylerde kalmış bulunuyor. Burada da magnezyum değerlerinde 1929 ve 1947 yıllarında görülen farklılık, sonuçta bu değerlerin oldukça düşük olması nedeniyle önemli bir sapma olarak değerlendirilmedi.

	PH	Elektiriksel İletkenlik * 1/w ** _S/cm 25°C	Sertlik (FroS)	CO2 (mg/L)	Sıcaklık (oC)
1929 ⁴	7,8	0,173.10-3 *			66
1947 ¹	7,8	0,173.10-3 *		7,2	66,2
1968 ⁶	7,6	2030 **		4,4	57
1978 ³		1340 **		5,7	57
20-11-1987	7,75	1500 **	50,6	4,4	
08-09-1999 (Yeni Kaynak)	7,17	1900 **	44,1	4,4	60,2

Tablo 4: Yalova Termal Termomineral su kaynağının değişik yıllarda yapılan kimyasal ve fiziksel analiz sonuçlarına göre pH, elektriksel iletkenlik, sertlik, serbest karbon-dioksit ve sıcaklık değerleri; 1929 ila 1999 yılları arasında buradaki fiziksel ve kimyasal parametre düzeylerinde büyük oynamalar söz konusu değildir.

	Na+ mg/L	K+ mg/L	Ca+ mg/L	Mg+ mg/L	Cl- mg/L	SO4-2 mg/L	
HCO3- mg/L		F-					
19294	231	5,4	186	0,5	90,2	799	44,7 -
19471	231	5,4	186	0,5	104,5	799	72,4 -
19686	236	5,8	194	2,6	104	799	21,4 3,4
19783	260	4,3	162	2,6	79	851	52 3,4
20-11-1987	228	5,8	197	2,7	95	805	48 3,5
08-09-1999 "Yeni"Kaynak 2,2	270	4,6	170	2,4	90	845	45

Tablo 3: Yalova Termal Termomineral su kaynağının değişik yıllarda yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre başlıca iyon konsantrasyonları; görüldüğü gibi 70 yıllık bir zaman dilimi içerisinde ana anyon ve katyon düzeylerinde (magnezyum hariç) büyük oynamalar saptanmamıştır.

Tablo 4'te ise, değişik yıllarda yapılan analizlerde saptanan sıcaklık, pH, CO₂ ve elektriksel iletkenlik değerleri toplanmış bulunuyor. CO₂ hariç, yıllar arasında büyük oynamalar olmadığı görülüyor. Örneğin, pH değerleri arasında 0.63'lük bir fark, elektrik iletkenlikleri arasında 300 µS/cm'lik bir fark, sertlik dereceleri arasında 6.5 Fr sertlik derecesi bir fark ve sıcaklık değerleri arasında 9.2°C'lik bir fark bulunuyor ve bunlar yüksek düzeylerde değil. Başka bir deyişle bütün bu oynamalar ± %20 düzeyinin altında. CO₂ değerlerinde görülen %63 düzeyindeki fark, yine çok düşük olan CO₂ konsantrasyonları nedeniyle pratik olarak önem kazanmıyor.

Sonuç ve Yorum

Yalova Termal'de 17 Ağustos Depremi öncesi "yeni" bir termomineral su kaynağının çıkışı, gözlenen debi artışı ile birlikte büyük olasılıkla depremin oluşumu ile bağlantılı. Ancak, bu kaynağın fiziksel ve kimyasal karakteristikleri Yalova'nın diğer termal su kaynakları ile aynı. Büyük bir olasılıkla

"yeni" kaynak farklı bir yer altı su deposundan gelmiyor. Ancak, depremin hemen öncesi bu kaynağa ve Yalova'daki diğer kaynaklara ait fiziko-kimyasal analiz sonuçları elimizde bulunmuyor. Çünkü, bu anlamda bir izleme sözü konusu olmamış. Dolayısıyla, depremin, oluşmadan önce, kaynaklarda kimyasal ve fiziksel bir değişime neden olduğunu destekleyecek kanıtlar bulunmuyor. Özellikle radon düzeylerinde beklenebilecek artışların Yalova kaynaklarında gerçekleşip gerçekleşmediğini bilemiyoruz.

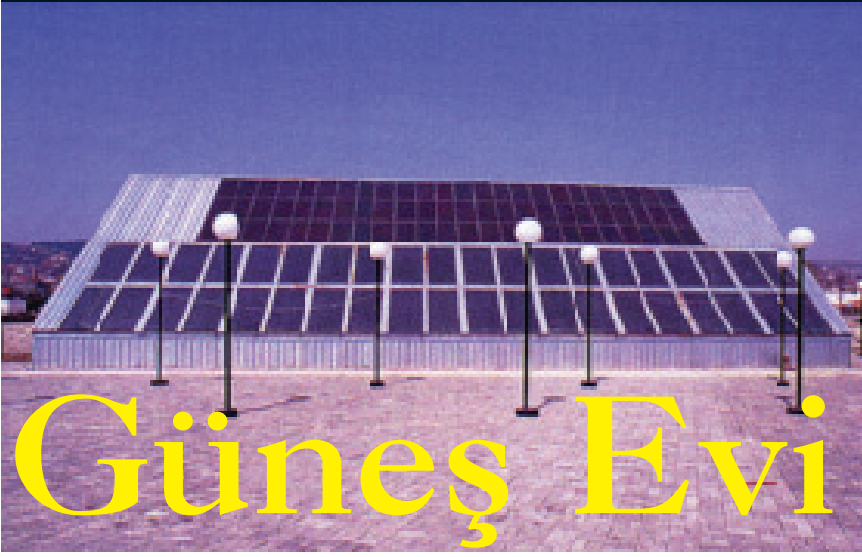
Diğer yandan, deprem sonrasında, Yalova'nın eski üç kaynağı ve "yeni" kaynak'tan alınan örneklerde saptadığımız fiziksel ve kimyasal karakteristikler, bir kısmı daha önceki yıllarda yine tarafımızdan yapılan analizlerle saptananlardan farklı değil. Bu yüzden, en azından deprem sonrası Yalova Termal termomineral sularının sıcaklık, elektriksel iletkenlik, pH, sertlik ve ana iyon düzeyleri gibi başlıca fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişmemiş olduğunu söyleyebiliriz.

M. Zeki Karagülle, Kerem Gün,
Ender Başak, Halet Demirtaş,
Nergis Yüzbaşıoğlu, Hatice Gürdal, Bilal Uysal
İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Tıbbi Ekoloji ve
Hidroklimatoloji Anabilim Dalı

Kaynaklar

- Çağlar, K., *Türkiye Şifalı Sular Kitabı*, Ankara, 1970, S. 237-244
- Karagülle, M., Tütüncü Z., Özer N., *Die Traditionellen Und Empirischen Kurort-Behandlungsverfahren In Der Türkei*, Phys Rehab Kur Med, 1995;5:106-108
- Özer N., Ark., *Yalova Kaplıcalarının Tarihî Gelişimi, Doğal Özellikleri Tıbbi Değerlendirilmesi*, İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Tıbbi Ekoloji Ve Hidroklimatoloji Birimi, İstanbul, 1981
- Reman R., *Balneoloji Ve Şifalı Kaynaklarımız*, Cumhuriyet Matbaası, İstanbul, 1942, S. 383-384
- Şimşek Ş., Yıldırım N., İzmit Ve Düzce Depremlerinde Jeotermal Değişimler, *Bilim ve Teknik*, 2000;387:70-73
- Yenal O., Ark., *Türkiye Maden Suları*, Cilt 1. Kağıt Basım İşleri, İstanbul, 1971, S. 86
- Wakita H., *Geochemical Challenge To Earthquake Prediction*, Pnas, 1996; 93: 3781-3786

İzmit BM Çadırkentinde



17 Ağustos 1999 Marmara bölgesindeki deprem felaketinden sonra Temiz Enerji Vakfı, kendi uzmanlık alanlarına giren konularda, üç proje hazırladı. Bu projelerden biri, İzmit Birleşmiş Milletler Çadırkentinde UNDP/GEF desteği alarak ve dört kuruluşun ortaklığı ile gerçekleştirildi. Projeye katkı koyan kuruluşlar, Kaldera-Dağsan Solar A.Ş. (Konya), Dunasolar Photovoltaics (Budapeşte/Macaristan), Hacettepe Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümü (Ankara), Mutlu Akü ve Malzemeleri A.Ş. (İstanbul). Proje, Temiz Enerji Vakfı eşgüdümünde yapıldı. 1999 Kasım ayında başlayan proje 2000 Mart ayında tamamlandı. Projede, yaklaşık 100m²'lik bir alan üzerine depreme dayanıklı çelik iskeletli bir yapı oturtuldu. Bu yapının güneşe bakan eğimli çatısına, yaklaşık 3kW. gücünde güneş panelleri ve 40 adet güneş toplacı kondu. Yapının dışındaki alan, bir toplanma ve oturma yeri olacak şekilde düzenlendi ve güneş panellerinden sağlanan elektrikle aydınlatma yapıldı. Yapının iç hacmi de Bilim Oyunları alanı olarak deney setleri ve bilgilendirici posterlerle donatıldı.

Güneş toplaçlarından elde edilen sıcak su, çadırkentteki duş ve yıkama birimlerine verilecek şekilde tasarlandı ve iki duş kabini (her birinde 8 duş bulunuyor) ile bir yıkama birimine (bulaşık vb.) buradan elde edilen sıcak su bağlantısı sağlandı.

Güneş panellerinden elde edilen elektrikle, yapının içini ve çevresini aydınlatma amacıyla kullanıldı. Bundan amaç, deprem gibi olağanüstü durumlarda elektrik kesintilerinden etkilenmeyecek aydınlanmış bir alan ve mekan oluşturmak ve bu şekilde o yörede yaşayanlara bir rahatlık vermektir. Bilindiği gibi, Ağustos 99 depremi sabaha karşı 3.00 de olmuş ve depremin hemen sonrası elektrikler kesilmişti. Uyku sersemi bir şekilde depremden kurtulanların gecenin derin karanlığında yaşadıkları anlar, sonradan birçok kişinin sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini göstermiş ve ruhsal bozukluklara yol açmıştı. Bu yönüyle, herhangi bir olağanüstü durumda elektriklerin kesilmeden yanacağı bir sistem düşünüldü ve bu sistem güneş enerjisinden yararlanılarak başarıldı. Güneş panellerinden elde edilen

elektrikle aydınlanan bu alan, olağan koşullarda bir park yeri gibi kullanılırken, olağanüstü koşullarda bir toplanma yeri olarak kullanılabilir. Buradaki aydınlanmanın olağanüstü durumlarda da kesintiye uğramayacağı düşüncesi, bu yörede yaşayan yurttaşlarımıza bir güven ve bir iç ferahlığı verecektir.

Yapının iç hacminin bir çekirdek Bilim Oyunları Merkezi olarak düzenlenmesindeki amaç, çadırkentte yaşayanların bilime merakını arttırmak, aynı zamanda ülkemizde yeni bir olgu olan bu tür bir etkinliğin yaygınlaşmasına önayak olmak. Bilindiği gibi, depremden öğrenilen en önemli ders, "bilim" in tek yol gösterici olduğu ve tek dayanağımız olduğunun bir kez daha yurt çapında anlaşılmış olması. Bu görüş altında, gerek çocuklarımızı ve gerekse büyüklerimizi biraz olsun bilime yakınlaştırma ve bilimsel merak uyandırmanın hem bugün, hem de yarınımız için büyük yararlar sağlayacağı düşünüldü. Ayrıca, çadırkentlerin bir kaç gün gibi kısa süreli kalınacak yerler olmadığı, burada yaşayanların büyük bir deprem geçirdikleri göz önüne alındığında, çadırkentlerde sosyal birimlere önem verilmesinin gereği açık.

Projenin diğer bir önemli yanı, bir sivil toplum kuruluşunun, deprem bölgesi için kendi uzmanlık alanında bir projeyi tasarlayıp gerçekleştirmesi ve bu projenin gerçekleşmesinde, biri yurt dışından olmak üzere üç özel kesim kuruluşunun ve bir kamu kuruluşunun (üniversite) projeye katkı koymaları ve tüm ortakların uyumlu yaklaşımı ile projenin kısa sürede, bir aksaklığa yol açılmadan başarı ile tamamlanmış olması.

Ülkemizde (belki de dünyada) ilk kez gerçekleştirilen bu üç amaçlı proje umarız bir örnek olur ve coğrafya olarak güneş enerjisinden yararlanmaya uygun ülkemizde bu örnekler çoğalır. Yapının tasarlanışında ve yapımında geçici değil kalıcı olması amaçlandı. Yapının bulunduğu yerin kent merkezinde olması ve büyük bir alış-veriş merkezinin yanında bulunması gözönüne alındığında, çadırkent kalktıktan sonra da bu yapının korunabileceği ve istenirse genişletilebileceği, böylece o yöremize kazandırılmış bir yapıt olabileceği görüşündeyiz.

Temiz Enerji Vakfı



Bilim Etiği

Günlük yaşantımızda, ilişkide olduğumuz insanlara karşı, kendi kendimize karşı, uzaktan tanık olduğumuz olaylara karşı sürekli ahlâki yargılarda bulunuruz. Örneğin, elektrik paranızı yatırmak için uzun bir kuyruğa girmişsiniz; bir saattir bu kuyrukta bekliyorsunuz, neyse ki size sıranın gelmesine birkaç kişi kalmış. Ancak saat 11:30'u gösteriyor. Yarım saat sonra memurlar öğlen tatiline girecekler. Bu yarım saat içinde paranızı yatırmazsanız, en az bir saat daha orada beklemeniz gerekecek. Ama görünüşe bakılırsa öğleden sonraya kalmadan veznedeki işinizi bitirebileceksiniz. İşte böyle bir ortamda öne geçmeye çalışan biriyle karşılaşırsanız, o kişiyi yaptığı hareketten dolayı saygısızlıkla suçlar hatta ister istemez sesinizi bile yükseltebilirsiniz.

Başka örnekler vermeyi sürdürelim: Sorumluluğumuzda olan işe karşı gereken özeni göstermemişsek içimizi içimizi yer adeta; kendi ken-

dimize kızarız. Kendimizi yargılarız.

Medyada izlediğimiz bilimsel olaylara ve bilim adamlarına karşı sinirlendiğimiz ya da övgüye değer olduğumuz durumlar da çok olmuştur. Bu sırada da hep yargıda bulunur, yorumlar yaparız. Aslında bizlerin bu yaptığı, etiğin konusu olan ahlâki eylemleri kendimize göre yorumlamaktan başka bir şey değildir. Bizlerin belki farkında olmadan yaptığı bu yargılamalar zaten etik denilen bilim dalıyla, öteden beri yapılmaktadır. Örneğin, "Bilimsel Etik" bilim ve üniversite çevrelerinin dünyada ve Türkiye'de önem verdiği en güncel konulardan biridir.

Bilim etiği, bilim adamlarının çalışmaları sırasında uyacağı ahlâki talepleri yansıtır. Bilim adamı hem içe, hem de dışı karşı sorumluluğu olan insanlardır. Örnekleme gerekirse, bilim adamının kendi iç dünyasına olan sorumluluğunu meslek ahlâkı belirler. Bu ahlâk gereğidir ki, bilim adamı çalışmalarını

sürdürdüğü alanda, gerçeğin ne olduğunu ortaya koymakla yükümlüdür. Bu gerçeği ortaya koyarken de, uluslararası geçerli olan standartlara uygun, bilimsel çalışma yöntemlerine uyma zorunluluğu vardır. Örneğin, bilim adamı çalışmaları sırasında verilerini kendi istediği doğrultuda değişime uğratamaz, elde ettiği sonuçları her zaman doğrulanabilir olmalıdır. Araştırmalarında kullandığı bilgilerin kaynağını doğru ve eksiksiz bildirir. Yine bilim adamı meslek ahlâkı gereği rüşvet kabul etmez, yaptığı çalışmalarla kendisi arasına da mesafe koyar ve yaptıklarına eleştirel bir gözle bakabilmeyi becerir. Centilmenlik ve dürüstlük ilkelerini uygular.

Bilim adamının dışı yani topluma karşı da sorumluluğu vardır. Örneğin, deney adı altında bilimsel dayanağı olmayan vahşi uygulamalar yapmaz. Projelerinin var olan risklerini açıklar, insanları kötü niyetli kullanımlara karşı uyarır; zararlı olabileceğini bildiği halde araştırmalarını sürdürmekte direnmez ya da beklediği getiri, götü-

recekerlerinden çoksa o araştırmasına devam etmekten vazgeçer. Bilim adamlarının doğa ve yaşam birlikteliği konusunda kamuoyunu bilgilendirme, aydınlatma ve uyarma yükümlülüğü vardır; ama bu yükümlülük de, ulaşılan bilimsel veriler, sonuçlar ve bilim etiği ilkeleriyle belirlenmiştir. Bilim adamları, kendi aralarında kuramsal çalışmalarıyla ilgili tartışmalarını, kamuoyu önünde yapmazlar. Çünkü bu tartışmalar, özellikle de çelişkili olduğu durumlarda, bilime ve bilim adamına yönelik tereddütlerin çıkmasına ve güvensizliğe neden olabilir. Bilim de, bilim adamları da yalnızca bilimsel gerçeklerle konuşur; kehanetlerde bulunmazlar.

Bütün bu yazılanlar etiğin pratiğine yönelik konularından yalnızca biri olan bilim etiğinin ne olduğunu anlamamızı sağladı. Peki günlük yaşama baktığımızda, bilim etiği ilkelerine ne ölçüde uyuluyor? Tartışmaya açıyoruz.

Gülgün Akbaba

İşitme Engelliler, Sorunları ve Genom Projesi

İşitme engelliler, daha yaygın kullanımıyla sağır-dilsizler, çeşitli yönlerden özürli olarak doğmuş insan grupları içerisinde en yaygın olanlardandır. Bunlar genelde işitme duyularının işlevsiz olması nedeniyle aynı zamanda konuşamamaktadırlar. Çünkü, işiten-duyan insan duyduklarını, çocukluğundan itibaren geçirmiş olduğu çevresine uyum ve eğitim süreci çerçevesinde tellaffuz etme özelliğini devreye sokarak ifade etmektedir. Özetle sağır-dilsizlik engellerinin birlikteliği, aslında ikincisinin birincinin doğal sonucu olmasından kaynaklanmaktadır. Sağır olan, dilsizlik gerekçesi olabilecek başka bir neden olmasa bile, sırf bu nedenle aynı zamanda dilsiz de olmaktadır.

Doğaldır ki, işitme engellilerin eğitimi, kulağa seslenerek değil, göze seslenerek yapılmaktadır. Öğrenciler, ses olgusunu algılayarak değil, sergilenen hareketleri kavrayarak anlamaya çalışmaktadırlar. Aslında bu durum bazı noktalarda olumsuzluklara neden

olabilmektedir. Örneğin, taşıt kullanımları, önlerindeki insanın, arabanın kornasını duyarak çekileceğini varsayıp hızlarını kesmezlerse ve önlerine çıkan işitme engelli biriyse bir felakete neden olabilirler. Öte yandan bu durumdaki kişiler, çevrelerinde olup biten gelişmelerden, ancak görebildikleri eğitim-öğretim oranında haberdar olup, yararlanabilmektedirler. Bu engelle sahip kişilerin, söz konusu engelden olabildiğince az etkilenen bir biçimde hayata hazırlanmaları gerekir. Bu hem kendilerine, hem de topluma yararlı olmaları anlamında önem taşır. Bu nedenle, özel statüde eğitim-öğretim kurumları kurulmuştur. Sekiz yıllık ilköğretim ve ayrıca lise düzeyinde eğitim veren bu kurumlarda, özel bir müfredatla öğrencilere öncelikle yazma, yazılanı anlama ve dudak okuma becerisi sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu sayede, karşılıklı ilişkide bulundukları kişilerle daha rahat bir biçimde diyalog kurabildikleri gibi, sosyal gereksinimlerini giderme noktasında da bir ölçüde rahatlamış olmaktadır. Ancak, gerek bu tür eğitim veren okulların sayısının ve öğretmenlerin azlığı, gerekse teknik olanakların yetersizliği nedeniyle, nitelikli bir eğitim-öğretim

yapılamamakta ve daha çok işaretli anlaşma yoluna gidilmekte; öğrenci bu yöne kanalizasyon edilmektedir. Aslında okul sayısındaki yetersizlik ve diğer olanaksızlıklar nedeniyle okul sürecini yaşayamamış olanlar da, yaygın bir biçimde bu yolla yani diğer insanlarla ve birbirleriyle işaretli anlaşmaktadırlar. Ama bu tarz anlaşmanın çok karmaşık olan sosyal yaşam içinde, çeşitli konu ve alanlarda ilişki kurmaya yeterli olmayacağı kuşkusuzdur. Bu nedenle böyleleri engelleri olmayanların, engellileri hoşgörüsüyle karşılamaları gerekir. Aslında bütün engellilerin, dolayısıyla işitme engellilerinin de gereksinim duyduğu, acıma değil hoşgördür ve çeşitli alanlarda önem arzeden olanakların onlara da sunulmasıdır. Bu, ister kendilerine yönelik eğitim-öğretim olanağı olsun, isterse pozisyon olarak bu süreci yaşamaya elverişli olmadığı için doğrudan maddi olanak sağlayan herhangi bir iş olsun; ikisine de gereksinim duymaktadırlar.

Toplumu oluşturan sağlıklı bireylerin, engellilere de sıcaklıkla yaklaşması, onları rencide edici davranış içinde bulunmamaları gerekir. Aksine, onları incitmeden, bu engellerinin yaşamın sonu demeye gelmediğini, her durum-

da mutlu bir yaşamın olabileceğini hissettirmeleri ahlâki bir sorumluluktur da. Dahası, söz konusu sıkıntıların olabiliyorsa paylaşılarak gidermeye çalışmayı, toplumsal bir ödev olduğu da bilinmelidir.

Gen haritasının çözümlenmesiyle insan vücudunun olağanüstü yapısı gözler önüne serilmiştir. Umudumuz, kimilerinin bunu kötü amaçlara aracı kılmaması; bunun yerine bu tür çalışmaların, buluşların yine genlerden kaynaklanan sıkıntıları olan insanların umarsızlıklarına çare olarak kullanılmasıdır. Bu saygıya değer bir çabadır da.

Olasılıkla hatalı ya da tahribata uğramış bir gen nedeniyle işitmekten yoksun kalmış ve dolayısıyla konuşamayan insanların bu sorununa da eğilimi ve gündeme getirilerek duyulabilir gösterilmesi önemli adımlardan biridir. Beklentimiz, insan gen haritası çalışmalarından, işitme engellilerinin de yararlanabilmesidir.

Fikri Akman
Van Abdurrahman Gazi
İşitme Engelliler İlköğretim Okulu
Müdür Yardımcısı

(Forum'da tartışılan konular: "Sağlık Taramaları", "Bilgisayar mı, Bilgişler mi?", "Bilim Etiği".)

Serbest Kürsü

Değerli Okuyucularımız

Geçen sayımızda yeniden başlattığımız Forum köşesi için sizden de öneriler beklediğimizi söylemiştik. Öneriler gelmeye başladı. Okuyucularımızın Forum'da tartışmaya açmak istedikleri konuları yine bu köşedeki Serbest Kürsü'de tartışacağız.

Bize ulaşan mektuplar arasında, "eğitim sistemimizde öğretmen rolü", üzerinde önemle durulan konulardan biri. Bu konuyla ilgili üç mektubu aşağıda yayımlıyoruz. Sizlerden de görüşlerinizi, önerilerinizi yazmanızı bekliyoruz. Tartışmak istediğiniz, bilimi ilgilendiren her konuda bize yazın. Yazın ki, Forum'da hep birlikte ses olalım ve bilimsel alanda var olan sorunlara çözüm önerileri getirip, başarıları, başarısızlıkları, bilimi yaşamlarının bir parçası sayan siz Bilim ve Teknik dergisi okuyucularının gözünden, gözler önüne serelim.

Mektuplarınız için: Forum Köşesi, TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, Atatürk Bulvarı No:221 Kavaklıdere Ankara
Tel: (312) 468 53 00/1067 (Gülğün Akbaba)

Bilimsel Yarışmalara Kimler Katılıyor?

Gerek TÜBİTAK'ın gerekse diğer ciddi kuruluşların düzenlemiş olduğu bilim yarışmalarına katılan öğrenciler, hep özel liseler ya da fen liselerinde okuyorlar. Bu gözlemim beni şu sonuca götürdü: Bilim yalnızca belirli kesimler tarafından yapılıyor. Oysa ülkemizde bilimin gelişmesi için öncelikle biz gençlerin eğitimi konusunda gelişmeler olmalı. Nasıl ki özel bir lisede, ders saatleri boş geçmiyorsa ve öğrencileri bilimsel çalışmalara özendiren öğretmenler varsa, öğrenciye bilimle ilgilenmesi için olanaklar sunuluyorsa, devlet liselerinde de aynı koşullar olmalı.

Bunun gerçekleşmesi için kaybedecek ya da bekleyecek zamanımız yok. O halde varolanlar dahilinde, herhangi bir liseden, başta öğretmenlik yapanlardan, öğrencilerin beklentileri neler olabilir?

Tacettin Şeker
Gaziantep

Eğitimcilerin Eğitilmesi

Eğitim sistemimizde üniversiteye gelene kadar zorlu bir yarış gerçekleşmektedir. Yarışı başarıyla bitirerek, sözüm ona üniversiteye kapağı atınca(!), büyük bir çoğunluk için önceki heyecan, hırs sönmektedir. Sistemin bir parçası olan eğitimciler için de aynı şey söz konusu. Halihazırda popüler olan sorgulayarak, araştırarak, bilgisayar destekli öğrenme modeliyle öğrencilere eğitim-öğretim verilmesi fikridir. Ama öncelikle eğitimcilerin bu felsefeye sahip olması gerekmez mi?

Eğitim fakültelerinden yeni mezun olarak öğretmenlik mesleğine başlayan öğretmenle, bu mesleğe yıllarını vermiş öğretmen arasında, özellikle de bilgi bakımından epey farklılıklar var. Eğitimde fiziki ve teknik donanımdan

daha önemli olan insan unsurudur. Eğitim ve öğretimin temel faktörü öğretmen ve öğrencidir. Devamlı olarak öğrencileri nasıl eğiteceğiz konusu üzerinde yoğunlaşıyoruz. Eğitimcilerin eğitilmesi hep gözden kaçıyor. Eğitimciler okuldan aldıkları bilgiyle yetinmemeli, kendisini yenilemeli, yeni fikirlerle açık olmalı, sokaktaki insandan daha farklı düşünebilmelidir.

Zor da olsa bir yerden başlamamız gerektiğini düşünüyorum. Çözüm önerilerimse şunlar:

Eğitim fakültelerinde okutulan pedagojik formasyon dersleri yeniden organize edilmelidir. Bu dersler halen ayrı ayrı dönemlerde verilmektedir. Öğrenciler bu dersleri diğer dersler gibi değerlendirmekte ve geçecek kadar not alıp, ilerisini düşünmemektedir. Oysa bu derslerin salt bilgi boyutlu değildir; bu bilgilerin bir de meslek uygulaması vardır. Bu nedenle pedagojik dersler aynı dönem içinde okutulmalı; dersler arasındaki bağ böylece fark edilebilecektir.

Eğitimcilerin ekonomik sorunları çözümlenmelidir. Çözümlenmelidir ki, bu sorun bir engel olarak eğitimciler tarafından sürekli ileri sürülmesin. Halen mesleğine devam eden eğitimcilerin hizmetiçi eğitimine de önem verilmeli. Öğretmenler bu etkinliklere kesinlikle katılmalı ve desteklenmelidir. Maddi ve manevi ödüller konulmalı, bu ödüller de geciktirilmeden verilmelidir ki rekabet oluşabilsin. Örneğin, takdir, teşekkür, tatil olanağı, ücretlerde farklılık gibi.

Eğitim fakültelerine alınan öğrencilerin seçimi değiştirilmelidir. Üniversite sınavında belirli bir puan alanlar ayrıca yetenek sınavına da girmelidir. Öğretmenlik mesleğini yetenekli, bu mesleği severek yapmak isteyen, performansı bu işe uygun öğrenciler yapılmalıdır.

Bilgi çağında hergün bir ileriye gitmeyen geri geri gider. Bu anlayışa sahip eğitimcilerin çoğalması dileklerimizle.

Mustafa Gökmen
AÇEM ve IV. Akşam Sanat Okulu Md. Yrd., Ankara

Bilimle Uğraşmanın Zorlukları

Bilime karşı ilgimi proje hazırlayarak gidermeye çalışıyorum. Ama ülkemizde bilimle uğraşmak çok zor. Deney olanakları neredeyse hiç denilebilecek kadar kısıtlı bir yerde yaşıyorsanız işiniz daha da zor. Bu zorluklardan yalnızca birkaçını belirteceğim: Proje hazırlamayı düşünüyordum ve bunun için okul idaresinden izin almalıydım; çünkü haftanın bir gününde üniversiteye gitmem gerekiyordu. Bu düşüncemi okul yönetimine bildirdiğimde büyük bir tepkiyle karşılaştım. Neyse ki bu izin faslını biyoloji öğretmenim sayesinde aştık. Üniversitede bana yardımcı olan hocamla konu belirledik. Ancak hazırlamayı düşündüğümüz konunun deneyleri için gerekli olan aletleri alamadık. Karşıma ilk önce ekonomik sorunlar çıktı. Bu nedenle belirlediğimiz konudan vazgeçtik. Yeni bir konunun araştırmasına başladık. İlk işimiz, üniversitenin olanakları dahilinde olan İnternet'den konu taraması yapmak oldu. Literatür adlarına bu saade eriştik; ama literatürlere ulaşamadık. Belirlediğimiz ikinci konudan da bu nedenle vazgeçmek zorunda kaldık.

Bunlar karşılaştığımız sıkıntılardan yalnızca birkaçıydı. Ama en önemlileriydi. Kuşkusuz bu sıkıntılar şansızlık değildi; yalnızca ülkemizde bilimle uğraşmak isteyenlerin önüne çıkan zorluklardı. Ama yılmadık. Çünkü ben de, birlikte çalıştığım öğretmenim de, yağmur yağmadan gökkuşağının çıkmaya-çağını biliyoruz.

Seda Keskin/Elazığ

Vitrinde Olmayanlar

Atomlara inanır mısınız? Peki ya kuarklara? Murdoch Üniversitesi'nde kimya profesörü olan Allan Barton, Maddenin Halleri, Aklın Halleri adlı kitabında maddenin özelliklerini anlamaya çalışırken kavramların ve modellerin bize nasıl yardımcı olabilecekleri üzerinde duruyor. Ama atomların veya kuarkların gerçek olup olmadığına karar vermek size kalıyor. Barton'un henüz Türkçeye çevrilmemiş kitabından bir alıntı...

Koşan Atlar

Kimileri bilimi, alışılmış gözlemleri alışılmadık kelimeler ve fikirlerle açıkladığını söyleyerek eleştirir. Bu iddiada doğruluk payı vardır; ama bilimsel modeller alışılmamış olanı alışılmış terimlerle açıklar demek daha doğru olur. İlk bilim adamlarını anlatan bir romanda roman kahramanlarından birinin yaptığı mükemmel bir kavramsal modelleme tanımı vardı: "...çevrelerindeki dünyayı simgelere dönüştürmek, özünü çıkarıp tekrar üretmek için kullanmak..."

Bir model istediğimiz kadar basit veya karmaşık olabilir, ama sonuçta gerçeğe biraz yaklaşımdan öteye gitmez. Gerçek büyükse, örneğin Dünya'ya, modelimiz sınırlı kavrayışımıza uygun düşecek küçüklikte, gerçek küçükse, örneğin atomsa, modelimiz anlayabileceğimiz büyüklükte olabilir. Çok uzun veya çok kısa zaman dilimlerini temsil edecek modeller yapabiliriz; bunların her ikisi de kavrayışımızın ötesindedir. Fiziksel özelliklerimiz çevremizdeki dünyayı algılamak (dolayısıyla da kavramak) için pek yeterli olmadığından modeller ve imgeler maddeyi anlamlandırmamız açısından hayati öneme sahiptir. On dokuzuncu yüzyılın sonlarına kadar (fotoğraftan önce) yapılan resimlerde koşan atların bacakları "sallanan tahta atlarınkine" benziyordu; dört bacak da aynı anda dümdüzdü. (Koşan bir atın, belirli bir anda dört ayağının da yerden kesildiğini kanıtlama tutkusu, fotoğraf makinelerinde yüksek örtücü hızlarının geliştirilmesine yol açmıştır.) Yardım almadan, bir atın nasıl koştuğunu bile algılayamıyorsam, moleküler düzeyde suyun "dinamik" yani zamana bağlı yapısını gözümde canlandırmayı nasıl beklerim!

Gözlemlerimiz her zaman yetersizdir:

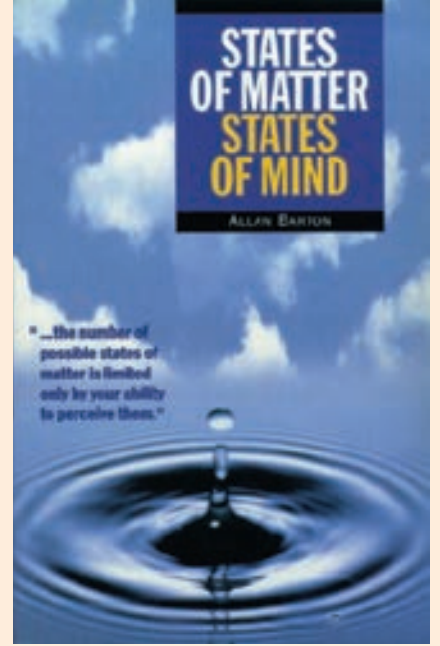
- Bir milimetrenin ancak onda biri veya yüzde biri kadar bir farkı (dokunarak) tespit edebiliriz
- Elektromanyetik tayfin sadece çok küçük bir kısmını "görebiliriz"
- Ancak aralarında saniyenin birkaç yüzde birinden daha uzun bir süre olan iki olayı birbirinden ayırabiliriz

- İnsan ömrü jeolojik zaman cetvelinde dikkate alınmayacak kadar kısadır.

Bilimsel modellerin bir amacı da yeni ya da "açıklanmamış" bir olguyu, daha önceki deneyimlerin sonucunda doğal kabul edilmiş bir şeyle benzeşim kurarak, "doğal" göstermektir. Çok küçük veya çok büyük miktarlar için yeni bir uzunluk ya da zaman birimi uydurmak ve bunu kullanmak yeni fikirlerle daha sıcak bakmamızı sağlar. Astronomide rastlanan muazzam uzaklıkları tanıdık hale getirmek (bir şeyle ilişkilendirmek) için astronomlar ışığın bir yılda kat ettiği mesafeye eşit olan "ışık yılı" diye bir şey icat etmişlerdir. Aion (aslında çok uzun, belirsiz bir zaman dilimi anlamında kullanılırdı, ama bugünlerde bir milyar yıl anlamında da kullanılıyor) da böyle bir örnektir. "Nanosaniye" (bir saniyenin milyarda biri) ise kısa bir zaman dilimini tanımlamak gerektiğinde çok yararlıdır.

Sık sık şu süreç veya şu olgu şu zamanda "anlaşılmıştır" veya şu bilim adamı tarafından "açıklanmıştır" veya şu olay sırasında "bulunmuştur" gibi şeyler okuruz; ama bu tür yorumlar fazlasıyla iyimserdir. Aslında hiç kimse maddenin yapısının "nasıl"ını ya da "niçin"ini bilmez. Kastedilen geliştirilen modellerin kabul edilebilir olduğudur, çünkü bu modeller,

- yeniyi eskinin diliyle anlatır, ya da
- alışılmamış olanı alışılmış bir dille ifade eder, ya da
- soyutu somutla ilişkilendirir, ya da



States of Matter, States of Mind

Allan Barton

Institute of Physics Publishing, 1997, 384 sayfa

- var olan modellerden birkaçını sezgisel olarak rahatsız etmeyecek bir biçimde birleştirir.

Bu fikri daha da ileriye götürüp, çevremizdeki dünyada yer alan nesneler olduğunu düşündüğümüz şeylerin aslında sadece zihnimizdeki görüntüler ya da zihnimizin gerçeğe yaklaşma çabası olduğunu iddia edebiliriz. Stephen Hawking 1994'te Cambridge Üniversitesi'ndeki bir konuşmasında şöyle demişti: "Bir kuram gerçeğe karşılık gelmelidir diyemem çünkü gerçeğin ne olduğunu bilmiyorum." Maddenin doğasıyla ilgili öyle yetersiz bir fiziksel kavrayışımız var ki, hissettiğimiz

- ve gördüğümüzün tam ve nihai gerçeklik olduğunu iddia etmemiz kendimizi bilmezlik olur. Bu tür iddialar karmaşık sistemler söz konusu olduğunda (örneğin Dünya) daha da aşırıya kaçır. Algılamadaki farklılıklar farklı eğitimler almış, farklı kültürel ortamlardan gelen kişilerden aynı olayı ya da nesneyi tarif etmeleri istendiğinde açıkça görülebilir. Örneğin aynı ağaca baktıklarında,
- bir bitkibilimci bir *Eucalyptus marginata* görür
- bir oduncu bir kereste deposu görür
- bir kuşbilimci ağacın dalındaki kuşu görür
- bir çocuk çok güzel tek bir yaprak görür.

Çeviri: Özlem Özbal

Yayın Dünyası



Hesabın Destanı

Rakamların Evrensel Tarihi VIII
Georges Ifrah
Çevirmen:
Kurtuluş Dinçer
TÜBİTAK
Popüler Bilim Kitapları
Ankara, Haziran 2000

1994 yılında yayın dünyasının en büyük sürprizlerinden birisi Georges Ifrah'ın yazmış olduğu *Rakamların Evrensel Tarihi/Rakamlarla ve Sayılarla Anlatılan İnsan Zekası* kitabının yayımlanması olmuştu. 1995 yılında TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları'nın yayın programına alınan ve ilk cildi aynı yılın eylül ayında yayımlanan *Rakamların Evrensel Tarihi*'nin 8. cildi *Hesabın Destanı* geçtiğimiz günlerde yayımlandı. Kitabın içerdiği bilgiler kadar yazılış serüveni de dikkate değer. Faslı bir tüccarın oğlu olan Ifrah, İsviçre'de matematik öğretmenliği yaptığı dönemde rakamların ve hesaplama işlemlerinin kökenlerini yeterli açıklıkta anlatan bir kitabın eksikliğini hissetmiş. Tabii bu tespiti öğrencilerinin kendisine yönelttiği sıfır kim icat etti gi-

bi soruları yanıtlayamamanın da payı büyükmüş. Bunun üzerine ABD'den Mısır'a, Hindistan'dan Meksika'ya, Peru'dan Çin'e yorucu, zaman zaman da bezdirici bir araştırmaya girişmiş. Sonuçta, ortaya 1981'de yayımlanan *Histoire Universelle des Chiffres* çıkmış. Kitap o sıralar iyi eleştiriler almanın yanı sıra iyi de satmış. Ancak 1994 yazında yayımlanan geliştirilmiş ve genişletilmiş baskıyla birlikte Fransa'da yayıncılar şaşkınlık içinde kalmış. Çünkü kitap bir yıl içinde 130.000 adet satarak yayıncılıkta az rastlanır bir başarıyı gerçekleştirmiş.

Georges Ifrah, "Okuyucu-ya" başlıklı giriş yazısında, yazdığı dev kitabın çerçevesini de bir ölçüde çiziyor. "Bu yapıtın ana amacı, rakamların ve hesabın evrensel tarihi hakkında, tarih öncesinden bilgisayarlar çağına uzanan, en temel işlemlerden yola çıkıp kurgulayıcı, mistik, dinsel, büyüsel ya da kâhinlikle ilgili aritmetiklerde gezinen, sıfırın ve konumlu sayılamının keşfinden geçip so-

nunda en genel hesaplara ulaşan karmaşık ve çok biçimli evrim hakkında halkın kendi kendine sorduğu tüm soruları yalın ve anlaşılır ifadelerle, olabildiğince tam bir biçimde yanıtlamaktır."

Tamamı 9 cilt halinde yayımlanacak *Rakamların Evrensel Tarihi*'nin 8. cildi *Hesabın Destanı*'nin en önemli yanı çakıl taşlarından, bilgisayarlara hesabın izlediği "tuhaf" yolculuğun anlatılmakta oluşu. Her cildin rakamlardan yola çıkılarak uygarlık tarihinin bir başka yönüne ışık tutması nedeniyle, diğer ciltler gibi *Hesabın Destanı*'nin de ilgi çekeceği düşüncesindeyiz.



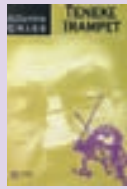
Dünya'nın En Güzel Öyküsü

Hubert Reeves
Joël de Rosnay
Yves Coppens
Dominique Simonet
Çevirmen:
İsmet Birkan
Telos Yayıncılık,
İstanbul, Eylül 1996

Dünya'nın En Güzel Öyküsü, 1996 yılında çıkan ancak son yıllarda yayımlanan en iyi popüler bilim kitaplarından biri olduğu için bir kez daha hatırlatmak istediğimiz bir kitap. Dominique Simonnet, kitabın oluşmasını sağlayan gazeteci, yazar. Simonnet, üç bilim adamına Dünyamızla ilgili

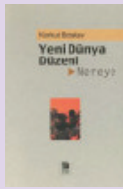
hepimizin merak ettiği soruları yönelterek, kısa ve anlaşılabilir yanıtlar alıyor. Nereden geliyoruz? Neyiz? Nereye gidiyoruz? Bu üç temel soru, zincirleme bir biçimde pek çok soruyu da beraberinde getiriyor. Sonunda bilimin Dünyaya tasarımı yavaş yavaş ortaya çıkmaya başlıyor, üstelik okurun da kolaylıkla izleyebildiği bir kurguyla... Dünya'nın gerçeğine yaklaşabilmek için üç perdelik bir öykü anlatılıyor kitapta. Birinci perdede, evrenin yapısı, yıldızlar, galaksiler ele alınarak 15 milyar yıl öncesi, "başlangıç" ele alınıyor. İkinci perdede 4,5 milyar yıl öncesinden başlayarak, moleküller, ilk hücreler, canlılık evriminin oluşumu anlatılıyor. Üçüncü perde ise insana ayrılmış. Canlılar dünyasının sonuncu örneği insanın ortaya çıkışının tarihine. "Öndeyiş" de yer alan şu sözler kitabın titizlikle ama ondan da öte sevgiyle yazıldığının bir işareti: "Bedenimiz evrenin yapıtaşları atomlardan oluşuyor, hücrelerimiz ilkel okyanustan birer parçacık içeriyor, genlerimiz çoğunlukla komşumuz öteki primatlarınkilerle ortak, beynimiz zekânın gelişim katmanlarını bir bir gösteriyor, ve insan yavrusu ana karnında oluşunca, canlıların evriminin tüm yolunu hızlandırılmış olarak baştan başa yeniden geçiyor. Dünya'nın en güzel öyküsü, evet, bunu kim yadsıyabilir?"

Yüzyılların 100 Kitabı
Dünden Bugüne İnsanlığın Düşünsel Serüveni
Antik Çağdan Günümüze Düşünce Tarihi
Martin Seymour-Smith
Boynar Holding Yay.
Çevirmen: Özden Arkan
İstanbul Şubat 2000



Teneke Trampet

Günter Grass
Gendaş Kültür
Dünya Edebiyatı Dizisi
Çevirmen:
Kamuran Şipal
İstanbul Mayıs 2000



Yeni Dünya Düzeni Nereye

Korkut Boratav
İmge Kitabevi Yayınları
İstanbul Haziran 2000



İrk Kavramını Kim İcat Etti?

Robert Bernasconi
Metis Yayınları
Çevirmen: N. Ökten, Z. Direk, I. Esiner, T. Meriç
Hazırlayan: Zeynep Direk
İstanbul Haziran 2000

Hayatın İpuçları

Genlerin ve Gen Mühendisliği'nin Öyküsü
Susan Aldridge
Evrin Yayınevi
Bilim Dizisi
Çevirmen: M. Çokol, E. Özkan, E. Cantimer
İstanbul Mayıs 2000



"Eminim Şaka Yapıyorsunuz Bay Feynman!"

Richard P. Feynman
Evrin Yayınevi
Bilim Dizisi
Çevirmen: Tuncay İncesu
İstanbul Mayıs 2000



Bilgi Çağı Ansiklopedisi 7

Pusula Yayıncılık ve İletişim Ltd.
İstanbul Nisan 2000



Beş Altın Kural

20. Yüzyıl Matematiğinin Önemli Teorileri
John L. Casti
Sabancı Üniversitesi Yayınevi
Çevirmen: Nermin Arık
İstanbul Mart 2000





İstanbul 2000

34. Satranç Olimpiyatı ve 71. FIDE Kongresi

34. Satranç Olimpiyatı, 28 Ekim - 12 Kasım 2000 ve 71. FIDE (Uluslararası Satranç Federasyonu) Kongresi 3 - 12 Kasım 2000 tarihlerinde İstanbul'da yapılacak. 100'ü aşkın ülkeden 1000'i aşkın sporcu, antrenör, refakatçi, medya mensubu, izleyici ve yöneticinin konuk edileceği büyük organizasyon TSF (Türkiye Satranç Federasyonu), TMOK (Türkiye Milli Olimpiyat Komitesi) ve TZV (Türkiye Zeka Vakfı) işbirliği ile gerçekleştirilecek. FIDE Kongresi İstanbul Hilton Otel'i'nde, Satranç Olimpiyatı ise Lütfi Kırdar Kongre ve Sergi Sarayı RUMELİ Salonu'nda yapılacak. Ülkeler, baylar müsabakalarında 4 asil, 2 yedek, bayanlar müsabakalarında ise 3 asil, 1 yedek sporcuyla, takım ve bireysel sıralama ve madalya için mücadele edecekler.

Seçme Oyunlar

**Nataf,I - Haznedaroğlu,K [C45]
Hollanda, 2000**

1.e4 e5 2.Af3 Ac6 3.d4 ed4 4.Ad4 Vh4 5.Ac3 Fb4 6.Fe2 Ve4 7.Adb5 Fe3 8.bc3 Şd8 9.0-0 a6 10.Ad4 Ad4 11.ed4 d5? 12.Ff3 Vf5 13.Ke1 Af6 14.Ke5 Vd7 15.Vd2 h6 16.Fa3 Ke8 17.Kae1 Ke6 18.Ff8 Ae4 19.Fe4 Ke5 20.de5 de4 21.Ve1 [21.Vb4!?] 21...Vg4 22.Va3 Vg5 23.f4? [23.Ke4! Fh3 24.g4!? (24.Kg4!! Fg4 25.f4! Vh4 26.g3) 24...Şe8 (24...Fg4 25.h4! Vh4 26.Kd4 Şe8 27.Fg7 Ve7 28.Ve7 Şe7 29.Kg4) 25.Fg7] 23...ef3 24.Vf3 Şe8 25.Fa3? [25.Kf1] 25...Fe6? [25...Vd2] 26.Vb7 Kd8 27.Vc6 Kd7 28.Vf3 Vd2 29.Vg3?! Vd4 30.Şh1 Vg4 31.Vf2?! Kd1 32.h3?! Ke1?! [32...Vf5!] 33.Ve1 Vc4 34.Vf2 Vd5 [34...Va2 35.Vc5 Vb1 (35...Şd7 36.Ve7 Şc6 37.Vc5 Şb7 38.Vb4) 36.Şh2 Şd7] 35.Vh4 Şd7 36.Va4 Vb5 37.Vb5 ab5 1/2-1/2

**Antic,D - Atakişi,U [D12]
Zonal 1.5, Erivan 2000**

1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.e3 Ff5 5.Ac3 e6 6.Ah4 Fg6 7.Vb3 Vb6 8.Ag6 hg6 9.Fd2 Abd7 10.g3 [10.Fe2 Fe7 11.Vb6 ab6 12.f3 Fd6 13.Şf2 dc4 14.Fc4 b5 15.Fd3 e5 16.Ae2 ed4 17.Ad4 Ae5 18.Fe2 Ad5 19.h3 Ab4 20.Fb4 Fb4 21.Khd1 Şe7 22.a3 Fd6 1/2 Halkias-Atakişi, Zonal 1.5, Erivan 2000] 10...Fe7 11.Vc2 0-0 12.Fe2 dc4 13.Fc4 c5 14.d5 Ae5! 15.b3 [15.Aa4 Vd6 16.de6 Ac4 17.ef7 Kf7 18.Vc4 Vc6 19.f3 b5] 15...Kad8! 16.Fe2 Ad5 17.a3 Ac3 18.Fc3 Vc6 19.e4 Ad7 20.Ke1 Ff6 21.Fd2 Fd4! 22.0-0 b5 23.Fg5 Kc8

24.h4 Ab6 25.Şg2 c4! 26.a4 ba4! [26...Vb7 27.ab5 cb3 28.Vb3 Kc1 29.Kc1 Ve4 30.Ff3] 27.bc4 Ve5 28.Fd2 Kfd8 29.Vb1 Va3 30.Fb4 Vb3 31.Kc2 Vb1 32.Kb1 Fe5! 33.Fc3 Kd7 34.Kb5 a3 35.Ka5 Kb7 36.Fd2 Ad7! 37.Fc1 Fb4! 38.Ka6 Ac5 39.Kd6 Ab3 40.Kd1 Ae1 41.Kde1 Fe5! 42.Ka2 Kb2 43.Kc2 Kc2 44.Kc2 Fd4 0-1

**Demirel,T - Yeke,S [E73]
Türkiye Birinciliği 1/2 Final
Çanakkale 2000**

1.d4 Af6 2.c4 g6 3.Ac3 Fg7 4.e4 d6 5.Fe2 0-0 6.Fg5 Aa6 7.Vd2 Ve8 8.Fd1 e5 9.d5 Fd7 10.Age2 Ac5 11.Fc2 a5 12.0-0 h5 13.Kab1 Ah7 14.Fe3 Ve7 15.b3 Ff6 16.a3! h4 17.b4! ab4 18.ab4 Aa6 19.Fd3?! [19.Fa4 h3 20.Fd7 hg2 21.Şg2 Vd7 22.f3; 19.b5 Ac5 20.b6 cb6 21.Kb6 h3 22.Kfb1] 19...Fg5? [19...h3] 20.c5?! [20.f4 Ff6 (20...Fh6!?) 21.c5!?] 20...dc5? [20...Fe3; 20...h3] 21.Fa6! ba6 [21...Fe3 22.Ve3 ba6 23.bc5 h3; 21...Ka6 22.bc5 Fe8 (22...Fe3 23.Ve3 Fe8 24.Ab5) 23.f4 ef4 24.Af4 Af6 25.Ad3 Fe3 (25...Ae4 26.Ae4 Fe3 27.Ve3 f5 28.Ab4 Ka5 29.Vg5) 26.Ve3] 22.bc5 Kfb8 23.c6! Fe8? 24.d6! 1-0

**Bayram,Y - Karatekin,T [A45]
Türkiye Birinciliği 1/2 Final
Çanakkale 2000**

1.d4 Af6 2.Fg5 e6 3.Ad2 h6 4.Fh4 c5 5.e3 d5 6.c3 Abd7 7.Agf3 Vb6 8.Vb1 g5 9.Fg3 Ah5 10.Fe2 Fg7 11.Fe5 Ahf6 12.dc5 Ve5 13.b4 Ve7 14.Fb5 a6 15.Fd7 Fd7 16.Fd4 Vd8 17.Ae5 Fb5 18.a4 Fc4 19.h4 [19.Acc4

dc4 20.Va2 Kc8 21.0-0 Vc7 22.f4 gf4 23.ef4 0-0; 19.e4 Vc7 20.h4; 19.b5 Vc7 20.Acc4 dc4 21.Ae4 Ae4 (21...e5 22.b6) 22.Fg7 Kg8 23.Ve4 Kg7 24.0-0] 19...Vc7 20.Adc4 [20.e4!?; 20.b5! ab5 21.ab5 Ka1 22.Va1 0-0 23.hg5 hg5 24.Vb1 Ke8 25.b6] 20...dc4 21.b5 Ad7 [21...Ad5 22.b6 Ve7 23.hg5 Vg5 24.Ve4 Fe5 25.Fe5 Kg8 26.0-0] 22.b6 Vc8 23.Ad7 [23.Ac4 Vc4 24.Fg7 Kg8 25.Vh7 0-0-0] 23...Fd4 24.cd4 [24.ed4 Şd7 25.Ve4! Vc6 26.d5! ed5 27.0-0-0 Şd6 (27...Kag8 28.Kd5 Şc8 29.a5) 28.Vf3 Khe8 29.hg5 hg5 30.Vf7 Şc5 31.Vg7 Şb6 32.Kh6 Ke6 33.a5 Şa7 34.Vd4 Şb8 (34...b6 35.Ke6 Ve6 36.Vg7 Şb8 37.Kh1+-) 35.Kh8 Şc7 36.Vg7 Vd7 37.Vd7 Şd7 38.Ka8+-] 24...Şd7 [24...Vd7 25.hg5 Vd5 26.Kh6] 25.hg5 Vc6?! [25...hg5 26.Kh8 Vh8 27.Ve4 Kb8] 26.f3? [26.gh6 Vg2 (26...Kag8 27.Vb4 Kg2 28.Şe2 Khg8 29.Kaf1) 27.Şe2 c3 (27...Kac8 28.Kh4) 28.Kh4] 26...Kag8 [26...hg5!] 27.d5? Vd5 [27...ed5 28.Vf5 Ve6 29.Vf4] 28.Vb4 [28.gh6 Ve5] 28...Şe8? [28...hg5] 29.Kc1? [29.gh6 Şb8 (29...Vg5 30.Vc4 Şb8 31.Vf4 Vf4 32.ef4 Kg2 33.Kd1 Kb2 34.a5 Kb5 35.h7 Kc5 36.Şe2; 29...Kg2 30.Kd1 Vg5 31.Vc4 Şb8 32.Vf4 Vf4 33.ef4 Kb2 34.a5 Kb5 35.h7) 30.Şf2 Vg5 31.g4! Kh6 32.Vc4 Kc8 33.Vf4 Vf4 34.ef4] 29...Vg5 30.Kc4 Şb8 31.Vd6 Şa8 32.Vd2 Kd8 33.Kd4 e5 34.Kd5?? [34.Kg4! Vg4 35.fg4 Kd2 36.Şd2] 34...Kd5 35.Vd5 Ve3 36.Şf1 [36.Şd1 Kc8] 36...Vc1 0-1

**Haznedaroğlu,K (TED) -
Dönmez,İ (Çankaya Belediyesi)
[B02] Türkiye Satranç 1. Ligi**

1.e4 Af6 2.e5 Ad5 3.Ac3 Ac3 4.dc3 d6 5.Fc4 Ac6 6.ed6 Vd6 7.Ve2 Vg6

8.Af3 Fg4 9.h3 Vh5! 10.Ff4 [10.Fb5] 10...Ff3 [10...0-0-0!? 11.Kg1!; 10...e5? 11.Fd5!] 11.gf3 0-0-0 12.Ve4?! e6 13.Kd1 Kd1 14.Şd1 Fe7 15.Şc1 Kd8 16.Fe3 Şb8 17.Vg4 Ve5 18.Vg3 Vf6 19.Kg1 g6 20.Kd1 Kd1 21.Şd1 Fd6 22.Vg2 Vh4 23.Fe2 Va4 24.Vg5? [24.a3] 24...Va2 25.Vf6 b6 26.Fc1 [26.Vh8 Şb7 27.Vh7 Vb2] 26...Vd5 27.Şe1 Ae5 28.Şf1 Şb7 29.Fe3 h5 [29...Va2! 30.f4 Vd5 31.Şg1 Af3 32.Ff3 Vf3 33.Vf7 e5] 30.b3! Vc6?! [30...Va5; 30...b5!?] 31.Şg2? [31.Fd4! Vd5 (31...Ad7 32.Vf7)] 31...Vd5? [31...Vc3 32.Fd3!; 31...Vd7!?; 31...Ve8!] 32.Fd4?! [32.c4!] 32...Ac6 33.Vf7?! [33.Fd3!] 33...Ad4?! [33...Vg5] 34.cd4 Vd4 35.Ve6 Ve5 36.Ve5 Fe5 37.h4 Ff6 38.Fd3 g5 39.hg5 Fg5 40.Şh3 a5 41.c4? Fe7 42.Fg6 h4 43.Fe8 c6 44.Şg4 Şc7 45.f4 Şd6 46.Şf3 Şc5 47.Fg6 Şb4 48.Fc2 Şc3 49.Fd1 Şd2 50.Fe2 Şc2 51.c5 Fe5 52.Fc4 b5 53.Fe6 a4 54.ba4 ba4 55.Fd7 a3 0-1

Solak,A (Hacettepe Üni.) - Hatipoğlu,M (Kocaeli) [B07], Türkiye Satranç 1. Ligi

1.e4 d6 2.d4 g6 3.Ac3 Fg7 4.Fe3 Af6 5.Af3 0-0 6.Vd2 Abd7 7.Fh6 e5 8.0-0-0 ed4 9.Ad4 Ac5 10.f3 a6 11.h4 Ae6 12.Fg7 Şg7 13.h5! Ve7? [13...Ah5?! 14.g4 (14.Af5!? Şh8 15.Ad5) 14...Ahf4 15.Ad5! Vg5 (15...Ad5 16.Vh6 Şf6 17.ed5 Ad4 18.Kd4 Şe7 19.Ke4 Şd7 20.Vf4) 16.Ae6 Ae6 17.f4!; 13...Ad4 Beyazın baskısı sürer ama direnç gösterebilecek tek hamle] 14.hg6 fg6 15.Vh6 Şg8 [15...Şf7 16.Ad5!] 16.Fc4 Kf7 [16...c5 17.Ade2 b5 18.Ad5 Ad5 19.Fd5 Ka7 20.f4] 17.g4! Fd7 [17...c5 18.Af5! gf5 19.gf5 Ad4 20.Ad5 Ad5 21.Fd5 Şh8 22.Ff7 Vf7 23.Vd6; 17...c6 18.Af5 gf5 19.gf5 d5 20.ed5 cd5 21.Fd5 Af8 22.Ff7 Şf7 23.Khg1 Şe8 24.Kg7] 18.g5! Ah5 [Kazanan birçok hamle arasından seçim yapmak artık sadece zevk meselesi. Beyaz bundan sonra en artistik yolları seçiyor.] 19.Kh5!? gh5 20.Ae6 c6 21.g6 hg6 22.Ag5!? d5 23.Kd5!? Vf8 24.Vh7!? Kh7 25.Kd7 Kf7 26.Kf7 Ve5 27.Kg7 Şg7 28.Ae6 Şf6 29.Ac5 h4 30.Ff1 b5 31.Fh3 a5 32.f4 g5 33.e5 Şg6 34.f5 Şh5 35.A3e4 g4 36.Af6 Şg5 37.Fg4 Şf4 38.e6 1-0

Gözebe,S - Karaçay,A [B43] Türkiye Birinciliği 1/4 Final Antalya 2000

1.e4 c5 2.Af3 e6 3.d4 cd4 4.Ad4 a6 5.Ac3 [5.Fd3 Vc7 6.0-0 Af6 7.c4 h5 8.Ac3 Fc5 9.Ac2 Ac6 10.Ve2 b6!? (10...Ae5!? 11.Ff4 Fd6; 10...Ag4!) 11.g3 h4

(11...Fb7!?)] 12.Ff4 Ae5!? (12...Fd6 13.Fd6 Vd6 14.Kad1 hg3; 12...e5 13.Fe3; 12...d6 13.g4!?) 13.Kad1 hg3! 14.Fg3 (14.hg3 Fb7 15.b4 Fd6) 14...Ah5! 15.Ac3 Fb7 16.a3 g5 (16...f5!+) 17.Ag2?? Ag3 18.hg3 g4 0-1 Goudeian,A-Haznedaroğlu,K, Hollanda 2000, eğer 19.Ah4 (19.Ad5 Fd5; 19.b4 Af3) 19...Af3 (19...Kh4 20.g4 Af3) 20.Şg2 (20.Af3 Vg3) 20...Kh4] 5...b5 6.a3 [6.Fd3 Vc7 7.0-0 h5 8.a4 b4 9.Ab1?! (9.Ace2) 9...Fb7 10.Fe3 Af6 11.f3 Fd6 12.h3 h4 13.Ad2 Ah5 14.Ac4? Fh2 15.Şh1 Ag3 16.Şh2 Af1 17.Şg1 Ae3 18.Ac3 Vc5 19.c3 bc3 20.bc3 Vc3 21.Ade2 Ac6 22.Ka3 Vc5 23.Şh1 Ab4 24.Kb3 Ac2 25.Ac2 Fc6 26.Ab4 Fa4 27.Aa6 Vc6 28.Va1 Fb3 29.Vg7 Vc1 30.Şh2 Vf4 31.Şh1 Şe7 32.e5 Kag8 33.Vf6 Vf6 34.ef6 Şf6 35.Ac5 Fd5 0-1 Özkan,V-Karaçay,A; 1/4 Final, Antalya 2000] 6...Vc7 7.Fd3 Fb7 8.0-0 h5 9.Ve2 Af6 10.e5 Ad5 [10...Ag4 11.Ff4 A) 11...g5 12.Fg5 Fg7 A1) 13.Fe3 Ve5 14.g3 Ae3 15.fe3 f5; A2) 13.Acb5 ab5 14.Ab5 Ve5 15.Ve5 Fe5 16.f4 Fg7 (16...Fb2 17.Kab1 Ff6 18.Ac7 Şe7 19.Kb7 Ka3 20.Ab5) 17.Ac7 Şf8 18.Aa8 Fd4 19.Şh1 Fa8 20.c3 Af2 21.Şg1 Ah3 22.Şh1 Af2 23.Şg1 Ah3 24.Şh1 Af2; A3) 13.f4 Vb6 14.Acb5 ab5 15.c3 Ac6; A4) 13.Af3 Ae5 14.Ae5 Fe5 15.f4 Fd4 16.Şh1 h4 17.Fe4 Fc3 18.bc3 h3; A5) 13.Ff4 ; B) 11...Fc5 12.Ab3 Fa7 13.h3 f5 14.hg4 hg4 15.Kfe1 Ac6 16.Kad1 0-0-0 17.Kc1 (17.Kd2 Kh5 18.Ab5 ab5 19.Vd1 Ae5 20.Ke3 Kdh8 21.Şf1 Vc6 22.f3 Kh1 23.Şf2 Ad3 24.cd3 Kd1 25.Kd1 Vc2 26.Kd2 Vb3 0-1 Data -NaciredinHodja, YILDIRIM, ICC 1999) 17...Kh5 18.Vd2 Kdh8 19.Şf1 g5 20.Fg5 Ae5 21.Vf4 Vb6 22.Şe2 Ag6 23.Vc3 Vc7 24.Va7 Ff3 0-1 Data-NaciredinHodja, YILDIRIM, ICC 1999; C) 11...f5!? 12.h3 Fc5 13.Af3 Ac6 14.hg4 hg4 15.Ag5 Ad4 C1) 16.Vd2 Vc6 17.Ace4 0-0-0 (17...Şe7 18.Fe3) 18.Kfe1 Kdf8 19.Fe3 Kh5 20.f4 (20.Fd4 Fd4 21.Ad6 Şc7 22.Ab7 g3 23.Ke2 Kfh8 24.Ah3 Kh3! 25.g3 gf2 26.Kf2 Kh3 27.Şf1 Ff2+) 20...Kfh8; C2) 16.Ve1 Vc6 17.Ace4 Fe7 (17...0-0-0 18.b4 Fe7) 18.Ve3 fe4 19.Fe4 (19.Ae4 Ac2) 19...Fg5 20.Fc6 Ff4 21.Fb7 Fh2 22.Şh1 Fe5 23.Şg1 Fh2 24.Şh1 Ff4 25.Şg1 Fe3 26.fe3 Ka7; C3) 16.Vd1 16...Fe7 C3a) 17.Ff5 Af5 18.Ve2 (18.Ke1 g3!; 18.Age4 g5!) 18...Fg5! 19.Fg5 g3; C3b) 17.Fe2 Vc6 18.Age4 (18.f3? Vc5 19.Fe3 Af3) 18...g5!? (18...Ae2 19.Ve2 0-0-0) 19.Vd4 (19.Fe3 Ae2 20.Ve2 0-0-0! 21.Kfd1 fe4 22.Vg4 Kh4 23.Vg3 Kdh8 24.Şf1 Kh1 25.Şe2 Kd1 26.Kd1 Fa3) 19...gf4; C3c) 17.Age4 17...fe4 18.Ac4 0-0-0 19.Ke1 (19.Vg4 Kh4; 19.a4 Kdf8 20.Fg3 Kh5 21.f4 Vb6) 19...Kh4] 11.Ad5 Fd5 12.Ff4 [12.a4!? Fc5 (12...Ac6 13.Ac6! dc6 14.b3!; 12...Vb7 13.ab5 Fg2 14.ba6 Vd5 15.Ke1!) 13.Ab3 (13.Af3 b4)

13...Fb3 14.cb3 ba4 15.ba4 Ac6] 12...Ac6 13.Af3 Kb8!? [13...Kc8!] 14.Kad1 Ff3 15.Vf3 Ae5 16.Vg3 d6 17.Kfe1 [17.Fe5 de5 18.Vg5 (18.Kfe1 g6) 18...g6!? (18...Kd8) 19.Vf6 Kg8 20.Kfe1 Fe7] 17...Ad3 [17...h4! A) 18.Ve3 h3 (18...Ad3 19.Vd3; 18...Ac4 19.Vc1 h3; 18...Fe7 19.Fe5 de5 20.c3) 19.Fe5 de5 20.Ve5 Ve5 21.Ke5 Fd6 22.Kg5 hg2 23.Fb5 Kb5 24.Kb5 Fh2 25.Şg2 ab5 26.Kh1 Şe7; B) 18.Vh3 18...Ad3 19.Vd3 (19.Kd3 Fe7 20.Kc3 Vb7) 19...Kb6 20.h3 Kc6 21.c3 Fe7] 18.Kd3 Vc2?? [18...Kb6 19.Kc3 Kc6 20.Kec3 Kc4 21.Vf3 Vc8 22.b3 Kc5 23.h3 g6 A) 24.Ked3 Fg7 25.Kc5 dc5 26.Fd6 h4! 27.c4 Kh5; B) 24.b4 Kc4 25.Kc4 bc4 26.Vd5 (26.Ve4 Kh7 27.Fg5 Fg7) 26...Fe7 27.Vd4 Şd7 28.Va7 Şe8 29.Vd4 Şd7 30.a4?! Kd8; C) 24.Kc5 24...dc5 25.Fe5 Kg8 26.c4 Fg7 27.Fg7 Kg7 28.Vd5 Şe7 29.Ke5 f6 30.Vc5 Vc5 31.Kc5 Şd6; 18...h4 19.Vf3 Fe7 20.Ked1 0-0 21.Fd6 Fd6 22.Kd6 Vc2 23.b4 Kbc8] 19.Fd6 [19.Kd6? Fd6 20.Fd6 Kd8 21.Vg7 Kh7 (21...Vh7; 21...Kd6) 22.Vf8 Şd7 23.Ve7 Şc8 24.Ff4] 19...Kd8



20.Ke6! fe6 21.Vg6 Şd7 22.Ff8 Şc7 23.Vf7 Şb6 24.Ve6 Şa7 25.Ve7 1-0

Karatekin,T - Erdoğan,M [B52] Türkiye Birinciliği 1/2 Final Çanakkale 2000

1.e4 c5 2.Af3 d6 3.Fb5 Fd7 4.Fd7 Vd7 5.e4 Ac6 6.d4 cd4 7.Ad4 g6 8.Ac3 Fg7 9.Fe3 Af6 10.f3 0-0 11.0-0 Kfc8 12.b3 Vd8 13.Vd2 Va5 14.Kad1 a6 15.Ac6 bc6?! 16.Aa4! Vd2 17.Kd2 Kab8 18.Kfd1 Ff8?! 19.c5! Ae8?! 20.Ke2!? [20.Ab6! Kd8 21.Ff4+- (21.Kc1+-)] 20...a5?! [20...Fg7 21.Ab6; 20...e6 21.cd6 Fd6 22.Kd6 Ad6 23.Ff4 Ab5 24.Fb8 Kb8 25.Kc6] 21.Ab6 Kc7 22.Kdc1 dc5 23.Fc5 Fh6 24.Kd1 Ad6 [24...Ff4 25.g3 Fd6 26.Fd6 ed6 27.Ac4 a4 28.ba4 Kb4 29.a5] 25.Fd6! ed6 26.Ad5 cd5 27.Kc7 de4 28.fe4 a4 29.Kb1 1-0

Aybar Karaçay
Yakup Bayram

Haziran Sayınızı Eleştiriyorum

Bir üniversitede matematik ve bilgisayar üzerine araştırmalar yapıyorum. Derginizi de yıllardır satın alıyorum. Geçen zamanda olmasını istediğim her yenilik, aklın yolu bir olsa gerek, okuyucu çoğunluğu tarafından da istendiğinden, gerçekleşti.

Eleştirilecek yanlarınız da var. Ancak bazen can sıkıcı olabilecek şeyler yapabiliyorsunuz. Örneğin, Haziran sayınızla ilgili olarak bir önerim ve şikayetim olacak: Haziran sayınızda bir strateji hatası yaptınız. Kapak ikinci konusu ödüllü matematik sorularıydı. Bu konu kapakta yer aldığı için, her zaman olduğu gibi diğer kapak konuları gibi ayrıntılı olarak işlenmeliydi. Bunu bekliyordum. Ancak şaşkınlıkla gördüm ki bu konuya yalnızca iki sayfa ayırmışsınız. Bu dergiye üretenlere, özverili çalışanlara saygımız sonsuz. Ancak bu duruma son derece kızdığımı, nedenini belirttiğimden söyleyebilirim. Çok daha önemsiz ve yıllarca hiçbir gelişme olmadığı halde yazdığınız konulara sayfalarca yer ayırırken, böyle insanlığı direkt olarak ilgilendiren bir konuya yalnızca iki sayfa ayırmanız karşısında büyük üzüntü duyduğumu söylemeliyim. Üstelik yardımcı kaynak olarak yayınlarınız arasında olduğu halde, belirtmediğiniz "Bir Sayı Tut" gibi kitapları neden önermediniz?

Bu öneri şikayet karışımı bildirimimi dikkate almanızı beklerken bir konuya daha değinmek istiyorum: Bazı okuyucular derginizin konu anlatımının ağır olduğunu söylüyorlar. Bence hiç de öyle değil. Örneğin kuantum fiziği konularını hiç zorlanmadan okuyabiliyorum. Zaten böyle bir dergiye alan kişinin her konuyu anlayabilmesi gerekir.

Hepinize başarılarla sonuçlanan yüksek nitelikli çalışmalar dilerim. Her şey dergimiz için.

Ali Eskici

Yaşamın Güzelliklerinden

Sahip olduğum güzel şeylerden birisi de Bilim ve Teknik derginiz. Hayatta her insanın yapmaktan hoşlandığı, heyecan duyduğu bazı şeyler vardır. İşte beni heyecanlandıran da Bilim ve Teknik dergisiyle birlikte bilimin eşsiz güzelliğine ulaşabilmek. Bu sayede, özellikle hayatı olduğum uzayın derinliklerinde rahatça dolaşabiliyorum.

Ardahan Gölü'nde askerliğimi yaptığım süre içerisinde dahi derginize ulaşabildim ve rahatça okuyabildim. Askerden yeni geldim ve çok yoğun bir çalışma ortamındayım; ama yine Bilim ve Teknik okumayı sürdürüyorum.

Dileğim, Bilim ve Teknik okuyucuları, mektuplaşmanın dışında, güzel bir organizasyonla biraraya getirilir de, Bilim ve Teknik'in çalışanlarıyla okuyucuları tanışma fırsatı bulur.

Akif Mollaoğlu
Ankara

Genç Beyinlere Seslenen Dergi

Yozgat Anadolu Lisesi öğrencisiyim. Bilim ve Teknikle tanışalı bir yıl oldu ve ben bu dergiye "gizli sığınağım" diyorum. Bu yer, ezberci eğitim sisteminin getirdiği aksaklıklardan uzak ve içerisinde ezberci beyinleri barındırmıyor.

Sevin Salman
Yozgat

Bir Kez Daha, Nükleer Enerji

Uludağ Üniversitesi Fizik Bölümü öğrencisiyim. Bilim Teknik dergisini hiç kaçırmadan daima alırım ve özümseyerek okurum. Bilhassa fizik konularına eğildiğiniz için kendi adıma teşekkür ederim. Sizden bir istekte bulunmak istiyorum ve gerçekleşirse çok sevinirim. Geçmiş sayılarınızda değindiğiniz nükleer enerji konusuna ilerideki sayılarınızda bir kez daha yer verirsiniz sevinirim.

Kubilay Aslan
Adana

Sempozyum Haberleriniz

Dumlupınar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji II. Sınıfta okuyorum. Bilim ve Teknikle 99 yazında tanıştım. Birinci sınıfta okurken, TÜBİTAK yayınları ve laboratuvarları hakkında çok güzel kitap ve afişlerle karşılaştım. Çok ilgimi çekti. Bunun sonucu olarak da Bilim ve Teknik dergisini her ay okumaya başladım.

Merak ettiğim pek çok konuyu hakkında artık bilgi sahibiyim.

Derginin en çok hoşuma giden bölümleri "Bilim ve Teknoloji Haberleri" ve "Nerde Ne Var?" sayfası. Sempozyumlara katılmayı çok sevdiğim için dergiye alırım almaz, "Nerde Ne Var?" sayfasını açıyorum. Bu sayfadaki haberlerden bölüm arkadaşlarımı da haberdar ediyorum.

Başarılarınız artarak sürmesini dilerim.

Havva Nigar Küçük
Kütahya

Mektuplaşmak İsteyenler...

Çevre-Kitap-Şiir

Çağla Gür
Yenidoğan Mah.
11. Sok No:12
Adana

Fen Bilimleri-Tarih-Coğrafya

Mustafa Keskin
Eğilmez Köyü
İlköğretim Okulu
Sınıf Öğretmeni
Karaman

Felsefe

İrem Nurgül Durmuş
Yakın Muhasebe Bürosu
Gazi Cad.
Güven Çarşısı
No:89/101
28100 Giresun

Psikoloji-Şiir

İlker Durmuş
PK 56 28100
Giresun

Uzaybilim-Teleskoplar

Gülsün Appak
Kuvvetli Mah.
Efe Konutları
31/6 B/2 35750
Ödemiş-Izmir

Gökbilim-İngilizce-Mantık Problemleri

Murat Çölgeçen
Mecidiyedere Cad.
M.Özsöz Apt. No:7 D:6
80300 Mecidiyeköy-İstanbul

Bilgisayar

Emre Tekgür
e-posta:emretetekgur@hotmail.com

Cabir Memiş
e-posta:cab@ixir.com

Erman Doğan
Erm-dogan@hotmail.com

Satranç-Kitap-Müzik

Can Gülsoy
Fatih mah. Bozantı Cad.
Divan st. no: 28/26
Kayseri
e-posta
can_gulsoy@hotmail.com

Uzay

Akif Mollaoğlu
Şehitkubilay Mah.
Şehithakanbayrak Sok.
No:35 Keçiören
Ankara

Spor-Bilgisayar

Esra Ece Tekin
e-posta:
exclamation_84@yahoo.com

Şiir-İnternet

Halil İbrahim Nilüfer
Fatih Mahallesi 3320
Sok. Çağdaş Apt.
A Blok No:8
Batman/Merkez

Genel

Ramazan Canpolat
Gap Mah. 2502 Sok.
Diyar Apt. A Blok
Kat:3 No:5
Batman/Merkez

Adem Üçgül
Şahsüleyman Mah.
Yukarı Yağdan Sok.
Demirbaş Apt. 2/8
Niğde

Cem Can
Yeni Mah. 66. Sok.
Selen Apt. Kat:3/8
Akdeniz-Mersin

Dursun Biçim
4. Ana Jet Üs
Komutanlığı
MEBS Taburu
06372 Akıncı-Ankara

Kimya

Nurettin Demir
Alibaba Mah. Aslan Sok.
No:13/B Tunceli

Astronomi-Atatürkçülük

Arzu Aydoğan
Yeşilyurt Mah. 93 Sok.
No:5 Seyhan-Adana

Psikoloji-İngilizce

Murat Yılmaz
Urla Cezaevi K.24
Urla-Izmir

Mehmet N. Fidan
Urla Cezaevi K.24
Urla-Izmir

Edebiyat

Kerem Koç
P.K. 273 80220
Teşvikiye-İstanbul

Laiklik

Yeliz Sağlam
Gazi Mah. Lise Cad.
59. Sok. Sağlam Apt. 4/6
33960 Silifke-Mersin

Biyoloji

Şerife Doğan
Necatibey Eğitim Fak. Yarı
Özel Okan Kız Öğrenci
Yurdu
Balıkesir

Dilinizi Anlamakta Zorlanıyorum

Bilim ve Teknik dergisini 371. sayısından bu yana okuyorum. Birtakım yakınmalarım var; bunları açıklamak istiyorum.

Kullandığınız dili anlamakta zorlanıyorum. Derginin dilini biraz daha sadeleştirirseniz okuyucularınızın daha da artacağını düşünüyorum. Örneğin birçok yazınızı, içinde anlamadığım birkaç sözcük yüzünden okumadım.

Ben diğer okuyucuların ısrarla istedikleri CD verilmesine karşıyım. Bu gibi bir durumda hem derginin ederi artacaktır, hem de derginin okunma için değil CD için alınan bir konuma gelecektir. Ayrıca CD'den salt bilgisayarı olanlar yararlanabilecek. Her okuyucunuzun bilgisayarı olduğunu düşünmüyorum.

Emre Tekgür
İstanbul

Güneş Enerjisi Hakkında

Dicle Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü öğrencisiyim. Bilim ve Teknik derginizi çok beğeniyorum. Birkaç arkadaş güneş enerjisinin kullanımı hakkında araştırmaya çalışıyoruz. Bu konuda, bilgi ve basit düzeneklerle ilgili yazı yayımlarsanız bizi çok sevindirirsiniz.

Bu konuda da duyarlı olacağınıza inanıyor, başarılarınızın devamını diliyoruz.

Hamdullah Düşüncü

Babamla Birlikte Bilim Teknik Okuyoruz

Yazılarınızın çok yararını gördüm. Hem bilgilendim hem de derslerimde yararlandım.

Bu dergide herkesin ilgisini çekecek konulara yer veriliyor. Örneğin, babam da ben de Bilim ve Teknik'i okuyup, zevk alıyoruz. Yalnız bazan yazılar uzun oluyor. Bu da dikkati dağıtıyor. Ama ben yine de bu dergiden çok memnunum.

Gülesin Eren
Malatya

Teşekkürler Bilim ve Teknik

Mektuplaşmak isteyenler köşesinde adresim yayımlandıktan sonra inanamayacağım kadar çok mektup aldım. Hatta bu şekilde ilköğretim birinci sınıf arkadaşım ile tekrar görüşme fırsatı yakaladım. Bu beni çok sevindirdi.

Bana gönderilen mektuplara olanaklarım ölçüsünde yanıt yazmaya çalıştım; fakat çoğu arkadaşlarıma da yanıt veremedim. Mektuplarına karşılık yazamadığım arkadaşlarıma öncelikle ilgilerinden dolayı teşekkür ediyorum, daha sonra da onlardan çok özür diliyorum; ayrıca Bilim ve Teknik dergisine bana Türkiye'nin dört bir yanından arkadaş edinme fırsatı verdiği için teşekkür ediyorum, saygılarımı sunuyorum.

Caner Yılmaz
Antalya

Dergi Konuları Hakkında Bilgi

Küçük bir eleştiri yapmak istiyorum. Niçin dergi kapaklarında, içindeki konulara ilişkin bilgi yok? Dergi alanlar, genelde kendilerini ilgilendiren hangi konular var merak ediyor. Bu konuda hassas olmanız dergi satışlarını artıracaktır düşüncesindeyim.

Halil İbrahim Uzun

Tıp Konularına Her Sayıda Yer Verin

Bayrampaşa Anadolu Lisesi öğrencisiyim. Derginizi okumak için her ayı iple çekiyorum. Herkesin bildiği gibi ben de biliyorum ki Bilim ve Teknik basında adını duyurmak için değil, insanlara bilimsel konularda ışık olmak için yayın yapıyor.

Sağlık bilimleri ile yakından ilgileniyorum ve ileride cerrah olmak istiyorum. Derginizde yayımlanan "Ötenazi" konusu çok ilgimi çekti. Ayrıca "Hipokrat Yemini"ni bize sunmanıza da çok sevindiğimi söylemek istiyorum. Sizlerden ricam, tıp konusundaki yazılarınıza her sayıda yer vermenizdir.

Zehra Ayça Öztürk
İstanbul

Kaynak Dergi

Yayınlarınızı 8 yıldır okuyorum ve çok beğeniyorum. Bilim ve teknoloji alanında yaptığınız çalışmalar bizlere kaynak olmaya ve ufkumuzu daha da genişletmeyi sürdürüyor.

Özellikle "Verimlilik ve Ergonomi" konusundaki yazılarınızdan çok yararlandım. Sizlerden de bir beklentim var: Türk sanayisinde kullanılan üretim teknolojisinin ne düzeyde olduğunu biliyoruz.

Sanayimizde dünya standartlarının üstüne çıkmış üretim ve pazarlama işletmelerinin olduğunu da biliyoruz. Her ay bunlardan birini ele alıp, bu üretim işletmelerinin kullandıkları teknolojileri, örneklemeye yöntemiyle bizlere iletebilirsiniz.

Muammer Şahin
Kocaeli

Hamlelerin Notasyonu

Satranç özel ilgi alanıma giren bir konu ve sizin satranç sayfalarınız da ilgimi çekiyor. Ancak hamlelerin notasyonunu kavrayabilmiş değilim. Bu konuda açıklayıcı bilgi gerekiyor. Sizlerden bu konuda, en azından bir sayınızda açıklayıcı bir yazı bekliyorum.

Erhan Karyaltepe
Hakkari

Yeni Yeni Köşeler

Sizlerden ricam, okuyucularınızın bilimsel konular hakkında görüşlerinin, teorilerinin yer aldığı bir sayfa açmanız. Bu sayfada, konu uzmanları da bu görüş ve teorileri irdelesin, böylece bizlerin bilimsel konulara yaklaşması daha da artacaktır.

Yıldıray Genç
Hatay

Bilgi Kaynağımız

Bilim ve Teknik'in 374. sayısındaki Ay Takvimi'ni tekrar yayımlamanızı istiyorum. Ayrıca bir şeyin de altını çizmek isterim: Ülkemizde Bilim ve Teknik dergisi yayımlanıyorsa, bilim ve eğitim var demektir. Çünkü bu dergi bilgi kaynağı.

Adem Üçgül
Niğde

Astronot Olacağım

12 yaşındayım ve bir yıldır Bilim ve Teknik dergisi okuyorum. Aslında yalnız ben değilim bu dergiyi okuyan, bütün ailece Bilim ve Teknik okuyoruz.

Herkesler bana sorardı: "Büyüyünce ne olmak istiyorsun?" derlerdi. Ben de "daha karar vermedim" derdim. Ama Bilim Teknikle tanıştıktan sonra artık kararımı verdim. Ben astronot olacağım.

Elif Savman
Patnos-Ağrı

Eleştirilere de Yer Verin

Derginiz çok güzel, ama yine de birkaç önerim olacak. Bence astronomi ve uzaya fazla ağırlık veriyorsunuz. Oysa ben, elektrik, elektronik, bilgisayar, programcılık, makine konularını merak ediyorum.

Derginizde hangi konu olursa olsun anlatım şeklini sıkıcı buluyorum. Sırf bu nedenle ilgi alanıma girmeyen konuları okumuyorum. Son olarak, İlettikleriniz'de okuyucularınızdan gelen eleştirilere de yer vermeniz.

Yunus Kuzulugil

Kendimi Geliştirme Fırsatı Verdiniz

Adilcevaz'da matematik öğretmeniyim. Yaklaşık bir yıldır derginizi izliyorum.

Kendi alanımda kendimi geliştirme fırsatını Bilim ve Teknik'te bulduğum için, bu dergide emeği geçen herkese teşekkür ediyorum.

Derginizde yayımladığınız, gökyüzü, uzay ve matematikle ilgili konuları, ilgiyle okuyorum.

Öğrencilerime hedef göstermede yardımcı olmaya çalışıyorum. Ancak bunu yaparken, bilim adamlarının yaşamlarını ve buluşlarını örneklemem gerekiyor. Ama Adilcevaz gibi bir yerde kaynak yetersizliğinden kısıtlı kalıyorum. Bundan dolayı sizlerden ricam, her ay bir bilim adamının yaşamını bizlere anlatın.

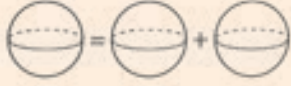
Nihat Can
Adilcevaz-Bitlis

Zekâ Oyunları

Selçuk Alsan

Banach-Tarski Paradoxu

Bu teorem insanı hayretler içinde bırakır:



İçi dolu bir küre sonlu sayıda parçaya ayrılır ve bu parçalar değişik bir şekilde yeniden birleştirilirse hacimleri ilkinin aynı 2 yeni küre elde edilir. Söylemeye gerek yok ki parçalar ölçülemeyen ve gözde canlandırılması zor kümelerdir. Yeni 2 küre de aynı şekilde parçalanabilir ve herbiri orijinal küre hacminde 4 küre oluşur. Bu operasyon sonsuza kadar tekrarlanabilir. Bu teorem bize matematiğin soyut dünyasında bu çeşit parçalamalar (disseksiyon) olabileceğini kanıtlar; fakat gerçek dünyada bunun nasıl yapılabileceğini söylemez. Eğer bu mümkün olsaydı bezelye kadar bir altın küre sonlu parçalamalar ve tekrar birleştirmelerle güneş kadar bir küre oluştururdu. Banach ve Tarski parça sayısından söz etmemişlerdi. R.M. Robinson olası en küçük parça sayısının 5 olduğunu gösterdi. Robinson şunu da gösterdi bir küre yüzeyi S, öyle iki parçaya ayrılabilir ki bu parçaların herbiri S kadardır. 2S elde etmek için 4 parça yeterlidir.

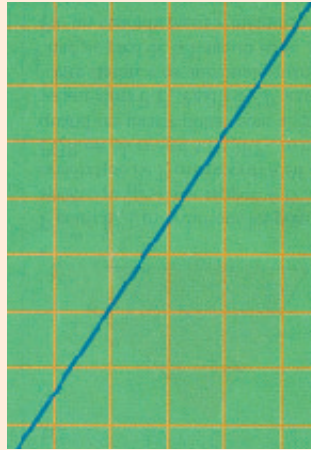
Banach-Tarski'nin genel ifadesi: 3 boyutlu Öklid uzayında A ve B sınırlı kümelerse ve A ve B'nin iç noktaları varsa, A öyle sonlu sayıda parçaya ayrılabilir ki bu parçaların kaydırma veya rotasyonla tekrar birleştirilmesi B ile çakışan (kongrüent) bir küme oluşturur.

Stefan Banach (1892-1945) Polonyalı matematikçi; Alfred Tarski (1902-?) Polonya kökenli Amerikalı matematikçi.

Hırsız Cambaz

Tony eski bir Ortaçağ kilisesine geldiğinde, tavan dan sarkan altınla kaplı iki ip gördü. Bunlar çan çalmak içindi ve tavadaki iki delikten geçerek çan kulesine gidiyorlardı. İki deliğin arasında 25 cm. bir uzaklık vardı. Çan kulesinin kapısı 3 anaharla açılıyordu. İpleri kuleye girerek çalmak olanaksızdı. Tony her her iki ipi çalmak istiyordu. İplerden birine tırmanıp diğer ipi kesmek ona yalnız 1 ip kazandırır; oysa o iki ipi de istiyordu. Tepesine tırmandığı 2. ipi tabii ki kesemezdi; bacakları kırılırdı. Tony düşünce düşünce bir çare buldu ve 2 ipin hemen hemen tamamını çalıp evine götürdü. Ne yapmıştı?

Irmak ve Şehirler



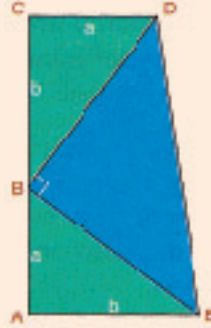
Bu hayali ülke 169x260 km boyutlarında bir dikdörtgendir. Ülke 1 km²'lik şehirler ayrılmış. Köşegenlerinden biri doğrultusunda bir ırmak akıyor. Bu ırmak kaç şehirden geçer? (Köşeye değmeler geçiyor sayılmayacak). Bu problemi pxq için genelleyiniz.

Düzlemin Bölünmesi

Bir düzlem 6 doğru tarafından en çok kaç bölgeye bölünebilir? Bir düzlem 6 daire tarafından en çok kaç bölgeye bölünebilir?

n doğru ve n daire için genelleyiniz.

Çok İspatlı Bir Teorem



Amerikan Cumhurbaşkanı James Abram Garfield, görülen şekil üzerinde Pisagor teoremini ispatlamıştır. Bu ispatı bulabilmisiniz? (Pisagor teoreminin çok sayıda ispatı vardır.)

Çok Yüzlüler

Düzgün konveks bir çokyüzlünün herhangi bir yüzü, yatay bir zemin üzerinde taban olabilir. Düzgün konveks çok yüzünün ağırlık merkezi, merkezidir; bu nedenle düzgün konveks bir çokyüzlü (küp, oktahedron, dekahedron vb) herhangi bir yüzü üzerinde dengededir. Düzgün olmayan çokyüzlü bazı yüzleri üzerinde dengede, diğerleri üzerinde dengede değildir. Öyle bir çok yüzü yapılabilmir ki, hiçbir yüzü üzerinde dengede kalamasın?

Pi'nin Cambazlıkları

π sayısını yalnız daire ile birlikte düşünenler yanılıyor. Her taşın altından π çıkar. Doğal sayıların terslerinin karelerinin toplamı $\pi^2/6$, 4. kuvvetlerinin terslerinin toplamı $\pi^4/90$, 6. kuvvetlerinin terslerinin toplamı $\pi^6/945$ 'dir. 1736'da Euler gösterdi ki doğal sayıların terslerinin $2k$. kuvvetlerinin toplamı π^{2k} . N'dir. $N = (-1)^{k-1} B_{2k} / (2k)!$ gibi bir rasyonel sayı. B_{2k} Bernoulli sayılarıdır. Gauss'un çan biçimi olasılık eğrisinin altındaki alan $y = e^{-x^2} = \sqrt{\pi}$.

Rastgele seçilen iki tam sayının ortak bir asal çarpanları olmaması olasılığı $6/\pi^2$. Bir çok kuvantum denkleminde π ve Planck sabiti (h) birlikte bulunur

Ev İşleri

Deli Ruhiye'nin bir ruh doktoruyla evlendiğini söylemiştik. Yeni evliler ev işlerini aralarında böldüler. Fakat Ruhiye bu listeyi kabul etmedi; en ağır işlerin kendisine verildiğini iddia ediyordu. Ruhiye'nin yaptığı listeyi de eşi beğenmedi. Kavga etmeye başladılar. O sırada Cin Ruhi çıkageldi. Öyle bir şey söyledi ki kavga hemen durdu. Acaba Ruhi ne demişti?

Boadicea

Boadicea, Cleopatra doğduktan 129 yıl sonra öldü. İkisinin yaşlarının toplamı 100 idi. Cleopatra M.Ö. 30'da öldü. Boadicea ne zaman doğmuştu?

Sayıları Gruplara Ayırmak

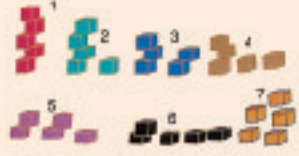


Pozitif sayılardan 3 küme yapalım; herhangi iki kümeden alınacak birer elemanın toplamı üçüncü kümede bulunabilir mi? (Kümeler boş değil ve her kümenin elemanları diğer kümelerden farklı)

Küre

Bir kürenin üzerinde rastgele 3 nokta alalım. Bu 3 noktanın aynı yarım küre üzerinde bulunma olasılığı nedir? Bir yarım kürenin sınırındaki daire, o yarımküreden sayılır.

Bütünün Parçalara Ayrılması



Şekilde 5 cismi 7 türlü parçalayabildiğimiz görülüyor.

5'i bir arada, 4+1,3+2,3+1+1,2+2+1,2+1+1+1 ve 1+1+1+1+1. Bunu şöyle ifade ederiz: $p(5)=7$. $p(6)$ ve $p(7)$ 'yi hesaplayınız. Peki $p(200)$ kaçtır dersiniz?

Geçen Ayın Çözümleri

Ahtapotlu Bilmece

Aslında çok kolay. A'dan kırmızı noktaya varmak üzere yürüdüğünüzü varsayalım. Telörgülerden kaç kere geçtiğinizi sayarsınız. Çift sayıda telörgü geçmişseniz kırmızı nokta telörgü dışındadır; tek sayıda telörgü geçmişseniz kırmızı nokta telörgü içindedir. A'dan üst kırmızı noktaya varmak için telörgüden iki kez geçmelisiniz; 2 çifttir; o halde üst kırmızı nokta telörgü dışıdır. A'dan alt kırmızı noktaya varmak için tek bir telörgü geçmelisiniz; 1 tek; o halde alt kırmızı nokta telörgü içidir.

Mefisto Dügümü

Sağdaki düğümde ipin uçlarından çekerseniz düğüm, son derece güven verici olmasına rağmen, derhal çözülür. Hayat ta Mefisto düğümleriyle dolu. Çok güvenilir gözükken birçok şeyin içi kof çıkmıyor mu? (Sihirbazlıkta bu düğümün adı (Chefolo düğümüdür).

Ampul İçindeki Basınç

Ampulü suya daldırıp su düzeyinin h_1 yükselişini kaydedin. Sonra ampulü suyun içinde altındaki madeni kısımdan ayrılacak şekilde kırın. Ampul içine su dolacak ve su düzeyi düşecek, fakat başlangıç haline göre h_2 yükseklüğünde olacaktır. Ampulün hacmi $V_1 = S \cdot h_1$ (S kabın kesiti cm^2 olarak). Ampul kırılınca ampul içi basınç atmosfer basıncına eşit olur; ampul içi gaz hacmi $V_2 = S \cdot h_2$ dir. Boyle yasasına $p \cdot S \cdot h_1 = p_0 \cdot S \cdot h_2$

ve $p = p_0 \frac{h_2}{h_1} = 1$ atmosfer.

Gezegenin Yoğunluğu

Uzay gemisi yıldız tarafından

$F_g = \frac{GMm}{R^2}$ kütleçekim kuvvetiyle çekilmektedir.

G =yerçekim sabiti, M = yıldızın kütlesi, m = geminin kütlesi ve R yıldızın merkezinden olan uzaklık (yaklaşık olarak yıldızın yarıçapı).

$p(200)=3\ 972\ 999\ 029\ 388$. n çok büyük olunca kullanılabilecek kesin bir formül yoktur. 2 Ocak 1917'de Ramanujan ve Hardy Paris Bilimler Akademisine şu asemptotik formülü sundular:

$$p(n) = \frac{1}{4n\sqrt{3}} e^{\pi\sqrt{\frac{2n}{3}}}$$

Rademacher bundan çok kesin, fakat çok karmaşık bir formül elde etti. Terimlerin sırası dikkate alınırsa iş çok kolaylaşır; örneğin $n=5$ için $3+1+1$ ve $1+3+1$ farklı kabul edilirse iş basitleşir. Sıra dik-

$$M = VD = \frac{4}{3}\pi R^3 D \quad \text{ve}$$

$$F_g = \frac{4}{3}\pi G M D.$$

Uzay gemisini dışarı fırlatan santrifüj kuvveti

$$F_c = \frac{mV^2}{R} = m\omega^2 R = m \frac{4\pi^2}{T^2} R.$$

V = doğrusal hız, W =açısal hız, T =periyod. $F_g = F_c$ 'den $D = 3\pi/GT^2$. Saatle T bulunarak D hesaplanabilir.

Venus Dönüyor mu?

Bu bir sarkaç kanıtlanabilir. 1881'de Fransız fizikçisi Jean B.L. Foucault Paris'de Panteon binasının kubbesine 67 m uzunlukta bir sarkaç bağlayarak Dünya'nın kendi etrafında döndüğünü kanıtladı. (Dünyanın en uzun sarkacı St Petersburg'da St.Isaaca katedralindedir: 98 m). Sarkaç tavana üniversal eklemlerle bağlanmıştı; bu eklem yatay bir eksen etrafında salınan bir sarkacın düşey düzlemde dönmelerini sağlar. Yerdeki sabit işaretlere göre sarkacın salınım düzlemi döner. Bu deney Ekvator'da yapılamaz, orada sarkaç düzlemi dönmeyiz. Kutuplardaysa sarkaç düzlemi Dünya'nın açısızla döner. Fakat ters yönde.

Paraları Tartmak

Paraları olabildiğince eşit 3 gruba ayırarak (A,B,C) A ile B'yi kefelere koyunuz. 3 olasılık vardır: 1) A ağır basar. Ağır para buradadır. 2) B ağır basar; ağır para buradadır. 3) A=B ise ağır para C'dedir. Bir tartış 3 olasılık, 2 tartış $3^2 = 9$ olasılık, 3 tartış $3^3 = 27$ olasılık, m tartış 3^m olasılık arasında karar verilir. Tersinden alırsak 3^m para varsa: Birinci tartışta 3 grup 3^{m-1} para ayrılır.

İkinci tartışta üç grup 3^{m-2} para ayrılır. vb. m. ve son tartışta her kefedede 1 para kalır.

Örneğin $3^3 = 27$ para varsa I. tartışta ağır içeren 9 para, 2. tartışta ağır içeren 3 para ve 3. tartışta ağır para

kate alınarak n obje kaç türlü parçalanabilir?

Küpe Problemi

Bir Afrika köyünde 800 kadın var. Kadınların %3'ü tek küpeli. kalan %97'nin yarısı çift küpe takıyor, yarısı küpe takmıyor. Toplam kaç küpe var?

Dört Yüzlü

Düzgün bir dörtyüzlüde dört yüzünün merkezi ve herhangi iki köşesi aynı düzlemde. Düzensiz dörtyüzlüler için de bu ifade geçerli midir?

bulunur. (hafif para için aynı mantık.)

Örneğin 21 para varsa I. tartışta herbiri 7 paralık üç grup kıyaslanır. 2. tartışta ağır para içeren 7'li grup 3+3+1 olarak ayrılır ve kefelere 3,3 konulur. Denge varsa ağır olan kalan tek paradır; bir kefe inerse o kefedeki 3 para 3. tartışta kıyaslanır; kefelere herbirine 1 para konulur; bir kefe ağır basarsa o para ağırdır; denge varsa tek kalan para ağırdır.

8 Para, Biri Farklı

Yapılan tartı	1 2 3 4 5 6 7 8
1. tartı	1 2 3 4 5 6 7 8
2. tartı	1 2 3 4 5 6 7 8
3. tartı	1 2 3 4 5 6 7 8
Aranan para	1 2 3 4 5 6 7 8
Paranın karakteri	A H A H H A H A

Paralara numara verelim: 1,2,3,...,8. Bir kefeye 1,2,3 değerine 4,5,6 konur. Bu şöyle gösterilir: 1 2 3-4 5 6. Şu işaretleri hatırla tutalım: \ sol kefe aşağıda (çizginin ucu solda), /=kefelere dengede, / = sağ kefe aşağıda. (çizginin ucu sağda). N= normal, A= Ağır, H= Hafif.

Başlangıç: 1 2 3 4 \ 5 6 7 8

1. tartı 1 2 5 - 3 4 6

Eğer 1 2 5 \ 3 4 6 ise I veya 2 veya 5= A ve 3 veya 4 veya 6 = H. Fakat başlangıç durumuna göre iki olasılık vardır: a) 1 veya 2=A; b) 6=H (Başlangıçta 3 ve 4 ağır, 6 ise hafif taraftaydı). İkinci tartıda I ve 2 kıyaslanır; sonuç \ ise 1=A, sonuç / ise 2=A ve sonuç I ise 6=H'dir. 1 2 5 / 3 4 6 ise 3 ve 4 kıyaslanır. İkinci tartı \ ise 3=A, / ise 4=A ve I ise 5=H olduğu belirlenir. 1 2 5 I 3 4 6 ise 8 ile 7 kıyaslanır. \ ise 8=H ve / ise 7=H'dir. (Burada I olasılığı olamaz tabii ki).

Aşağıdaki tablo durumu özetliyor.

9 Para Biri Farklı

1. tartı	1 2 3 4 5 6 7 8 9
2. tartı	1 2 3 4 5 6 7 8 9
3. tartı	1 2 3 4 5 6 7 8 9
Aranan Para	1 2 3 4 5 6 7 8 9
Paranın karakteri	A H H A H A H A H A H A H A H A

80 Para Biri Farklı

Birinci (sol) kefedeki paraları 3 gr-

Tenis Turnuvası

Bu yıl tenis turnuvasına 82 oyuncu girdi. Şampiyonu belirlemek için kaç maç gereklidir?

Satranç Şampiyonası

Dünya satranç şampiyonu Gasparov bilgisayarla satranç oynuyor. Gasparov'un 5 maçtan 3'ünü kazanma şansı, 5 maçtan 4'ünü kazanma şansı eşitse, Gasparov'un 5 maçın 5'ini de kazanma olasılığı nedir?

ba ayıralım: a=l4 para, b=l4 para ve c=l2 para. İkinci (sağ) kefedeki paraları 3 gruba ayıralım: d=l3 para, e=l3 para ve f=l4 para. abc-def tartısında sol ağır bassın. 1. tartı: a ve d ile (solda 27 para) b ve e (sağda 27 para) kıyaslanır. Sol aşağı inerse ya farklı para a'dadır ve ağırdır veya b'dedir ve hafiftir. Denge varsa ya farklı para c'dedir ve ağırdır veya d'dedir ve hafiftir. Sağ aşağı inerse ya farklı para b'dedir ve ağırdır veya d'dedir ve hafiftir. Bu 3 olgu benzerdir. İkinci ele alalım. a'yı 3'e ayıralım: g=5 para, h=5 para i=4 para; e'yi de 3'e ayıralım: j= 4 para, k=4 para ve m=5 para. a=g+h+i ve e=j+k+m.

2. tartı: gk ile (9 para) jh (9 para) kıyaslanır. Sol aşağı inerse farklı para g'de ve ağır veya j'de ve hafiftir.Şimdi g üçe ayrılır: n=2, p=2, q=lj de üçe ayrılır: r=1, s=1,t=2. g=n+p+q, j=r+s+t

3. tartı: nr ile ps kıyaslanır. Sağ taraf inerse ya p farklı ve ağırdır ya da r farklı ve hafiftir (r tek para).

4.tartı: p'nin iki parası kıyaslanır. Hangi kefe aşağı inerse o para ağırdır.

Yıldızın Kütlesi

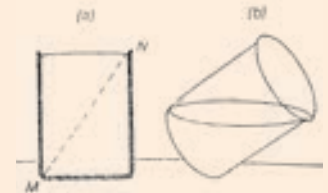
El kantarıyla yıldızın I kg'a uyguladığı kütle çekimi (p) bulup şu formülü kullanınız.

$$P = G \frac{Mm}{R^2} \quad \text{ve}$$

$$M = \frac{PR^2}{Gm}$$

G = Gravitasyon sabiti, M = yıldızın kütlesi, P = deneyle bulunan değer. M ve R verilmiş.

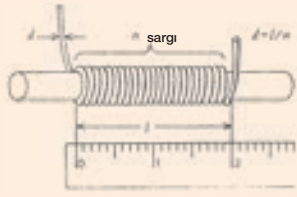
Bardakta Sihirbazlık



3 Şapka Problemi

Ruhi'nin başında mavi şapka olsaydı, Peri Perihan şöyle düşünecekti: "Şeyda elini kaldırdığına göre bir kırmızı şapka görüyor. Ortada 3 şapka var. Şeyda kendi başını görmez. 2. şapka mavi; o halde Şeyda benim kafamdaki kırmızı şapkayı görüyor". Bu usavurmayı yaptıktan sonra, Perihan hemen "benim şapkam kırmızı" diyecekti. Şeytan Şeyda da aynı mantığı kullanacaktı. Ama her ikisinden de ses çıkmadı. O zaman Ruhi kendi şapkasının mavi değil kırmızı olduğunu anlıyor. Diğerleri de aynı mantığı kullanarak "benim başımdaki kırmızı" diyebilirlerdi. Demek ki içlerinde en hızlı düşünen Ruhi imiş.

Telin Çapı



Teli sınıksı kalemin üzerine sararsınız ve kalem üzerinde L'yi ölçersiniz. n bellidir. d= L/n'dir. Bir bölmenin hatası pay ve payın rölaf hatalarının toplamıdır. L % duyarlılıkla ölçülür. n'i saymadaki hata %2'dir. (sargı 49 mu, 50 mi bazen karar verilemez). Toplam hata % 1+2=%3'dür. Telin çapı d=0.1 mm ise bu 0.00 3 mm'lik bir hatadır ki kabul edilebilir.

Genişletilmiş Şapka Problemi

a,b,c: "Diyelim ki benim şapkam mavi. Diğer üçü karşılarda bir mavi, iki kırmızı görecektir ve kendi şapkasının rengini düşünecek. Fakat bu, bundan önceki probleme geri dönmektir. Sonunda bu 3 kişiden biri mutlaka usavurma ile kendi şapkasının kırmızı olduğunu anlayacaktır. Fakat yeterli zaman geçti ve kimse "benimki kırmızı" demedi; o halde benim başımda kırmızı var. n kırmızı şapkalı kişi için aynı kural. Böylece matematik tümevarımla anlaşılır ki durum önce (n-1). evreye, sonra geri giderek (n-2), evreye ve sonunda 3. evreye girer. 3 kişilik problemin çözümünü yukarıda gördük. Aslında n kişinin beyni eşit hızla çalışsaydı hepsinin aynı zamanda "benim şapkam kırmızı" demesi gerekirdi. Demek ki beyinlerinin kuvvetine göre sırayla 1,2,3,...,n. kişi kendi başındaki şapkasının rengini bilecektir. Bu yöntemle n insan hızlı ve doğru düşünme bakımından sıraya konulabilir.

d şikk: En arkadaki adam şapkasının rengini bilemez; bir önündeki de bilmiyorum der. En baştaki şöyle düşünür: En arkadakinin önünde iki siyah olsaydı o "benimki beyaz" derdi. Bunu demediğine göre önünde iki siyah şapka yoktur. Diyelim ki benim şapkam siyah; o zaman ortadaki, en sondakinin bilememesinden, kendi şapkasının beyazlığına emin olurdu ve "benim ki beyaz" derdi. Ama demedi. O halde varsayım yanlış; be-

nim şapkam siyah değil beyaz. Bu arka arkaya 3 adama önden arkaya şu sıfatlar verilmiştir: 1 kör; 2 yarı kör; 3 Normal görüş.

Hipopotamın Ağırlığı

Bakıcı hipopotamı mavnaya koyup mavnanın ne kadar suya battığını işaretledi; sonra hipopotamı çıkarıp aynı çizgiye gelene kadar mavnaya altın doldurttu. Bu durumda hipopotamın ve altınların ağırlığı eşittir.

İki Renkli Hanoi Kulesi

29 hamle gereklidir.

A,C,B,C,A,B,
C,B,C,B,A,C,
B,A,B,A,B,C,
B,C,A,C,A,C,
B,A,C,A,C,A,
C,B,C,B,A,C,
A,C,B,A,B,A,
C,A,C,A,C,B,
A,C,A,C,A,B,
C,B,C,A.



Hatırlatmak için orijinal Hanoi Kulesi veriyoruz. Aynı kurallarla A'daki diskler B'ye geçirilecek. Gerekli hamle sayısı, n disk varsa, 2ⁿ-1'dir. Bu bilmeceyi Fransız Matematikçisi Edourd Lucas'ya 1842-1891 borçluyuz. O matematiksel eğlencelerin uzmanıydı. Kitapları: Sayılar Teorisi, Eğlenceleri Aritmetik, Matematik Eğlenceleri (4 cilt.)

Eşitsizlik

(x-y)² = x² + y² - 2xy, Bir kare damla pozitifdir; o halde x² + y² > 2xy.

Kare İçi Üçgenler

Bu 9 nokta arasından bir A noktası seçelim. İki nokta A ile doğrudan doğruya alanı 0 olan bir üçgen oluşturur ve problem çözülmüş olur. Hiçbir nokta çiftinin doğrudan doğruya alanı düşünelim. Diğer noktalar B,C,D,E,... diyelim. bu noktalar A ortada olarak sıralansın. ABC, ACD, ADE,... üçgenlerini oluşturalım. Böyle 8 üçgen vardır. Karenin alanı 1 olduğundan üçgenlerin toplam alanı 1'i geçemez. O halde üçgenlerden birinin alanı 1/8'den küçük olmalıdır.

Dayı=Yeğen

DAYI=YEĞEN: Dedecan'ın Güzelcan adlı bir kızı vardı. Efecan'ın kızı ise Hızlıcan'dı. Dedecan Hızlıcan'la evlendi ve Kafacan doğdu. Efecan ile Güzelcan evlenince de Babacan doğdu. Kafacan Dedecan'ın oğlu olduğundan Güzelcan'ın kardeşidir. Babacan'ın annesi Güzelcan oldu-

ğundan Kafacan Babacan'ın dayısıdır. Diğer taraftan Hızlıcan ile Babacan kardeşler ve Kafacan Hızlıcan'ın oğlu olduğundan Babacan Kafacan'ın dayısıdır, yani Kafacan Babacan'ın yeğenidir. Böylece Kafacan ile Babacan birbirlerinin hem dayısı, hem yeğenidir.

Üç Karenin Toplamı

Çift sayıların karesi 8 ile bölünürken kalan 0 veya 4'dür. Tek sayıların karesi 8 ile bölünürken kalan daima 1'dir. Üç karenin toplamı 8 ile bölünürse kalan 0,1 ve 4'ün tekrarı ve 7'ye varmayan toplamıdır; Örneğin 0,1, 1+1,1+1+1,4,4+1,4+1+1. 7 olamaz. O halde 7,15,23,31,... üç kare toplamı olamaz. Bir diğer deyişle 8n-1 şeklindeki sayılar üç kare toplamı olamaz.

5 Kuralı

Basamaklarının toplam 5 olan bir sayı 9k+5 şeklindedir. (14,23,32,41 vb) Böyle bir sayı 3 ile bölünürken kalan olarak 2 verir. Oysa bütün kare sayılar 5 ile bölünürken kalan olarak 0 ya da 1 verir.

Mantık Olmasa Yandık

Bu 17 sayının birbirlerine eşit olmadığını varsayalım. a₁ > a₂ olsun; (a₁ < a₂ de benzer sonuç verir). Şimdi şu mantığı yürütelim: a₁² = a₂³ ve a₁ > a₂ Bu eşitliğin sağlanabilmesi için a₃ > a₂ olmalıdır.

(Bir örnekle görelim: 9²=2³ (9>2). 2'nin kaçınıcı kuvveti 81'e eşittir? Belli ki 2'nin üssü 2'den büyük olmalıdır.) Demek ki:

a₁ > a₂ > a₃ < a₄ > a₅ > a₆ < a₇ > a₈ < a₉ < a₁₀ < a₁₁ < a₁₂ < a₁₃ < a₁₄ < a₁₅ < a₁₆ < a₁₇ < a₁₈ < a₁₉ < a₂₀ < a₂₁ < a₂₂ < a₂₃ < a₂₄ < a₂₅ < a₂₆ < a₂₇ < a₂₈ < a₂₉ < a₃₀ < a₃₁ < a₃₂ < a₃₃ < a₃₄ < a₃₅ < a₃₆ < a₃₇ < a₃₈ < a₃₉ < a₄₀ < a₄₁ < a₄₂ < a₄₃ < a₄₄ < a₄₅ < a₄₆ < a₄₇ < a₄₈ < a₄₉ < a₅₀ < a₅₁ < a₅₂ < a₅₃ < a₅₄ < a₅₅ < a₅₆ < a₅₇ < a₅₈ < a₅₉ < a₆₀ < a₆₁ < a₆₂ < a₆₃ < a₆₄ < a₆₅ < a₆₆ < a₆₇ < a₆₈ < a₆₉ < a₇₀ < a₇₁ < a₇₂ < a₇₃ < a₇₄ < a₇₅ < a₇₆ < a₇₇ < a₇₈ < a₇₉ < a₈₀ < a₈₁ < a₈₂ < a₈₃ < a₈₄ < a₈₅ < a₈₆ < a₈₇ < a₈₈ < a₈₉ < a₉₀ < a₉₁ < a₉₂ < a₉₃ < a₉₄ < a₉₅ < a₉₆ < a₉₇ < a₉₈ < a₉₉ < a₁₀₀ < a₁₀₁ < a₁₀₂ < a₁₀₃ < a₁₀₄ < a₁₀₅ < a₁₀₆ < a₁₀₇ < a₁₀₈ < a₁₀₉ < a₁₁₀ < a₁₁₁ < a₁₁₂ < a₁₁₃ < a₁₁₄ < a₁₁₅ < a₁₁₆ < a₁₁₇ < a₁₁₈ < a₁₁₉ < a₁₂₀ < a₁₂₁ < a₁₂₂ < a₁₂₃ < a₁₂₄ < a₁₂₅ < a₁₂₆ < a₁₂₇ < a₁₂₈ < a₁₂₉ < a₁₃₀ < a₁₃₁ < a₁₃₂ < a₁₃₃ < a₁₃₄ < a₁₃₅ < a₁₃₆ < a₁₃₇ < a₁₃₈ < a₁₃₉ < a₁₄₀ < a₁₄₁ < a₁₄₂ < a₁₄₃ < a₁₄₄ < a₁₄₅ < a₁₄₆ < a₁₄₇ < a₁₄₈ < a₁₄₉ < a₁₅₀ < a₁₅₁ < a₁₅₂ < a₁₅₃ < a₁₅₄ < a₁₅₅ < a₁₅₆ < a₁₅₇ < a₁₅₈ < a₁₅₉ < a₁₆₀ < a₁₆₁ < a₁₆₂ < a₁₆₃ < a₁₆₄ < a₁₆₅ < a₁₆₆ < a₁₆₇ < a₁₆₈ < a₁₆₉ < a₁₇₀ < a₁₇₁ < a₁₇₂ < a₁₇₃ < a₁₇₄ < a₁₇₅ < a₁₇₆ < a₁₇₇ < a₁₇₈ < a₁₇₉ < a₁₈₀ < a₁₈₁ < a₁₈₂ < a₁₈₃ < a₁₈₄ < a₁₈₅ < a₁₈₆ < a₁₈₇ < a₁₈₈ < a₁₈₉ < a₁₉₀ < a₁₉₁ < a₁₉₂ < a₁₉₃ < a₁₉₄ < a₁₉₅ < a₁₉₆ < a₁₉₇ < a₁₉₈ < a₁₉₉ < a₂₀₀ < a₂₀₁ < a₂₀₂ < a₂₀₃ < a₂₀₄ < a₂₀₅ < a₂₀₆ < a₂₀₇ < a₂₀₈ < a₂₀₉ < a₂₁₀ < a₂₁₁ < a₂₁₂ < a₂₁₃ < a₂₁₄ < a₂₁₅ < a₂₁₆ < a₂₁₇ < a₂₁₈ < a₂₁₉ < a₂₂₀ < a₂₂₁ < a₂₂₂ < a₂₂₃ < a₂₂₄ < a₂₂₅ < a₂₂₆ < a₂₂₇ < a₂₂₈ < a₂₂₉ < a₂₃₀ < a₂₃₁ < a₂₃₂ < a₂₃₃ < a₂₃₄ < a₂₃₅ < a₂₃₆ < a₂₃₇ < a₂₃₈ < a₂₃₉ < a₂₄₀ < a₂₄₁ < a₂₄₂ < a₂₄₃ < a₂₄₄ < a₂₄₅ < a₂₄₆ < a₂₄₇ < a₂₄₈ < a₂₄₉ < a₂₅₀ < a₂₅₁ < a₂₅₂ < a₂₅₃ < a₂₅₄ < a₂₅₅ < a₂₅₆ < a₂₅₇ < a₂₅₈ < a₂₅₉ < a₂₆₀ < a₂₆₁ < a₂₆₂ < a₂₆₃ < a₂₆₄ < a₂₆₅ < a₂₆₆ < a₂₆₇ < a₂₆₈ < a₂₆₉ < a₂₇₀ < a₂₇₁ < a₂₇₂ < a₂₇₃ < a₂₇₄ < a₂₇₅ < a₂₇₆ < a₂₇₇ < a₂₇₈ < a₂₇₉ < a₂₈₀ < a₂₈₁ < a₂₈₂ < a₂₈₃ < a₂₈₄ < a₂₈₅ < a₂₈₆ < a₂₈₇ < a₂₈₈ < a₂₈₉ < a₂₉₀ < a₂₉₁ < a₂₉₂ < a₂₉₃ < a₂₉₄ < a₂₉₅ < a₂₉₆ < a₂₉₇ < a₂₉₈ < a₂₉₉ < a₃₀₀ < a₃₀₁ < a₃₀₂ < a₃₀₃ < a₃₀₄ < a₃₀₅ < a₃₀₆ < a₃₀₇ < a₃₀₈ < a₃₀₉ < a₃₁₀ < a₃₁₁ < a₃₁₂ < a₃₁₃ < a₃₁₄ < a₃₁₅ < a₃₁₆ < a₃₁₇ < a₃₁₈ < a₃₁₉ < a₃₂₀ < a₃₂₁ < a₃₂₂ < a₃₂₃ < a₃₂₄ < a₃₂₅ < a₃₂₆ < a₃₂₇ < a₃₂₈ < a₃₂₉ < a₃₃₀ < a₃₃₁ < a₃₃₂ < a₃₃₃ < a₃₃₄ < a₃₃₅ < a₃₃₆ < a₃₃₇ < a₃₃₈ < a₃₃₉ < a₃₄₀ < a₃₄₁ < a₃₄₂ < a₃₄₃ < a₃₄₄ < a₃₄₅ < a₃₄₆ < a₃₄₇ < a₃₄₈ < a₃₄₉ < a₃₅₀ < a₃₅₁ < a₃₅₂ < a₃₅₃ < a₃₅₄ < a₃₅₅ < a₃₅₆ < a₃₅₇ < a₃₅₈ < a₃₅₉ < a₃₆₀ < a₃₆₁ < a₃₆₂ < a₃₆₃ < a₃₆₄ < a₃₆₅ < a₃₆₆ < a₃₆₇ < a₃₆₈ < a₃₆₉ < a₃₇₀ < a₃₇₁ < a₃₇₂ < a₃₇₃ < a₃₇₄ < a₃₇₅ < a₃₇₆ < a₃₇₇ < a₃₇₈ < a₃₇₉ < a₃₈₀ < a₃₈₁ < a₃₈₂ < a₃₈₃ < a₃₈₄ < a₃₈₅ < a₃₈₆ < a₃₈₇ < a₃₈₈ < a₃₈₉ < a₃₉₀ < a₃₉₁ < a₃₉₂ < a₃₉₃ < a₃₉₄ < a₃₉₅ < a₃₉₆ < a₃₉₇ < a₃₉₈ < a₃₉₉ < a₄₀₀ < a₄₀₁ < a₄₀₂ < a₄₀₃ < a₄₀₄ < a₄₀₅ < a₄₀₆ < a₄₀₇ < a₄₀₈ < a₄₀₉ < a₄₁₀ < a₄₁₁ < a₄₁₂ < a₄₁₃ < a₄₁₄ < a₄₁₅ < a₄₁₆ < a₄₁₇ < a₄₁₈ < a₄₁₉ < a₄₂₀ < a₄₂₁ < a₄₂₂ < a₄₂₃ < a₄₂₄ < a₄₂₅ < a₄₂₆ < a₄₂₇ < a₄₂₈ < a₄₂₉ < a₄₃₀ < a₄₃₁ < a₄₃₂ < a₄₃₃ < a₄₃₄ < a₄₃₅ < a₄₃₆ < a₄₃₇ < a₄₃₈ < a₄₃₉ < a₄₄₀ < a₄₄₁ < a₄₄₂ < a₄₄₃ < a₄₄₄ < a₄₄₅ < a₄₄₆ < a₄₄₇ < a₄₄₈ < a₄₄₉ < a₄₅₀ < a₄₅₁ < a₄₅₂ < a₄₅₃ < a₄₅₄ < a₄₅₅ < a₄₅₆ < a₄₅₇ < a₄₅₈ < a₄₅₉ < a₄₆₀ < a₄₆₁ < a₄₆₂ < a₄₆₃ < a₄₆₄ < a₄₆₅ < a₄₆₆ < a₄₆₇ < a₄₆₈ < a₄₆₉ < a₄₇₀ < a₄₇₁ < a₄₇₂ < a₄₇₃ < a₄₇₄ < a₄₇₅ < a₄₇₆ < a₄₇₇ < a₄₇₈ < a₄₇₉ < a₄₈₀ < a₄₈₁ < a₄₈₂ < a₄₈₃ < a₄₈₄ < a₄₈₅ < a₄₈₆ < a₄₈₇ < a₄₈₈ < a₄₈₉ < a₄₉₀ < a₄₉₁ < a₄₉₂ < a₄₉₃ < a₄₉₄ < a₄₉₅ < a₄₉₆ < a₄₉₇ < a₄₉₈ < a₄₉₉ < a₅₀₀ < a₅₀₁ < a₅₀₂ < a₅₀₃ < a₅₀₄ < a₅₀₅ < a₅₀₆ < a₅₀₇ < a₅₀₈ < a₅₀₉ < a₅₁₀ < a₅₁₁ < a₅₁₂ < a₅₁₃ < a₅₁₄ < a₅₁₅ < a₅₁₆ < a₅₁₇ < a₅₁₈ < a₅₁₉ < a₅₂₀ < a₅₂₁ < a₅₂₂ < a₅₂₃ < a₅₂₄ < a₅₂₅ < a₅₂₆ < a₅₂₇ < a₅₂₈ < a₅₂₉ < a₅₃₀ < a₅₃₁ < a₅₃₂ < a₅₃₃ < a₅₃₄ < a₅₃₅ < a₅₃₆ < a₅₃₇ < a₅₃₈ < a₅₃₉ < a₅₄₀ < a₅₄₁ < a₅₄₂ < a₅₄₃ < a₅₄₄ < a₅₄₅ < a₅₄₆ < a₅₄₇ < a₅₄₈ < a₅₄₉ < a₅₅₀ < a₅₅₁ < a₅₅₂ < a₅₅₃ < a₅₅₄ < a₅₅₅ < a₅₅₆ < a₅₅₇ < a₅₅₈ < a₅₅₉ < a₅₆₀ < a₅₆₁ < a₅₆₂ < a₅₆₃ < a₅₆₄ < a₅₆₅ < a₅₆₆ < a₅₆₇ < a₅₆₈ < a₅₆₉ < a₅₇₀ < a₅₇₁ < a₅₇₂ < a₅₇₃ < a₅₇₄ < a₅₇₅ < a₅₇₆ < a₅₇₇ < a₅₇₈ < a₅₇₉ < a₅₈₀ < a₅₈₁ < a₅₈₂ < a₅₈₃ < a₅₈₄ < a₅₈₅ < a₅₈₆ < a₅₈₇ < a₅₈₈ < a₅₈₉ < a₅₉₀ < a₅₉₁ < a₅₉₂ < a₅₉₃ < a₅₉₄ < a₅₉₅ < a₅₉₆ < a₅₉₇ < a₅₉₈ < a₅₉₉ < a₆₀₀ < a₆₀₁ < a₆₀₂ < a₆₀₃ < a₆₀₄ < a₆₀₅ < a₆₀₆ < a₆₀₇ < a₆₀₈ < a₆₀₉ < a₆₁₀ < a₆₁₁ < a₆₁₂ < a₆₁₃ < a₆₁₄ < a₆₁₅ < a₆₁₆ < a₆₁₇ < a₆₁₈ < a₆₁₉ < a₆₂₀ < a₆₂₁ < a₆₂₂ < a₆₂₃ < a₆₂₄ < a₆₂₅ < a₆₂₆ < a₆₂₇ < a₆₂₈ < a₆₂₉ < a₆₃₀ < a₆₃₁ < a₆₃₂ < a₆₃₃ < a₆₃₄ < a₆₃₅ < a₆₃₆ < a₆₃₇ < a₆₃₈ < a₆₃₉ < a₆₄₀ < a₆₄₁ < a₆₄₂ < a₆₄₃ < a₆₄₄ < a₆₄₅ < a₆₄₆ < a₆₄₇ < a₆₄₈ < a₆₄₉ < a₆₅₀ < a₆₅₁ < a₆₅₂ < a₆₅₃ < a₆₅₄ < a₆₅₅ < a₆₅₆ < a₆₅₇ < a₆₅₈ < a₆₅₉ < a₆₆₀ < a₆₆₁ < a₆₆₂ < a₆₆₃ < a₆₆₄ < a₆₆₅ < a₆₆₆ < a₆₆₇ < a₆₆₈ < a₆₆₉ < a₆₇₀ < a₆₇₁ < a₆₇₂ < a₆₇₃ < a₆₇₄ < a₆₇₅ < a₆₇₆ < a₆₇₇ < a₆₇₈ < a₆₇₉ < a₆₈₀ < a₆₈₁ < a₆₈₂ < a₆₈₃ < a₆₈₄ < a₆₈₅ < a₆₈₆ < a₆₈₇ < a₆₈₈ < a₆₈₉ < a₆₉₀ < a₆₉₁ < a₆₉₂ < a₆₉₃ < a₆₉₄ < a₆₉₅ < a₆₉₆ < a₆₉₇ < a₆₉₈ < a₆₉₉ < a₇₀₀ < a₇₀₁ < a₇₀₂ < a₇₀₃ < a₇₀₄ < a₇₀₅ < a₇₀₆