



Alp Akoğlu - Çağlar Sunay

Hubble Yeniden İşbaşında

Hubble Uzay Teleskopu, Aralık 1999'daki başarılı tamir operasyonunun ardından, gözünü yeniden evrenin derinliklerine açtı. Hubble'ın yönünü belirlemesini sağlayan jiroskoplarında ve bazı elektronik donanımında yapılan yenilikler sayesinde, eskisine göre daha iyi bir görüntü kalitesi elde edildi.

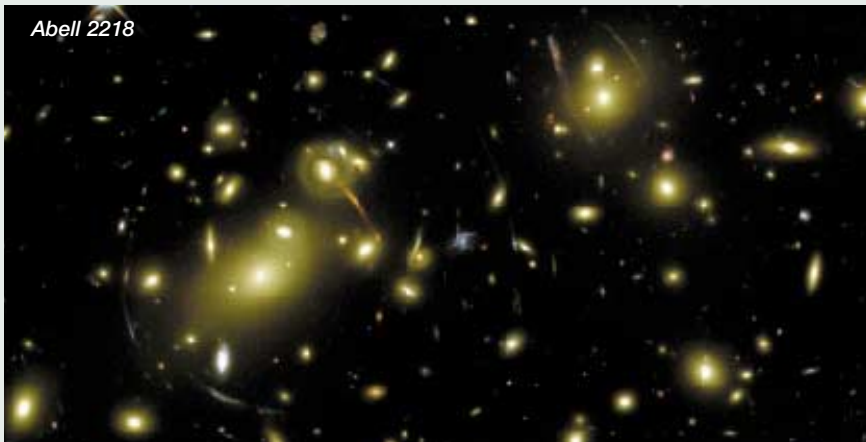
"Yeni" Hubble'ın ilk hedefi, Eskimo Bulutsusu olarak da bilinen (NGC 2392) gezegenimsi bulutsuydu. İkizler Takımyıldızı'nda yer alan bulutsunun uzaklığı yaklaşık 5000 ışık yılı. Bulutsu, yerdeki teleskoplardan bakıldığında, bir Eskimo'nun parkasının başlığına benziyor. Bu nedenle Eskimo adını almış. Bulutsunun ilginç yanı, yaklaşık 10 000 yıl önce dış katmanlarını uzaya savuran ortadaki yıldızın artıklarının bulutsunun çevresinde çok sayıda kuyruklu yıldız benzeri yapılar oluşturmuş olması. Yıldızın "rüzgârından" dolayı dışarı itilen madde bu biçimi almış.

Hubble'ın ikinci hedefi, Abell 2218 olarak adlandırılan büyük, kütleli bir gökada kümesiydi. Yaklaşık 2 milyar ışık yılı ötedeki küme, uzayda dev bir büyüteç gibi davranıyor. Önde yer alan gökadarlar, güçlü kütleçekimleri sayesinde, daha uzaktaki gökadarların ışığını büküyorlar. Hubble, daha önce de bu bölgenin görüntülerini çekmişti. Ancak, ilk defa bir kütleçekimsel merceğe ait renkli görüntüler elde edildi.

Görüntüdeki yay biçimli ışıklar, bu kümeden çok daha uzak (bu kümenin 5 ile 10 katı arası uzaklıkta) gökadarların bozulmuş görüntüleri. Bu gökadarlar, neredeyse evrenin "kenarında" yer alıyor. Yaşlarıysa ev-



Eskimo Bulutsusu



Abell 2218

renin yaşına yakın. Kütleçekimsel merceğin etkisi sayesinde, bu gökadalardan bize ulaşan ışığın miktarı önemli ölçüde artmış oluyor. Bu da bilim adamlarının onlar üzerinde daha rahat çalışabilmelerini sağlıyor. En azından, görüntünün renki oluşu, bu gökadalardaki yıldızların yaşları, uzaklıkları ve sıcaklıkları hakkında bilgiler sağlıyor.

Gökbilimciler, Abell 2218'in görüntüsünde, ilginç bir cisme rastladılar. Bilim adamlarına göre, bu cisim ya gökadamızın içinde bulunan çok soğuk bir cüce yıldız ya da, çok uzakta, kümenin kütleçekimsel merceğin etkisiyle büyütülmüş bir cisim. Bu cismin ne olduğunun anlaşılması için daha fazla gözlem yapılması gerekiyor.

<http://www.stsci.edu>

X-ışını Penceresinden Evren

Avrupa Uzay Ajansı'nın yaklaşık 10 yıllık emeğinin ürünü olan XMM-Newton uydusu, ilk ürünlerini vermeye başladı. Yeryüzünden 110 000 km yukarıdaki yörüngesinde dolanan dört tonluk uydu, Aralık 1999'da fırlatılmıştı.

XMM'nin ana görevi, gök cisimlerinden kaynaklanan X-ışınlarını incelemek. X-ışınları da, görünen ışık ve radyo dalgaları gibi elektromanyetik dalgalardır; ancak enerjisi onlara oranla çok daha yüksektir. Yüksek enerjili pek çok gök cisimi, X-ışını yayar. Ancak, atmosfer X-ışınlarına geçirgen olmadığından, bu tür gök cisimlerinin yerden gözlenmesi pek mümkün olmuyor.

Bu yeni teleskop, çok uzaktaki gök cisimlerini görüntüleyebildiği gibi, bu gök cisimlerinden gelen ışınım tayfını çok ayrıntılı olarak belirleyebiliyor. Yani, birbirine çok yakın renkleri ayırt eder gibi, çok yakın frekansları ayırt edebiliyor. XMM, X-ışınlarıyla birlikte, görünür ışık ve morötesi ışıktaki gözlem yapabiliyor. Bu değişik dalga boylarındaki gözlemler sonucu elde edilen görüntülerin bir araya getirilmesiyle gözlenen gök cisimlerinin geniş tayflı görüntüleri elde edilebilecek.

XMM, ilk gözlemlerinden birinde, Samanyolu'nun uydu gökadalara-rından biri olan 160 000 ışık yılı ötedeki Büyük Magellan Bulutu'ndaki Tarantula Bulutsusu'nun görüntülerini çekti. Tarantula Bulutsusu, gökbilimcilerin ilgisini çeken bir bulutsu. Bu-



rada, bir yandan kırmızı dev yıldızlar patlayarak yaşamlarını sona erdirirken, bir yandan da yeni yıldızlar oluşuyor. Buradaki patlamalar, tüm gökadamaya yeni yıldız oluşumu için madde sağlıyor. Bu madde, gezegenlerin oluşabilmesi için gerekli ağır elementleri içeriyor. XMM, ayrıca, bu bulutsuda sıcaklığı milyonlarca dereceyi bulan bölgeler keşfetti. Bu, büyük olasılıkla çok büyük bir süpernova patlaması geçirmiş bir yıldızın artakanı.

Uydunun bir başka gözlemiyse, ateşli bir dans yapan iki yıldızla ilgili. HR1099 olarak adlandırılan bu ikili, birbirinin çevresinde hızlıca dönüyor. Birbirlerine çok yakın olmaları nedeniyle, yıldızların manyetik alanları, yıldızların yüzeyinde büyük parlama-

lara yol açıyor. Bilim adamları, bu türden pek de alışılmış olmayan aktif yıldız sistemlerinin ayrıntılı incelenmesiyle, yıldız parlamalarının mekanizmasının daha iyi anlaşılacağını düşünüyorlar.

XMM-Newton'un gönderdiği görüntülerde, tüm gökyüzüne dağılmış bazı küçük X-ışını kaynaklarının olduğu görünüyor. Bu gizemli cisimlere, ilk kez geçen Ocak ayında NASA'nın Chandra uydusu rastlamıştı. Uzmanlar, teleskopun ince ayarlarının bitirilmesinden sonra bu cisimlere yönelmeyi düşünüyorlar. Ancak, gözlemler şimdiden, evrendeki X-ışını kaynağı sayısının sanılandan daha fazla olduğunu gösteriyor.

Nature, Science Update, 11 Şubat 2000

Güneş Sisteminin Sonu

Birçok bilim adamı Güneş sisteminin nasıl oluştuğuyla ilgilenirken, Fred Adams, daha çok onu nasıl bir sonun beklediğini bulmaya çalışıyor.

Önümüzdeki 5 milyar yıl içinde, yaşlanmakta olan yıldızımız, nükleer yakıtını tüketerek bir beyaz cüce haline gelecek. Michigan Üniversitesi'nde çalışmalarını sürdüren Adams, Güneş'in çökerek bir beyaz cüce olmasından daha önce, çok genişleyerek Dünya'yı ve öteki iç gezegenleri yutacağını söylüyor. Ancak, bundan 3,5 milyar yıl sonra, Dünya'nın zaten sıcaklıktaki değişimlere çok duyarlı olan biyoküresi Güneş'in genişleyip daha fazla ısıt-

ması nedeniyle yok olup gidecek. Bunlar, zaten bilinen gerçekler. Adams'ın asıl ilgilendiği, bu kötü son-dan bir kurtuluş yolunun olup olmadığı. Adams ve NASA'nın Ames Araştırma Laboratuvarı'ndan Gregory Laughlin, Dünya'nın bu durumdan kurtulma olasılığını hesapladılar. İki bilim adamı, Dünya'nın ve öteki gezegenlerin, bir gün yörüngelerinin yakınına gelebilecek ve onları yörüngelerinden çıkartabilecek bir yıldız olup olmadığını bulmaya çalıştılar. Adams ve Laughlin'in hesaplarına göre, 3,5 milyar yıl içinde, böyle bir yaklaşmanın meydana gelme olasılığı yüz binde bir.

Bir biçimde, Dünya Güneş'ten kurtulsa bile, okyanusların derinliklerindeki canlılar, yaşamlarını yaklaşık bir milyar yıl sürdürebilirler. Dünya'nın çekirdeği, okyanusların derinliklerinin donmadan uzunca bir süre sıvı halde kalmalarını sağlayabilecek ısıya sahip. Yine bu senaryoya göre, Dünya, eğer Güneş'in öfkesirden kurtulursa ve bir yıldız onu yakalamazsa, Güneş'siz geçen bir milyar yıldan sonra yüzeyindeki kalın buz katmanının altında sıvı bir okyanus bulunduğu düşünülen Jüpiter'in uydusu Europa'ya benzeyecek.

<http://www.eurekalert.com>

X-ışını Penceresinden Evren

Avrupa Uzay Ajansı'nın yaklaşık 10 yıllık emeğinin ürünü olan XMM-Newton uydusu, ilk ürünlerini vermeye başladı. Yeryüzünden 110 000 km yukarıdaki yörüngesinde dolanan dört tonluk uydu, Aralık 1999'da fırlatılmıştı.

XMM'nin ana görevi, gök cisimlerinden kaynaklanan X-ışınlarını incelemek. X-ışınları da, görünen ışık ve radyo dalgaları gibi elektromanyetik dalgalardır; ancak enerjisi onlara oranla çok daha yüksektir. Yüksek enerjili pek çok gök cismi, X-ışını yayar. Ancak, atmosfer X-ışınlarına geçirgen olmadığından, bu tür gök cisimlerinin yerden gözlenmesi pek mümkün olmuyor.

Bu yeni teleskop, çok uzaktaki gök cisimlerini görüntüleyebildiği gibi, bu gök cisimlerinden gelen ışınım tayfını çok ayrıntılı olarak belirleyebiliyor. Yani, birbirine çok yakın renkleri ayırt eder gibi, çok yakın frekansları ayırt edebiliyor. XMM, X-ışınlarıyla birlikte, görünür ışık ve morötesi ışıktaki gözlem yapabiliyor. Bu değişik dalga boylarındaki gözlemler sonucu elde edilen görüntülerin bir araya getirilmesiyle gözlenen gök cisimlerinin geniş tayflı görüntüleri elde edilebilecek.

XMM, ilk gözlemlerinden birinde, Samanyolu'nun uydu gökadalara-rından biri olan 160 000 ışık yılı ötedeki Büyük Magellan Bulutu'ndaki Tarantula Bulutsusu'nun görüntülerini çekti. Tarantula Bulutsusu, gökbilimcilerin ilgisini çeken bir bulutsu. Bu-



rada, bir yandan kırmızı dev yıldızlar patlayarak yaşamlarını sona erdirirken, bir yandan da yeni yıldızlar oluşuyor. Buradaki patlamalar, tüm gökadamaya yeni yıldız oluşumu için madde sağlıyor. Bu madde, gezegenlerin oluşabilmesi için gerekli ağır elementleri içeriyor. XMM, ayrıca, bu bulutsuda sıcaklığı milyonlarca dereceyi bulan bölgeler keşfetti. Bu, büyük olasılıkla çok büyük bir süpernova patlaması geçirmiş bir yıldızın artakanı.

Uydunun bir başka gözlemiyse, ateşli bir dans yapan iki yıldızla ilgili. HR1099 olarak adlandırılan bu ikili, birbirinin çevresinde hızlıca dönüyor. Birbirlerine çok yakın olmaları nedeniyle, yıldızların manyetik alanları, yıldızların yüzeyinde büyük parlama-

lara yol açıyor. Bilim adamları, bu türden pek de alışılmış olmayan aktif yıldız sistemlerinin ayrıntılı incelenmesiyle, yıldız parlamalarının mekanizmasının daha iyi anlaşılacağını düşünüyorlar.

XMM-Newton'un gönderdiği görüntülerde, tüm gökyüzüne dağılmış bazı küçük X-ışını kaynaklarının olduğu görünüyor. Bu gizemli cisimlere, ilk kez geçen Ocak ayında NASA'nın Chandra uydusu rastlamıştı. Uzmanlar, teleskopun ince ayarlarının bitirilmesinden sonra bu cisimlere yönelmeyi düşünüyorlar. Ancak, gözlemler şimdiden, evrendeki X-ışını kaynağı sayısının sanılandan daha fazla olduğunu gösteriyor.

Nature, Science Update, 11 Şubat 2000

Güneş Sisteminin Sonu

Birçok bilim adamı Güneş sisteminin nasıl oluştuğuyla ilgilenirken, Fred Adams, daha çok onu nasıl bir sonun beklediğini bulmaya çalışıyor.

Önümüzdeki 5 milyar yıl içinde, yaşlanmakta olan yıldızımız, nükleer yakıtını tüketerek bir beyaz cüce haline gelecek. Michigan Üniversitesi'nde çalışmalarını sürdüren Adams, Güneş'in çökerek bir beyaz cüce olmasından daha önce, çok genişleyerek Dünya'yı ve öteki iç gezegenleri yutacağını söylüyor. Ancak, bundan 3,5 milyar yıl sonra, Dünya'nın zaten sıcaklıktaki değişimlere çok duyarlı olan biyoküresi Güneş'in genişleyip daha fazla ısıt-

ması nedeniyle yok olup gidecek. Bunlar, zaten bilinen gerçekler. Adams'ın asıl ilgilendiği, bu kötü son-dan bir kurtuluş yolunun olup olmadığı. Adams ve NASA'nın Ames Araştırma Laboratuvarı'ndan Gregory Laughlin, Dünya'nın bu durumdan kurtulma olasılığını hesapladılar. İki bilim adamı, Dünya'nın ve öteki gezegenlerin, bir gün yörüngelerinin yakınına gelebilecek ve onları yörüngelerinden çıkartabilecek bir yıldız olup olmadığını bulmaya çalıştılar. Adams ve Laughlin'in hesaplarına göre, 3,5 milyar yıl içinde, böyle bir yaklaşmanın meydana gelme olasılığı yüz binde bir.

Bir biçimde, Dünya Güneş'ten kurtulsa bile, okyanusların derinliklerindeki canlılar, yaşamlarını yaklaşık bir milyar yıl sürdürebilirler. Dünya'nın çekirdeği, okyanusların derinliklerinin donmadan uzunca bir süre sıvı halde kalmalarını sağlayabilecek ısıya sahip. Yine bu senaryoya göre, Dünya, eğer Güneş'in öfkesirden kurtulursa ve bir yıldız onu yakalamazsa, Güneş'siz geçen bir milyar yıldan sonra yüzeyindeki kalın buz katmanının altında sıvı bir okyanus bulunduğu düşünülen Jüpiter'in uydusu Europa'ya benzeyecek.

<http://www.eurekalert.com>



NEAR, Aşk Tanrısıyla Buluştu

Güneş çevresindeki yörüngesi, Güneş'e 195 milyon kilometreden yakın olan asteroidlere Dünya'ya Yakın Asteroidler deniyor. Asteroidlerin büyük bir bölümü Mars ile Jüpiter arasındaki *asteroid kuşağı*nda yer alırlar. Bilim adamları Dünya'ya Yakın Asteroidler'in bu ana kuşaktan koparak yeni yörüngelerine oturduğunu düşünüyorlar. Bu asteroidler, Ay'dan sonra bize en yakın gök cisimleri. Bunlardan büyükçe ve bize yakın olanlardan birinin adı "Asteroid 433". Yörüngesi hesaplanan asteroidlerin 433'üncüsü olduğu için bu adı almış; ama Eros olarak da biliniyor.

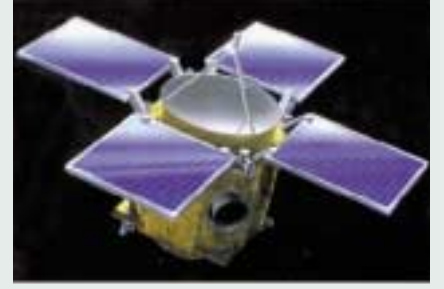
Dünya'ya Yakın Asteroidler'in çoğunun çapı 1 km dolayında. Eros, 33 km x 13 km x 13 km boyutlarında dönel elipsoidi (yer fıstığını) andıran görünümde bir asteroid.

NASA, 17 Şubat 1996'da Eros'un yörüngesine girmek üzere bir uzay aracı fırlattı. Bu uzay aracının adı NEAR (Near Earth Asteroid Rendezvous, Dünya'ya Yakın Asteroid Buluşması). Johns Hopkins Üniversitesi'nin Uygulamalı Fizik Laboratuvarları'nda, tasarlanıp üretilmesi 27 ay sürmüş. Yaklaşık dört yıllık bir yolculuktan sonra NEAR, 14 Şu-

bat 2000'de –sevgililer gününde– Eros'la (Yunan mitolojisinde aşk tanrısı) Dünya'dan 258 milyon kilometre ötede buluştu.

Güçlü ve pahalı bir roket kullanılsaydı gerçekte bu yolculuk yalnızca bir yıl sürebilirdi. Ama bilim adamları, yolculuk sırasında NEAR'ın Dünya'nın kütleçekim etkisinden yararlanarak hız kazanmasını planladılar. Böylece NEAR'ın uzaya fırlatılması çok daha küçük ve ucuz bir roketle gerçekleştirildi. Gerçekten de projede kullanılan roket, Delta-2, gezegenlerarası bir yolculuk için kullanılan en küçük roket. NEAR'ın, fırlatıldıktan iki yıl 327 gün sonra Eros'la buluşması planlanıyordu. Ne var ki 20 Aralık 1998'de NEAR'ı Eros'un yörüngesine sokma girişimi başarısızlıkla sonuçlandı. İkinci girişim, 14 Şubat'ta başarılı oldu ve bir uzay aracı ilk kez bir asteroidin yörüngesine girerek, onun uydusu oldu. Böylece bugüne değin asteroidlere yönelik yapılan en uzun erimli ve en yakın bilimsel araştırma da başlamış oldu. NEAR, bir yıl boyunca Eros'un çevresinde dönecek. İlk yörüngesi Eros'a 300 km uzak olan NEAR yörünge ayarlarını birkaç ayda tamamlayarak 50 km uzaktaki yeni yörüngesine geçecek. Bu yörüngede 125 gün kaldıktan sonra, 500 km uzaklığa varan değişik yörüngelerde dönecek. Uzay aracı Aralık 2000'de 35 km uzaktaki son yörüngesine inecek ve görevinin sonuna değin o yörüngede kalacak.

NEAR, NASA'nın "daha hızlı, daha iyi, daha ucuz" yaklaşımıyla başlattığı Güneş sistemine yönelik Keşif Programı'nın ilk projesi. Bu programın öteki iki projesi Mars Pathfinder ve Lunar Prospector'dı.



Bu projeler daha sonra başlamalarına karşın daha önce sona erdiler ve Mars ile Ay hakkında çok değerli bilgiler sağladılar. Bu program çerçevesindeki bir başka proje de Stardust. Şubat 1999'da fırlatılan uzay aracı ilk kez bir kuyruklu yıldızdan örnekler getirecek. NEAR projesinin ana amacı da Güneş çevresindeki yörüngeleri Dünya'ninkine yakın asteroid ve kuyruklu yıldızların yapısını ve kökenini ortaya çıkarmak. Çünkü bu gök cisimlerinden elde edilecek bilgiler Dünya'nın, Güneş sisteminin ve belki de evrenin oluşumuna ışık tutacak. NEAR'daki bilimsel aytılar, Eros'un kütlesini, jeolojik yapısını, içerdiği elementleri ve bunların oranlarını, kütleçekimini ve manyetik alanını inceleyecek. Böylece asteroidler, kuyruklu yıldızlar ve meteoroidler arasındaki ilişkiler ortaya çıkarılacak. Bu araştırmalarda kullanılmak üzere NEAR'da bir manyetometre, bir X-ışını/gama-ışını tayfölçer, bir yakın-kızılötesi tayfölçer, bir elektronik kamera ve bir lazer uzaklıkölçer bulunuyor. NEAR'ın görevi, Eros'un çevresinde bir yıl döndükten sonra, Şubat 2001'de sona erecek.

Keşif Programı'nın öteki projeleri arasında Genesis, CONTOUR, Deep Impact ve MESSENGER var. Ocak 2001'de fırlatılacak Genesis, Güneş rüzgârını inceleyecek. Haziran 2002'de fırlatılacak CONTOUR Dünya'ya yakın kuyruklu yıldızlardan örnekler getirecek. Ocak 2004'te fırlatılacak Deep Impact, Temmuz 2004'te *P/Tempel 1* kuyruklu yıldızına küçük bir sonda gönderecek. 2004 baharında fırlatılması düşünülen MESSENGER da Merkür'ü inceleyecek.

<http://www.nasa.gov>



Uzay Otel

RKK Enerjiya, özelleştirilmiş Rus şirketlerinden biri. Şirketin özelliği, Mir uzay istasyonunu kuran ve on dört yıldır işleten şirket olması. Çok önemli bilimsel teknolojik araştırmaların yapıldığı Mir, artık sık sık sorunların yaşandığı yaşlı bir uzay istasyonu oldu. İstasyona gidiş ve deneyler yapmak çok pahalı. RKK Enerjiya uzun zamandır bu pahalı işin altından kalkmıyor. Hatta istasyonu, bulunduğu yörüngede tutmak için gereken parayı bile temin edemiyor. Bu nedenle RKK Enerjiya, geçen ayın sonlarında, Amsterdam'daki MirCorp adlı şirkete Mir uzay istasyonunun ticari kullanım haklarını sattı. Aslında uzay istasyonu hâlâ Rusya'nın malı, işletmeden de yine RKK Enerjiya sorumlu. MirCorp ise istasyonun ticari işletmesini gerçekleştirecek.

Bu konuda akla ilk gelen, Mir'in zengin ve sağlıklı turistlerin gideceği bir uzay oteli haline dönüştürülmesi. Ancak Enerjiya'nın baştasarımcısı ve MirCorp'un genel sekreteri Yuri Semenov "Uzay ciddi bir konudur. Uzayda yolculuk etmek de bahçede yürüyüş yapmaya benzemez. Çok dikkatlice uyulması gereken kimi kurallar vardır. Uzay turistlerinin herşeyden



önce hem fiziksel hem de psikolojik olarak sağlıklı olmaları gerekir." diyor. Böyle bir yolculuk için zengin turistlerin ciddi ve uzun bir eğitimden geçmesi gerekiyor. İlk uzay otelinde kalmanın bedelinin ne olacağı daha saptanmış değil. Ancak 20-25 milyon dolar olacağı tahmin ediliyor. Bu, çok yüksek bir bedel olarak görünse de bu parayı verecek yüzlerce zengin olduğu da biliniyor.

MirCorp yöneticilerinin Mir için başka planları da var. Bu planların ba-

şında, Mir'in ilaç ve metal endüstrisinin önde gelen şirketlerine, Ar-Ge çalışmaları için, kiralanması geliyor. Bu alanlarda, mikroçekimde deney yapmak büyük önem taşıyor. Buna ek olarak, uzay istasyonu, uyduların bakım ve onarımlarının yapılacağı bir üs de olabilir.

Bu projeler yürütülürken Enerjiya da kendi bilimsel çalışmalarını yürütebilecek.

<http://news.bbc.co.uk>
<http://abcnews.go.com>

SETI@home 2,0 Sürümü

Dünya-dışı akıllı varlıkları "evden" arama projesi, Mayıs 1999'da bilgisayar kullanıcılarına sunulmuştu. O zamandan bu yana, inanılmaz işlemci gücü sağlandı. 1,7 milyonu aşan kullanıcı, bilgisayarlarını bu projeye biraz olsun katkıda bulunabilmek için kullanıyor. 22 Şubat'ın istatistiklerine göre, SETI@home programını çalıştıran bilgisayarların toplam analiz süresi 193 919 yıl. Yani, bu program, tek bir ortalama işlemci hızına sahip bir bilgisayarda çalıştırılıysa, bugüne kadar analiz edilmiş veriyi 193 919 yılda analiz edebilecekti. Ortalama bir işlemci hızına sahip bilgisayarın bir veri paketini analiz edip göndermesi yaklaşık 22 saat sürüyor. Ancak, hızla gelişen bilgisayar tek-

nolojisi sayesinde bu ortalama değer giderek düşüyor. 22 Şubat'a kadar analiz edilen veri paketi sayısı, 77 445 367.

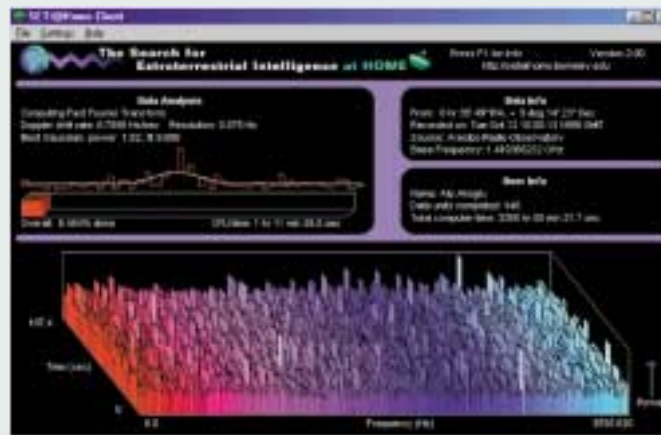
Veri analizinde, 843 069 kullanıcının gönderdiği toplam 44 359 274 paketle Amerika Birleşik Devletleri birinci sırada. ABD'yi, 124 529 kullanıcı-

cının gönderdiği 4 943 953 veri paketiyle Almanya izliyor. SETI@home'un Türkiye'de 5004 kullanıcısı var ve analiz edilen paket sayısı 63975. Türkiye, 224 ülke arasında 43. sırada.

Programın yeni sürümü, SETI@home 2.0, geçtiğimiz ay çıktı. Yeni sürüm, görünüşte bir önceki sürümden

pek farklı olmasa da, güvenlik bakımından biraz daha gelişmiş. Bu, yazılımı değiştirerek daha hızlı veri analizi yapmaya çalışan "hacker"lere karşı alınmış bir önlem daha çok.

Programı, <http://setiathome.ssl.berkeley.edu> adresinden getirerek bilgisayarınıza kurabilirsiniz. Yine bu adreste program hakkında ayrıntılı bilgi yer alıyor.



Uzay Otel

RKK Enerjiya, özelleştirilmiş Rus şirketlerinden biri. Şirketin özelliği, Mir uzay istasyonunu kuran ve on dört yıldır işleten şirket olması. Çok önemli bilimsel teknolojik araştırmaların yapıldığı Mir, artık sık sık sorunların yaşandığı yaşlı bir uzay istasyonu oldu. İstasyona gidiş ve deneyler yapmak çok pahalı. RKK Enerjiya uzun zamandır bu pahalı işin altından kalkmıyor. Hatta istasyonu, bulunduğu yörüngede tutmak için gereken parayı bile temin edemiyor. Bu nedenle RKK Enerjiya, geçen ayın sonlarında, Amsterdam'daki MirCorp adlı şirkete Mir uzay istasyonunun ticari kullanım haklarını sattı. Aslında uzay istasyonu hâlâ Rusya'nın malı, işletmeden de yine RKK Enerjiya sorumlu. MirCorp ise istasyonun ticari işletmesini gerçekleştirecek.

Bu konuda akla ilk gelen, Mir'in zengin ve sağlıklı turistlerin gideceği bir uzay oteli haline dönüştürülmesi. Ancak Enerjiya'nın baştasarımcısı ve MirCorp'un genel sekreteri Yuri Semenov "Uzay ciddi bir konudur. Uzayda yolculuk etmek de bahçede yürüyüş yapmaya benzemez. Çok dikkatlice uyulması gereken kimi kurallar vardır. Uzay turistlerinin herşeyden



önce hem fiziksel hem de psikolojik olarak sağlıklı olmaları gerekir." diyor. Böyle bir yolculuk için zengin turistlerin ciddi ve uzun bir eğitimden geçmesi gerekiyor. İlk uzay otelinde kalmanın bedelinin ne olacağı daha saptanmış değil. Ancak 20-25 milyon dolar olacağı tahmin ediliyor. Bu, çok yüksek bir bedel olarak görünse de bu parayı verecek yüzlerce zengin olduğu da biliniyor.

MirCorp yöneticilerinin Mir için başka planları da var. Bu planların ba-

şında, Mir'in ilaç ve metal endüstrisinin önde gelen şirketlerine, Ar-Ge çalışmaları için, kiralanması geliyor. Bu alanlarda, mikroçekimde deney yapmak büyük önem taşıyor. Buna ek olarak, uzay istasyonu, uyduların bakım ve onarımlarının yapılacağı bir üs de olabilir.

Bu projeler yürütülürken Enerjiya da kendi bilimsel çalışmalarını yürütebilecek.

<http://news.bbc.co.uk>
<http://abcnews.go.com>

SETI@home 2,0 Sürümü

Dünya-dışı akıllı varlıkları "evden" arama projesi, Mayıs 1999'da bilgisayar kullanıcılarına sunulmuştu. O zamandan bu yana, inanılmaz işlemci gücü sağlandı. 1,7 milyonu aşan kullanıcı, bilgisayarlarını bu projeye biraz olsun katkıda bulunabilmek için kullanıyor. 22 Şubat'ın istatistiklerine göre, SETI@home programını çalıştıran bilgisayarların toplam analiz süresi 193 919 yıl. Yani, bu program, tek bir ortalama işlemci hızına sahip bir bilgisayarda çalıştırılıysa, bugüne kadar analiz edilmiş veriyi 193 919 yılda analiz edebilecekti. Ortalama bir işlemci hızına sahip bilgisayarın bir veri paketini analiz edip göndermesi yaklaşık 22 saat sürüyor. Ancak, hızla gelişen bilgisayar tek-

nolojisi sayesinde bu ortalama değer giderek düşüyor. 22 Şubat'a kadar analiz edilen veri paketi sayısı, 77 445 367.

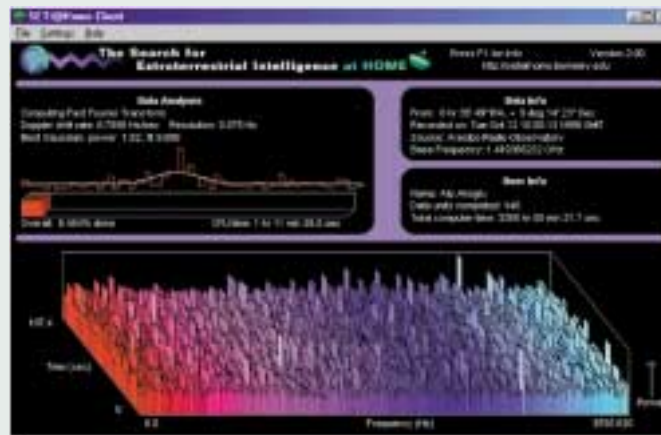
Veri analizinde, 843 069 kullanıcının gönderdiği toplam 44 359 274 paketle Amerika Birleşik Devletleri birinci sırada. ABD'yi, 124 529 kullanıcı-

cının gönderdiği 4 943 953 veri paketiyle Almanya izliyor. SETI@home'un Türkiye'de 5004 kullanıcısı var ve analiz edilen paket sayısı 63975. Türkiye, 224 ülke arasında 43. sırada.

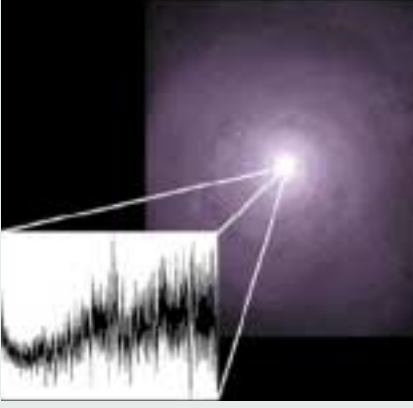
Programın yeni sürümü, SETI@home 2.0, geçtiğimiz ay çıktı. Yeni sürüm, görünüşte bir önceki sürümden

pek farklı olmasa da, güvenlik bakımından biraz daha gelişmiş. Bu, yazılımı değiştirerek daha hızlı veri analizi yapmaya çalışan "hacker"lere karşı alınmış bir önlem daha çok.

Programı, <http://setiathome.ssl.berkeley.edu> adresinden getirerek bilgisayarınıza kurabilirsiniz. Yine bu adreste program hakkında ayrıntılı bilgi yer alıyor.



Kozmik Barkod



Yukarıdaki görüntü, NGC 5548 adlı bir gökadayı ait. Grafikse, gökadanın merkezinde bulunan bir karadeliğin çevresindeki gazın X-ışını tayfı. Bu tayfölçümünün en önemli özelliği, şimdiye kadar bir X-ışını teleskopuyla yapılmış en duyarlı ölçüm olması. Bilim adamları bu görüntüyü, NASA'nın Chandra uydusuyla çektiler.

Tayftaki soğurma çizgileri, yani grafikteki düşmeler, belli dalgaboyundaki ışınımın soğurulduğunu gösteriyor. Soğurulan ışınımın kaynağı, karadeliğin çok yakınında çok yüksek hızlarla dönen, karadeliğe düşmeden önce son çırpınışlarını yapan madde. Bu ışınımı soğurursa, yine karadeliğin çevresinde dönen ancak merkeze biraz daha uzak gaz. Bu gazın bileşiminin ne olduğu, soğurma çizgilerine bakılarak söylenebiliyor. Çünkü, her element belli dalgaboyundaki ışınımı soğuruyor.

Karadeliğin çevresindeki gazın tayfına bakıldığında, soğurma çizgilerinin başta karbon, azot, oksijen, neon, magnezyum ve daha az miktarlarda bulunan silisyum, sodyum ve demir elementlerinden kaynaklandığı görülüyor. Tayf ayrıca, bu elementlerin ne derece iyonlaşmış olduğunu da gösteriyor.

Gökcisminden elde edilen tayfın, bu elementlerin elementlerin laboratuvar tayflarıyla karşılaştırılması sonucu, karadeliğin çevresindeki gazın saatte yaklaşık bir milyon km hızla ondan uzaklaştığı saptandı. Bu uzaklaşmanın nedeni, büyük olasılıkla karadeliğin yakınındaki gazdan kaynaklanan güçlü ışımanın yarattığı basınç.

NASA Haber Bülteni, 19 Şubat 2000

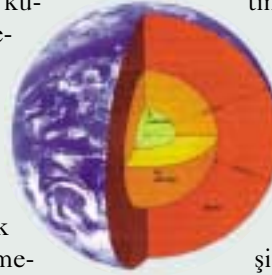
Jeodinamo

Dünya'nın ve öteki gezegenlerin manyetik alanlarının nasıl oluştuğu henüz pek açığa kavuşmuş değil. Bu konuda çeşitli varsayımlar var. Bunlardan en yaygını, gezegenlerin dev birer dinamo gibi davranarak kendi manyetik alanlarını oluşturdıkları yönünde. Öteki gezegenlerdeki durum Dünya'dakiyle benzerlik gösterse de, biraz daha gizemli. Çünkü, eldeki veriler, onların yakınından geçen uzay araçlarının gönderdikleriyle sınırlı. Nasıl çalıştıkları tam olarak anlaşılmamış olsa da dev gezegenlerin manyetik alanları ve bu alanın gezegenlerarası maddeyle etkileşime girerek oluşturduğu manyetosferleriyle ilgili bilgiler bu uzay araçları sayesinde elde edildi.

Dünya'nın manyetik alanının nasıl oluştuğu sorusunun yanıtı, onun derinliklerinde gizli. Dinamo kuramına göre her şey, gezegenin merkezindeki demir çekirdeğin hareketiyle oluyor. Dinamonun gerçekten çalışıp çalışmadığı bir tartışma konusu. Ancak, bunu gözlemek de zor. Doğrudan gözlenemese de bilim adamları, bu "jeodinamo"yu sanal ortamda yaratmayı başardılar.

Jeodinamonun ilk bilgisayar simülasyonunu, 1995'te Gary Glatzmaier yarattı. California Üniversitesi'nde yerbilimci olan Glatzmaier ve çalışma arkadaşları, simülasyonu o günden bu yana geliştirerek, Dünya'nın içinde neler olup bittiğini anlamada epeyce ilerlediler. Glatzmaier, son gelişmeleri, ABD Bilim Geliştirme Derneği'nin (American Association for Advancement of Science) yıllık toplantısında sundu.

Dünya'nın çok büyük oranda demir içeren çekirdeği iki ana katmandan oluşur. İçteki çekirdek, Ay büyüklüğünde; sıcaklığıysa Güneş'in yüzey sıcaklığı (6000°C) kadar. Bu çekirdeği saran katmansa sıvı. Glatzmaier'in modeline göre, dinamoyu çalıştıran şey Dünya'nın giderek soğuması. Bu, sıvı katmanlarda çevrinti hareketine (konveksiyon) yol açıyor. Bu da, iletken katmanın elektrik akımı üretmesini sağlıyor. Elektrik akımı, manyetik alan oluşturmak için yeterli.



Bu modelin bir amacı da Dünya'nın geçmişinde manyetik alanının yönünü neden sık sık değiştirdiğini açığa çıkarmak. Bilim adamları, Dünya'nın jeolojik tarihinde, manyetik alanın yönü ve şiddeti hakkındaki bilgiyi, kayaları tarihlendirerek bulabiliyorlar. Örneğin, bir milyon yıl önce katılaşmış bir kayanın içindeki manyetik özelliğe sahip minerallerin doğrultusu, bize o zamanki manyetik alanın yönünü söylüyor.

Model, ayrıca, Dünya'nın katı çekirdeğinin, gezegenin yüzeyinden daha hızlı döndüğünü de gösteriyor. Dönen sıvıların böyle bir özelliğinin olduğu zaten biliniyordu. Ancak bunun, simülasyon da olsa, Dünya'nın sıvı katmanı içinde geçerli olması, dinamo kuramını destekliyor. Kabuğun altında bu türden bir hareket olduğu, sismik incelemeler yapan yerbilimcilerce de doğrulanıyor.

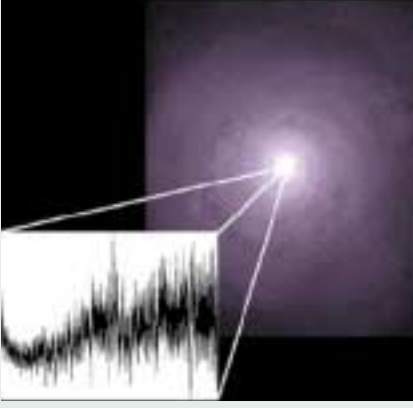
Beş yıldan uzunca bir süredir bu model üzerinde çalışan araştırmacılar, yaklaşık 300 000 yıllık değişimleri gösteren simülasyonlar yaptılar. Elde edilen sonuç, Dünya'nın jeolojik geçmişiyle karşılaştırıldığında, gayet tutarlı görülüyor. Bu simülasyonun da gösterdiği gibi, yaklaşık 200 000 yıl süresince manyetik alanın yönü değişmiyor; sonra bunu izleyen 1000 yıl içerisinde yön değiştiriyor; sonra yine 200 000 yıl böyle kalıyor.

Glatzmaier'e göre, manyetik alanın yön değiştirmesine, herhangi bir dış etken yol açmıyor. Yerin içindeki karmaşık yapı bunun tek nedeni. Araştırmacılar, bundan sonraki çalışmalarında, daha çok bu yön değiştirmenin mekanizmasını bulmaya çalışacaklar.

Oluşturulan bu model, manyetik alanlarla ilgili varolan pek çok soru işaretinin tümünü ortadan kaldırmasa da, gerçeğe çok yakın bir senaryo yaratılmasında çok yardımcı oluyor. Glatzmaier, programın geliştirilmesiyle ve gelişen bilgisayar teknolojisinin de yardımıyla, yakın gelecekte jeodinamonun gizeminin ortadan kalkacağına inanıyor.

<http://www.eurekalert.com>

Kozmik Barkod



Yukarıdaki görüntü, NGC 5548 adlı bir gökadayı ait. Grafikse, gökadanın merkezinde bulunan bir karadeliğin çevresindeki gazın X-ışını tayfı. Bu tayfölçümünün en önemli özelliği, şimdiye kadar bir X-ışını teleskopuyla yapılmış en duyarlı ölçüm olması. Bilim adamları bu görüntüyü, NASA'nın Chandra uydusuyla çektiler.

Tayftaki soğurma çizgileri, yani grafikteki düşmeler, belli dalgaboyundaki ışınımın soğurulduğunu gösteriyor. Soğurulan ışınımın kaynağı, karadeliğin çok yakınında çok yüksek hızlarla dönen, karadeliğe düşmeden önce son çırpınışlarını yapan madde. Bu ışınımı soğurursa, yine karadeliğin çevresinde dönen ancak merkeze biraz daha uzak gaz. Bu gazın bileşiminin ne olduğu, soğurma çizgilerine bakılarak söylenebiliyor. Çünkü, her element belli dalgaboyundaki ışınımı soğuruyor.

Karadeliğin çevresindeki gazın tayfına bakıldığında, soğurma çizgilerinin başta karbon, azot, oksijen, neon, magnezyum ve daha az miktarlarda bulunan silisyum, sodyum ve demir elementlerinden kaynaklandığı görülüyor. Tayf ayrıca, bu elementlerin ne derece iyonlaşmış olduğunu da gösteriyor.

Gökcisminden elde edilen tayfın, bu elementlerin elementlerin laboratuvar tayflarıyla karşılaştırılması sonucu, karadeliğin çevresindeki gazın saatte yaklaşık bir milyon km hızla ondan uzaklaştığı saptandı. Bu uzaklaşmanın nedeni, büyük olasılıkla karadeliğin yakınındaki gazdan kaynaklanan güçlü ışımanın yarattığı basınç.

NASA Haber Bülteni, 19 Şubat 2000

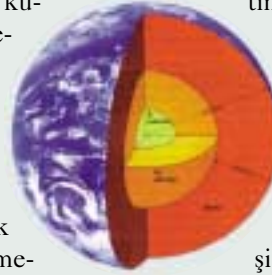
Jeodinamo

Dünya'nın ve öteki gezegenlerin manyetik alanlarının nasıl oluştuğu henüz pek açığa kavuşmuş değil. Bu konuda çeşitli varsayımlar var. Bunlardan en yaygını, gezegenlerin dev birer dinamo gibi davranarak kendi manyetik alanlarını oluşturdukları yönünde. Öteki gezegenlerdeki durum Dünya'dakiyle benzerlik gösterse de, biraz daha gizemli. Çünkü, eldeki veriler, onların yakınından geçen uzay araçlarının gönderdikleriyle sınırlı. Nasıl çalıştıkları tam olarak anlaşılmamış olsa da dev gezegenlerin manyetik alanları ve bu alanın gezegenlerarası maddeyle etkileşime girerek oluşturduğu manyetosferleriyle ilgili bilgiler bu uzay araçları sayesinde elde edildi.

Dünya'nın manyetik alanının nasıl oluştuğu sorusunun yanıtı, onun derinliklerinde gizli. Dinamo kuramına göre her şey, gezegenin merkezindeki demir çekirdeğin hareketiyle oluyor. Dinamonun gerçekten çalışıp çalışmadığı bir tartışma konusu. Ancak, bunu gözlemek de zor. Doğrudan gözlenemese de bilim adamları, bu "jeodinamo"yu sanal ortamda yaratmayı başardılar.

Jeodinamonun ilk bilgisayar simülasyonunu, 1995'te Gary Glatzmaier yarattı. California Üniversitesi'nde yerbilimci olan Glatzmaier ve çalışma arkadaşları, simülasyonu o günden bu yana geliştirerek, Dünya'nın içinde neler olup bittiğini anlamada epeyce ilerlediler. Glatzmaier, son gelişmeleri, ABD Bilim Geliştirme Derneği'nin (American Association for Advancement of Science) yıllık toplantısında sundu.

Dünya'nın çok büyük oranda demir içeren çekirdeği iki ana katmandan oluşur. İçteki çekirdek, Ay büyüklüğünde; sıcaklığıysa Güneş'in yüzey sıcaklığı (6000°C) kadar. Bu çekirdeği saran katmansa sıvı. Glatzmaier'in modeline göre, dinamoyu çalıştıran şey Dünya'nın giderek soğuması. Bu, sıvı katmanlarda çevrinti hareketine (konveksiyon) yol açıyor. Bu da, iletken katmanın elektrik akımı üretmesini sağlıyor. Elektrik akımı, manyetik alan oluşturmak için yeterli.



Bu modelin bir amacı da Dünya'nın geçmişinde manyetik alanının yönünü neden sık sık değiştirdiğini açığa çıkarmak. Bilim adamları, Dünya'nın jeolojik tarihinde, manyetik alanın yönü ve şiddeti hakkındaki bilgiyi, kayaları tarihlendirerek bulabiliyorlar. Örneğin, bir milyon yıl önce katılaşmış bir kayanın içindeki manyetik özelliğe sahip minerallerin doğrultusu, bize o zamanki manyetik alanın yönünü söylüyor.

Model, ayrıca, Dünya'nın katı çekirdeğinin, gezegenin yüzeyinden daha hızlı döndüğünü de gösteriyor. Dönen sıvıların böyle bir özelliğinin olduğu zaten biliniyordu. Ancak bunun, simülasyon da olsa, Dünya'nın sıvı katmanı içinde geçerli olması, dinamo kuramını destekliyor. Kabuğun altında bu türden bir hareket olduğu, sismik incelemeler yapan yerbilimcilerce de doğrulanıyor.

Beş yıldan uzunca bir süredir bu model üzerinde çalışan araştırmacılar, yaklaşık 300 000 yıllık değişimleri gösteren simülasyonlar yaptılar. Elde edilen sonuç, Dünya'nın jeolojik geçmişiyle karşılaştırıldığında, gayet tutarlı görülüyor. Bu simülasyonun da gösterdiği gibi, yaklaşık 200 000 yıl süresince manyetik alanın yönü değişmiyor; sonra bunu izleyen 1000 yıl içerisinde yön değiştiriyor; sonra yine 200 000 yıl böyle kalıyor.

Glatzmaier'e göre, manyetik alanın yön değiştirmesine, herhangi bir dış etken yol açmıyor. Yerin içindeki karmaşık yapı bunun tek nedeni. Araştırmacılar, bundan sonraki çalışmalarında, daha çok bu yön değiştirmenin mekanizmasını bulmaya çalışacaklar.

Oluşturulan bu model, manyetik alanlarla ilgili varolan pek çok soru işaretinin tümünü ortadan kaldırmasa da, gerçeğe çok yakın bir senaryo yaratılmasında çok yardımcı oluyor. Glatzmaier, programın geliştirilmesiyle ve gelişen bilgisayar teknolojisinin de yardımıyla, yakın gelecekte jeodinamonun gizeminin ortadan kalkacağına inanıyor.

<http://www.eurekalert.com>

Süper Yanardağlar

Küresel ısınma bu yüzyılda insanlığın karşı karşıya geleceği en büyük sorunlar arasında sayılıyor. Ne var ki hakkında çok az şey bilinen bir başka doğal felaket, belki de küresel ısınmadan daha ciddi bir sorun olarak karşımıza çıkacak. Bu da bir süper yanardağın eninde sonunda faaliyete geçmesi olasılığı. Yerbilimciler böyle bir olasılıktak söz ediyorlar. Kuşkusuz böyle bir durumda Dünya'nın o bölgesindeki sıcaklıkta ve belki de küresel sıcaklıkta da önemli bir yükselme olabilir.

ABD'deki Yellowstone Ulusal Parkı'nda yapılan bir söyleşide Yellowstone'un böyle bir patlama için geç bile kalmış olduğu bildirildi. Tarihsel kayıtlar Yellowstone'un, her 600 000 yılda bir etkin duruma geçmiş olduğunu ortaya koyuyor; en son olarak da 640 000 yıl önce patlamış. Londra'daki Berfield Greig Afet Araştırma Merkezi'nden Prof. Bill McGuire "Uydularla ölçülen yüzey deformasyonları ve başka işaretler bölgenin hâlâ etkin olduğunu ortaya koyuyor. Yeni bir patlama için hazırlık yapıyoruz" diyor.

Süper yanardağlar gerçekte dağ biçiminde değil; büyük çöküntüler biçiminde oluyorlar. Bunlar, *kaldera* denen çökmüş dev kraterler. Saptanmaları da zor.

Yellowstone kalderası 10 km boyunda ve 30 km eninde. Yüzeyinin

sekiz kilometre altında da dev bir magma odası bulunuyor. Magma odasındaki basınç arttıkça, yüzey yükseliyor ve ölçülebilir bir sıcaklık artışı oluyor. Ancak yanardağbilimciler Yellowstone'un ne zaman patlayacağını tam olarak bilemiyorlar.

Kıyamet! Küresel Afetlerin Doğa Tarihi adlı kitabın yazarı McGuire, Yellowstone'da olası bir patlamanın 2074'te olabileceğini ileri sürüyor. Son iki milyon yıl içerisinde her 100 000 yılda böyle iki olay olmuş.

Süper yanardağların bulunması olası bölgeler genellikle güneydoğu Asya gibi, kıta plakalarından birinin bir başkasının altına girdiği bölgeler. Ancak ilginçtir ki güney İtalya'da Napoli dolaylarında da bir kaldera bulunuyor. Londra Yerbilim Derneği'nden Dr. Ted Nield "Yellowstone'un bir benzeri daha küçük ölçekte orada da olabilir" diyor.

"Bir süper yanardağın patlaması, sıradan bir yanardağ patlamasından 10-100 kez daha etkili oluyor. Dünya'ya çarpan bir göktaşının kine eşdeğer bir enerji ortaya çıkıyor. Dünya'ya gelmekte olan bir göktaşının



Hawaii'de 1800'lerde oluşmuş, Halema'uma'u kalderasının içindeki 1 km çapında ve 85 m derinliğindeki krater.

rotasını değiştirebilirsiniz; ancak bir süper yanardağ için yapabileceğiniz hiçbir şey yok. Patlama sırasında binlerce kilometreküp kaya, kül, toz, kükürt dioksit ve başka birçok gaz atmosferin üst tabakalarına fırlatılır. Orada, Dünya'ya gelen güneş ışınlarını yansıtan bir tabaka oluşur. Böylece Dünya'nın yüzey sıcaklığı da düşer; tıpkı nükleer kışta olduğu gibi. Bu etkiler 4-5 yıl sürebilir; tarım ürünleri ölür ve tüm ekosistem çöker. diyor McGuire.

Buz kayıtları, Sumatra'daki Toba yanardağının 74 000 yıl önceki patlamasının 3-5°C'lik bir küresel soğumaya yol açtığını gösteriyor.

Sıradan yanardağ etkinliklerinin bile iklim üzerinde etkileri olabiliyor. Endonezya'daki Toba yanardağı 1815'te patladığında birkaç yıl boyunca Dünya'da yüzey sıcaklığı bir derece kadar düşmüştü.

<http://news.bbc.co.uk>

Mayın Temizlemede Yeni Yöntem

Dünyanın değişik bölgelerinde 120 milyon dolayında kara mayını gömülü. Yalnızca 1997'de bir milyon yeni mayın gömüldü. Aynı yıl temizlenen mayın sayısıysa 100 000. Bugünkü temizleme hızıyla gidilirse Hırvatistan'ın mayınlardan arındırılması 690 yıl alacak. Mayınlardan kurtulmak için öncelikle güvenli ve hızlı bir tarama yöntemi geliştirmek gerekiyor.

ABD Deniz Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarları'nda yeni bir mayın tarama aygıtı geliştirildi. Metal detektörlerine göre



çok daha hızlı bir tarama yapan aygıtın verimi % 100. Yeni aygıtla yapılan ilk denemelerde, küçük bir alandaki mayınlar metal detektörlerine göre 30 kat daha hızlı temizlendi.

Günümüz mayınları çok az metal içerdikleri için metal detektörlerinin çok duyarlı olması gerekiyor. Ancak o zaman da tarama yapılan alandaki metal parçaları yanlış alarmlara yol açıyor. Alarmin yanlış olduğunun anlaşılması için de en az on dakika geçiyor. Geliştirilen yeni yöntemde mayınların yerinin saptanmasında radyo dalgalarından yarar-

lanılıyor. Bu yöntem gerçekte manyetik görüntüleme yöntemine benziyor. Sinyalleri algılamak için bir miknas yerine radyo dalgaları kullanılıyor. Bu yöntemle, tarama sırasında yanlış alarmların ortaya çıkması önlenmiş oluyor.

Araştırmaya 10 milyon dolar ayrılan ABD Gelişmiş Savunma Araştırma Projeleri Ajansı'ndan bir yetkili, yeni aygıtın elde taşınabilir modelinin yanı sıra, araçlara takılabilen bir modelinin de geliştirildiğini açıkladı. Böylesine güvenli ve verimli bir mayın temizleme aygıtının fiyatı daha belli değil; ama 10-20 bin dolar olacağı tahmin ediliyor.

<http://news.bbc.co.uk>

Süper Yanardağlar

Küresel ısınma bu yüzyılda insanlığın karşı karşıya geleceği en büyük sorunlar arasında sayılıyor. Ne var ki hakkında çok az şey bilinen bir başka doğal felaket, belki de küresel ısınmadan daha ciddi bir sorun olarak karşımıza çıkacak. Bu da bir süper yanardağın eninde sonunda faaliyete geçmesi olasılığı. Yerbilimciler böyle bir olasılıktak söz ediyorlar. Kuşkusuz böyle bir durumda Dünya'nın o bölgesindeki sıcaklıkta ve belki de küresel sıcaklıkta da önemli bir yükselme olabilir.

ABD'deki Yellowstone Ulusal Parkı'nda yapılan bir söyleşide Yellowstone'un böyle bir patlama için geç bile kalmış olduğu bildirildi. Tarihsel kayıtlar Yellowstone'un, her 600 000 yılda bir etkin duruma geçmiş olduğunu ortaya koyuyor; en son olarak da 640 000 yıl önce patlamış. Londra'daki Berfield Greig Afet Araştırma Merkezi'nden Prof. Bill McGuire "Uydularla ölçülen yüzey deformasyonları ve başka işaretler bölgenin hâlâ etkin olduğunu ortaya koyuyor. Yeni bir patlama için hazırlık yapıyoruz" diyor.

Süper yanardağlar gerçekte dağ biçiminde değil; büyük çöküntüler biçiminde oluyorlar. Bunlar, *kaldera* denen çökmüş dev kraterler. Saptanmaları da zor.

Yellowstone kalderası 10 km boyunda ve 30 km eninde. Yüzeyinin

sekiz kilometre altında da dev bir magma odası bulunuyor. Magma odasındaki basınç arttıkça, yüzey yükseliyor ve ölçülebilir bir sıcaklık artışı oluyor. Ancak yanardağbilimciler Yellowstone'un ne zaman patlayacağını tam olarak bilemiyorlar.

Kıyamet! Küresel Afetlerin Doğa Tarihi adlı kitabın yazarı McGuire, Yellowstone'da olası bir patlamanın 2074'te olabileceğini ileri sürüyor. Son iki milyon yıl içerisinde her 100 000 yılda böyle iki olay olmuş.

Süper yanardağların bulunması olası bölgeler genellikle güneydoğu Asya gibi, kıta plakalarından birinin bir başkasının altına girdiği bölgeler. Ancak ilginçtir ki güney İtalya'da Napoli dolaylarında da bir kaldera bulunuyor. Londra Yerbilim Derneği'nden Dr. Ted Nield "Yellowstone'un bir benzeri daha küçük ölçekte orada da olabilir" diyor.

"Bir süper yanardağın patlaması, sıradan bir yanardağ patlamasından 10-100 kez daha etkili oluyor. Dünya'ya çarpan bir göktaşının kine eşdeğer bir enerji ortaya çıkıyor. Dünya'ya gelmekte olan bir göktaşının



Hawaii'de 1800'lerde oluşmuş, Halema'uma'u kalderasının içindeki 1 km çapında ve 85 m derinliğindeki krater.

rotasını değiştirebilirsiniz; ancak bir süper yanardağ için yapabileceğiniz hiçbir şey yok. Patlama sırasında binlerce kilometreküp kaya, kül, toz, kükürt dioksit ve başka birçok gaz atmosferin üst tabakalarına fırlatılır. Orada, Dünya'ya gelen güneş ışınlarını yansıtan bir tabaka oluşur. Böylece Dünya'nın yüzey sıcaklığı da düşer; tıpkı nükleer kışta olduğu gibi. Bu etkiler 4-5 yıl sürebilir; tarım ürünleri ölür ve tüm ekosistem çöker. diyor McGuire.

Buz kayıtları, Sumatra'daki Toba yanardağının 74 000 yıl önceki patlamasının 3-5°C'lik bir küresel soğumaya yol açtığını gösteriyor.

Sıradan yanardağ etkinliklerinin bile iklim üzerinde etkileri olabiliyor. Endonezya'daki Toba yanardağı 1815'te patladığında birkaç yıl boyunca Dünya'da yüzey sıcaklığı bir derece kadar düşmüştü.

<http://news.bbc.co.uk>

Mayın Temizlemede Yeni Yöntem

Dünyanın değişik bölgelerinde 120 milyon dolayında kara mayını gömülü. Yalnızca 1997'de bir milyon yeni mayın gömüldü. Aynı yıl temizlenen mayın sayısıysa 100 000. Bugünkü temizleme hızıyla gidilirse Hırvatistan'ın mayınlardan arındırılması 690 yıl alacak. Mayınlardan kurtulmak için öncelikle güvenli ve hızlı bir tarama yöntemi geliştirmek gerekiyor.

ABD Deniz Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarları'nda yeni bir mayın tarama aygıtı geliştirildi. Metal detektörlerine göre



çok daha hızlı bir tarama yapan aygıtın verimi % 100. Yeni aygıtlarla yapılan ilk denemelerde, küçük bir alandaki mayınlar metal detektörlerine göre 30 kat daha hızlı temizlendi.

Günümüz mayınları çok az metal içerdikleri için metal detektörlerinin çok duyarlı olması gerekiyor. Ancak o zaman da tarama yapılan alandaki metal parçaları yanlış alarmlara yol açıyor. Alarmin yanlış olduğunun anlaşılması için de en az on dakika geçiyor. Geliştirilen yeni yöntemde mayınların yerinin saptanmasında radyo dalgalarından yarar-

lanılıyor. Bu yöntem gerçekte manyetik görüntüleme yöntemine benziyor. Sinyalleri algılamak için bir miknas yerine radyo dalgaları kullanılıyor. Bu yöntemle, tarama sırasında yanlış alarmların ortaya çıkması önlenmiş oluyor.

Araştırmaya 10 milyon dolar ayrılan ABD Gelişmiş Savunma Araştırma Projeleri Ajansı'ndan bir yetkili, yeni aygıtın elde taşınabilir modelinin yanı sıra, araçlara takılabilen bir modelinin de geliştirildiğini açıkladı. Böylesine güvenli ve verimli bir mayın temizleme aygıtının fiyatı daha belli değil; ama 10-20 bin dolar olacağı tahmin ediliyor.

<http://news.bbc.co.uk>

Hafif, Çevre Dostu ve Akıllı Otomobiller

Yakın bir gelecekte otomobiller, bugünkülere göre hem daha hafif, daha verimli, hem de çevre dostu ve “akıllı” olacaklar. Otomobil üreticileri ömrü tükendiğinde, yeniden kullanılabilir parçalardan oluşan doğa dostu otomobiller üretmeyi planlıyorlar. Bunun için hem alüminyum gibi, bilinen ve kullanılan, malzemeler, hem de pek bilinmeyen doğal fiberler gibi malzemeler üzerinde araştırma geliştirme çalışmaları yapıyor. Dünyanın önde gelen otomobil şirketleri 1993'te Yeni Kuşak Araçlar İçin İşbirliği adlı bir birlik oluşturdular. Bu birliğin amacı günümüz otomobillerinden daha hafif, daha sağlam ve yakıt tüketimi açısından da üç kat daha verimli araçlar üretmek. Daimler Chrysler, Ford ve General Motors şirketleri üniversitelerle, laboratuvarlarla ve yan sanayi kuruluşlarıyla birlikte çalışarak günümüz otomobillerinin ağırlıklarını % 40 oranında azaltmaya çalışıyorlar. Eğer bunu başarabilirlerse yakıt tüketimini de üçte birine düşürebilirler. Böylece bir litre benzinle 30 km'den fazla gidilebilecek.

Üç büyük üretici, yakıt tüketimini bu düzeye indirebilmek için gaz ve benzinle çalışan melez araçlardan, yakıt pili kullanan elektrikli araçlara kadar birçok yeni model üzerinde denemeler yapıyorlar. Bu çalışmaların ilk ürünlerinden biri Audi A12. Audi A12, verimliliği yüksek ve hafif bir otomobil; geçen yaz New York Modern Sanatlar Müzesi'nde sergilendi. Bu yeni tasarımda, çelik iskelet yerine alüminyum iskelet kullanılmış, otomobilin tavanı da saydam plastikten yapılmıştı. Böylece çok hafif bir otomobil çıkmıştı ortaya. Normalde 1060 kg gelen araç, 250 kg hafifleyerek 810 kg'ye düşmüştü. Güç ve çarpışma testlerinin sonuçları da çelik kasalı otomobillerinkilerden hiç de aşağı kalmıyordu.

Otomobil üreticileri, hafif ve yüksek yakıt verimliliğine sahip otomobillerin yanı sıra, kontrolü sürücüyle paylaşan ve kaza oranlarını çok düşürecek, “akıllı” otomobiller de üretmeyi amaçlıyorlar. Bu da otomobil üreticileriyle yonga üreticilerini birbirine yaklaştırıyor. Çünkü otomobil kullanımında köklü değişiklikler ancak yonga teknolojisindeki hızlı ve büyük ilerlemeler sayesinde gerçekleşebilir.

Geçen ay düzenlenen Uluslararası Katı-Hal Devreleri Konferansı'nın açılışını, Toyota'nın üst düzey yöneticilerinden Naoki Noda yaptı. Konferansa, yongalar üzerine çalışan 2500 dolayında



mühendis katılmıştı. Noda konuşmasında, mühendislere “On yıl içinde otomobiller yalnız yeni yakıtlar kullanmakla kalmayacak aynı zamanda bilgisayar sistemleriyle de donatılmış olacak. Otomobillerdeki bilgisayar sistemleri sayesinde kaza durumlarında sürücüler uyarılacak, hatta otoyolda giderken sürücüler kısa bir şekerleme bile yapabilecekler. Bütün bunlar, abartılı sözler gibi gelebilir; ama değil. Çünkü birkaç yıl içinde, otomobilin evrimindeki en büyük teknolojik reformlar gerçekleştirilecek” dedi.

Noda, günümüzün ABS fren sistemleriyle donatılmış otomobillerinin aşamalı olarak tam otomatik araçlara dönüşeceğini söyledi. Ona göre bu yeni araçlar, can güvenliği açısından şaşırtıcı teknolojik yeniliklerle dolu, çok az yakıt tüketen ve düşük

oranda çevre kirliliğine yol açan otomobiller olacak. Önümüzdeki on yıl içinde günümüz motorları, hem gaz hem de elektrikle çalışan melez motorlara dönüşecek; sonunda da otomobiller yalnızca yakıt pilleriyle çalışacak. Ama tüm bu köklü değişiklikler için, otomobillerde, sıradan bir bilgisayarda kullanılanın yaklaşık on katı yonga kullanılacak. Bu yüzden de otomobillerin elektrik tüketimi üç kat artacak. Tüm bunların gerçekleşebilmesi için de yonga üreticileriyle otomobil üreticilerin daha sıkı bir işbirliğine gitmesi gerekiyor kuşkusuz.

Noda konuşmasında sürücüyü, daha iyi bir sürücü yapan akıllı bir “sürücü yardımcısı” sistemin ana hatlarını da çizdi. Örneğin, akıllı bir sürme sistemi, virajı almakta olan bir sürücüye o anki hızın savrulmaya yol açabileceği uyarısını yapacak. Eğer sürücü otomobilin kontrolünü kaybederse, sistem otomatik olarak gazı kesecek ve tekerleklerden birini durdurarak savrulmayı önleyecek. “Uyumlu seyir kontrol” sistemi de otomobilin hızını ve önündeki araçtan olan uzaklığını sürekli izliyor.

Otomobiller artık kontrolü (tıpkı uçaklarda olduğu gibi) sürücüyle paylaşan otomatik kontrollü bir araç olmaya doğru gidiyor. Park etmeye çalışan otomobillerde eğer araç yandaki otomobile ya da duvara çarpacak gibi olursa gaz otomatik olarak kesilecek ve frenler devreye girip otomobili durduracak. Böylece, sürücü dikkatsizliğinden kaynaklanan bu tür pek çok küçük kazanın önüne geçilecek.

Noda bunların yanı sıra trafik kontrol altyapısında da köklü değişimler olacağını öngörüyor; akıllı trafik ışıkları, yol kenarlarındaki FM vericiler, otomobillerle haberleşen GPS uydu sistemleri vb. Japonya ve Hong Kong'da akıllı trafik sistemlerinin prototiplerinin denenmekte olduğunu da ekliyor, Noda.

<http://wired.com/news/technology>

Mikroorganizmalar Elektrik Üretiyor

Yakın bir gelecekte deniz tabanlarında yaşayan mikroorganizmalar belki de sınırsız bir elektrik enerjisi kaynağı olarak kullanılabilir.

Deniz suyunda ya da tabanında yaşayan küçük canlılar organik maddeleri parçalamak için oksijeni kullanıyorlar. Bu işlem sırasında da enerji açığa çıkıyor. Tabanın hemen altındaki tortu tabakasında oksijen bulunmuyor. Buralarda yaşayan küçük deniz canlıları da aynı işlem için oksijen yerine nitratları ya da sülfat-

ları kullanıyorlar. Deniz dibindeki bu iki farklı tabaka da canlıların yiyeceklerini farklı tepkimelerle parçalaması, bu iki bölge arasında elektriksel olarak bir potansiyel farkı yaratıyor. Bu durum tıpkı bir pilin iki elektrodu arasında gerilim oluşmasına benzetilebilir.

Corvallis'teki Oregon Eyalet University'den Clare Reimers ve Washington'daki Deniz Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarı'ndan Leonard Tender, bu durumdan yararlanıp hemen hemen sınırsız bir elektrik enerjisi kaynağı elde etmeyi düşünüyorlar. Bunun için laboratuvarında basit bir düzene kurmuşlar. Bu düzeneğin eksi yüklü elektrodu, 10 cm derinliğe gömülmüş. Artı yüklü elektrod da hemen tortunun yüzeyine konmuş. Elektrodlardan çıkan kablolar bağlandığı-



da, metrekare başına 0,03 watt'lık bir elektriksel güç elde edilmiş. Bu, küçük bir LED'in (Light Emitting Diode-ışık saçan diyot) çalışması için yeterli bir güç.

Araştırmacılar, elde edilen bu elektriği attırmaya çalışıyor. Bahar aylarında, dalgıçlar laboratuvarındaki basit aygıtın daha büyük boyutlardaki bir benzerini okyanus tabanına yerleştirecekler.

New Scientist, 5 Şubat 2000

Minik Makineler

Ünlü bilimkurgu yazarı Isaac Asimov'un yazdığı romanlardan biri, 1966'da "Şaşırtıcı Yolculuk" adıyla filme çekilmişti. Roman, ölmek üzere olan bir adamın yaşamını kurtarmak için, bir denizaltının küçültülerek adamın damarlarına şırınga edilmesini konu almıştı. ABD'nin Massachusetts eyaletinin Worcester kentinde bir grup bilim adamı, tıpkı Şaşırtıcı Yolculuk'taki kadar küçük makineler

geliştirmeye çalışıyorlar. Üzerinde çalıştıkları bu küçük makinelerin yapacakları işler çok önemli ve büyük işler. Ekibin geliştirmeyi planladığı makinelerden biri, Şaşırtıcı Yolculuk'taki denizaltının bir benzeri; insanın kan damarları boyunca ilerleyerek tıkanık olan damarı bulacak ve o damarı açacak bir makine. Açma işlemini tamamlayan minik makine kendini kapatacak ve öteki atıklarla birlikte vücuttan atılacak.

Bu tür çok küçük makineler üzerinde çalışılan alana nanoteknoloji deniyor. Nanoteknoloji ürünü onlarca farklı makine, bu yüzyılda hava yastıklarından, su arıtmaya, cerrahiden bilgisayar güvenliğine değin birçok alanda insanların yaşamını kolaylaştıracak.

<http://www.wpi.edu/News/Releases/>



Değişim Rüzgârları



1999 yılı içinde Avrupa'da rüzgâr türbinleriyle üretilen elektriğin miktarı, önceki yıla göre % 30 arttı. Bu artış rüzgâr enerjisi endüstrisinin bile tahmin ettiği hedeflerin üzerindeydi. Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği, rüzgâr gücüyle elde edilen elektriksel gücün 8900 MW'ı aştığını söylüyor. Bu sayı beklenenden 900 MW

daha fazla. Bu artışın temel nedeni Almanya, İspanya, Danimarka, Hollanda ve İtalya'da rüzgâr gücünden yararlanarak elektrik üretiminin yaygınlaşması. Birlik, 2020 yılı hedeflerinin 100 000 MW olduğunu söylüyor. Bu miktar da 2020'de Avrupa'da elektriğin % 10'unun rüzgârdan elde edilmesi anlamına geliyor.

New Scientist, 5 Şubat 2000

Mikroorganizmalar Elektrik Üretiyor

Yakın bir gelecekte deniz tabanlarında yaşayan mikroorganizmalar belki de sınırsız bir elektrik enerjisi kaynağı olarak kullanılabilir.

Deniz suyunda ya da tabanında yaşayan küçük canlılar organik maddeleri parçalamak için oksijeni kullanıyorlar. Bu işlem sırasında da enerji açığa çıkıyor. Tabanın hemen altındaki tortu tabakasında oksijen bulunmuyor. Buralarda yaşayan küçük deniz canlıları da aynı işlem için oksijen yerine nitratları ya da sülfat-

ları kullanıyorlar. Deniz dibindeki bu iki farklı tabaka da canlıların yiyeceklerini farklı tepkimelerle parçalaması, bu iki bölge arasında elektriksel olarak bir potansiyel farkı yaratıyor. Bu durum tıpkı bir pilin iki elektrodu arasında gerilim oluşmasına benzetilebilir.

Corvallis'teki Oregon Eyalet University'den Clare Reimers ve Washington'daki Deniz Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarı'ndan Leonard Tender, bu durumdan yararlanıp hemen hemen sınırsız bir elektrik enerjisi kaynağı elde etmeyi düşünüyorlar. Bunun için laboratuvarında basit bir düzene kurmuşlar. Bu düzeneğin eksi yüklü elektrodu, 10 cm derinliğe gömülmüş. Artı yüklü elektrod da hemen tortunun yüzeyine konmuş. Elektrodlardan çıkan kablolar bağlandığı-



da, metrekare başına 0,03 watt'lık bir elektriksel güç elde edilmiş. Bu, küçük bir LED'in (Light Emitting Diode-ışık saçan diyot) çalışması için yeterli bir güç.

Araştırmacılar, elde edilen bu elektriği attırmaya çalışıyor. Bahar aylarında, dalgıçlar laboratuvarındaki basit aygıtın daha büyük boyutlardaki bir benzerini okyanus tabanına yerleştirecekler.

New Scientist, 5 Şubat 2000

Minik Makineler

Ünlü bilimkurgu yazarı Isaac Asimov'un yazdığı romanlardan biri, 1966'da "Şaşırtıcı Yolculuk" adıyla filme çekilmişti. Roman, ölmek üzere olan bir adamın yaşamını kurtarmak için, bir denizaltının küçültülerek adamın damarlarına şırınga edilmesini konu almıştı. ABD'nin Massachusetts eyaletinin Worcester kentinde bir grup bilim adamı, tıpkı Şaşırtıcı Yolculuk'taki kadar küçük makineler

geliştirmeye çalışıyorlar. Üzerinde çalıştıkları bu küçük makinelerin yapacakları işler çok önemli ve büyük işler. Ekibin geliştirmeyi planladığı makinelerden biri, Şaşırtıcı Yolculuk'taki denizaltının bir benzeri; insanın kan damarları boyunca ilerleyerek tıkanık olan damarı bulacak ve o damarı açacak bir makine. Açma işlemini tamamlayan minik makine kendini kapatacak ve öteki atıklarla birlikte vücuttan atılacak.

Bu tür çok küçük makineler üzerinde çalışılan alana nanoteknoloji deniyor. Nanoteknoloji ürünü onlarca farklı makine, bu yüzyılda hava yastıklarından, su arıtmaya, cerrahiden bilgisayar güvenliğine değin birçok alanda insanların yaşamını kolaylaştıracak.

<http://www.wpi.edu/News/Releases/>



Değişim Rüzgârları



1999 yılı içinde Avrupa'da rüzgâr türbinleriyle üretilen elektriğin miktarı, önceki yıla göre % 30 arttı. Bu artış rüzgâr enerjisi endüstrisinin bile tahmin ettiği hedeflerin üzerindeydi. Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği, rüzgâr gücüyle elde edilen elektriksel gücün 8900 MW'ı aştığını söylüyor. Bu sayı beklenenden 900 MW

daha fazla. Bu artışın temel nedeni Almanya, İspanya, Danimarka, Hollanda ve İtalya'da rüzgâr gücünden yararlanarak elektrik üretiminin yaygınlaşması. Birlik, 2020 yılı hedeflerinin 100 000 MW olduğunu söylüyor. Bu miktar da 2020'de Avrupa'da elektriğin % 10'unun rüzgârdan elde edilmesi anlamına geliyor.

New Scientist, 5 Şubat 2000

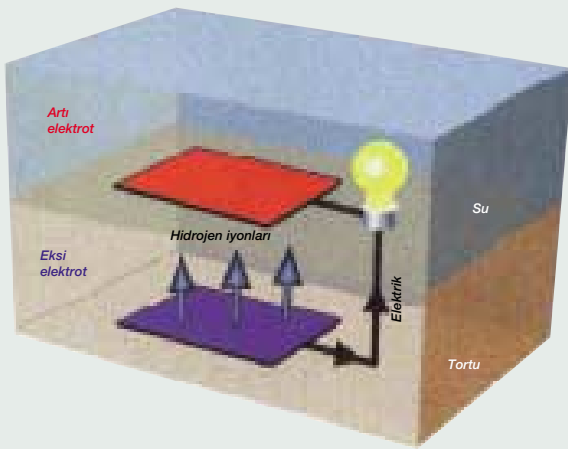
Mikroorganizmalar Elektrik Üretiyor

Yakın bir gelecekte deniz tabanlarında yaşayan mikroorganizmalar belki de sınırsız bir elektrik enerjisi kaynağı olarak kullanılabilir.

Deniz suyunda ya da tabanında yaşayan küçük canlılar organik maddeleri parçalamak için oksijeni kullanıyorlar. Bu işlem sırasında da enerji açığa çıkıyor. Tabanın hemen altındaki tortu tabakasında oksijen bulunmuyor. Buralarda yaşayan küçük deniz canlıları da aynı işlem için oksijen yerine nitratları ya da sülfat-

ları kullanıyorlar. Deniz dibindeki bu iki farklı tabaka da canlıların yiyeceklerini farklı tepkimelerle parçalaması, bu iki bölge arasında elektriksel olarak bir potansiyel farkı yaratıyor. Bu durum tıpkı bir pilin iki elektrodu arasında gerilim oluşmasına benzetilebilir.

Corvallis'teki Oregon Eyalet University'den Clare Reimers ve Washington'daki Deniz Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarı'ndan Leonard Tender, bu durumdan yararlanıp hemen hemen sınırsız bir elektrik enerjisi kaynağı elde etmeyi düşünüyorlar. Bunun için laboratuvarında basit bir düzene kurmuşlar. Bu düzeneğin eksi yüklü elektrodu, 10 cm derinliğe gömülmüş. Artı yüklü elektrod da hemen tortunun yüzeyine konmuş. Elektrodlardan çıkan kablolar bağlandığı-



da, metrekare başına 0,03 watt'lık bir elektriksel güç elde edilmiş. Bu, küçük bir LED'in (Light Emitting Diode-ışık saçan diyot) çalışması için yeterli bir güç.

Araştırmacılar, elde edilen bu elektriği attırmaya çalışıyor. Bahar aylarında, dalgıçlar laboratuvarındaki basit aygıtın daha büyük boyutlardaki bir benzerini okyanus tabanına yerleştirecekler.

New Scientist, 5 Şubat 2000

Minik Makineler

Ünlü bilimkurgu yazarı Isaac Asimov'un yazdığı romanlardan biri, 1966'da "Şaşırtıcı Yolculuk" adıyla filme çekilmişti. Roman, ölmek üzere olan bir adamın yaşamını kurtarmak için, bir denizaltının küçültülerek adamın damarlarına şırınga edilmesini konu almıştı. ABD'nin Massachusetts eyaletinin Worcester kentinde bir grup bilim adamı, tıpkı Şaşırtıcı Yolculuk'taki kadar küçük makineler

geliştirmeye çalışıyorlar. Üzerinde çalıştıkları bu küçük makinelerin yapacakları işler çok önemli ve büyük işler. Ekibin geliştirmeyi planladığı makinelerden biri, Şaşırtıcı Yolculuk'taki denizaltının bir benzeri; insanın kan damarları boyunca ilerleyerek tıkanık olan damarı bulacak ve o damarı açacak bir makine. Açma işlemini tamamlayan minik makine kendini kapatacak ve öteki atıklarla birlikte vücuttan atılacak.

Bu tür çok küçük makineler üzerinde çalışılan alana nanoteknoloji deniyor. Nanoteknoloji ürünü onlarca farklı makine, bu yüzyılda hava yastıklarından, su arıtmaya, cerrahiden bilgisayar güvenliğine değin birçok alanda insanların yaşamını kolaylaştıracak.

<http://www.wpi.edu/News/Releases/>



Değişim Rüzgârları



1999 yılı içinde Avrupa'da rüzgâr türbinleriyle üretilen elektriğin miktarı, önceki yıla göre % 30 arttı. Bu artış rüzgâr enerjisi endüstrisinin bile tahmin ettiği hedeflerin üzerindeydi. Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği, rüzgâr gücüyle elde edilen elektriksel gücün 8900 MW'ı aştığını söylüyor. Bu sayı beklenenden 900 MW

daha fazla. Bu artışın temel nedeni Almanya, İspanya, Danimarka, Hollanda ve İtalya'da rüzgâr gücünden yararlanarak elektrik üretiminin yaygınlaşması. Birlik, 2020 yılı hedeflerinin 100 000 MW olduğunu söylüyor. Bu miktar da 2020'de Avrupa'da elektriğin % 10'unun rüzgârdan elde edilmesi anlamına geliyor.

New Scientist, 5 Şubat 2000

Yaşlılar Soğuklara Dikkat

Kış gelip de havalar soğuduğunda, soğuk rüzgârlar esmeye başladığında yaşlıların kendilerine biraz daha dikkat etmeleri gerekiyor. Doktorlar yaşlıları hipotermi konusunda uyarıyor. “Yaşları ilerleyen kişilerde hipotermi riski de artıyor. Bunun nedeni yaşlanmaya bağlı fizyolojik değişimlerin yaşlıları soğuğa karşı daha duyarlı yapması” diyor. ABD Uluslararası Yaşlanma Enstitüsü başkan vekili Terrie Wetle.

Hipotermi, vücut sıcaklığının normalin altına düşmesi olarak tanımlanıyor. Her ne kadar yeterli tıp istatistikleri olmasa da doktorlar, soğukun etkisinde kalan yaşlıların öldüğünü ileri sürüyorlar.



Yaş ilerledikçe görülmeye başlayan fizyolojik değişimler, bedenın soğuğa karşı gösterdiği, titreme gibi, kan dolaşımının düzenlenmesi gibi önemli tepkileri zayıflatıyor. Yaşlanmayla birlikte ortaya çıkan parkinson hastalığı, kalp krizi ve dolaşım sistemi bozuklukları, bedenın termostadını olumsuz etkiler.

Tutumlu yaşlılar evlerini genellikle pek fazla ısıtmazlar. Ne var ki bu durum onları ciddi bir risk altına sokar. Çoğu kişinin bilmediği şey, kimi yaşlıların evin içindeyken bile (18°C’de) hipotermi olabileceğidir. “Hipoterminin insanların başına genellikle açık havada geldiğini düşünüyoruz. Ama bazı yaşlıların bedenle-

rinde, evlerinin içindeyken bile ciddi sıcaklık düşüşleri görülebilir” diyor Wetle.

Aslında hipotermi kolaylıkla anlaşılır ve önlenabilir. Uyku hali, kafa karışıklığı, sakarlık, konuşmada bozukluk ve sığ (derin olmayan) solunma gibi göstergeleri vardır. Ama hipotermiyi saptamanın en iyi yolu kişinin ateşini ölçmektir.

Doktorlar hipotermiyi karşı yaşlıların alacağı kimi önlemleri de sıralıyorlar. Yatmadan önce alkol alınmaması, soğuk havalarda sıcak yiyecek ve içeceklerin alınması, yatarken sıcak tutacak şeyler giyilmesi, alınan ilaçlara dikkat edilmesi bunlardan bazıları. Doktorlar eğer beden sıcaklığı 35,5°’nin altına düşüyse ciddi bir durumun söz konusu olduğunu ve hastaneye gidilmesi gerektiğini de söylüyorlar.

<http://www.enn.com/news>

Müzik Ruhun Gıdasıdır

Eğer bu deyiş doğruysa, ötücü kuşlar bunu çoktan keşfetmiş olmalılar. Erkek kuşlar, güzel renkli tüylerinin yanı sıra, dişilerini güzel şarkılarıyla kandırmaya çalışırlar. Nitekim, dişi kuşlar da genellikle en geniş repertuvara sahip erkekleri kendilerine eş olarak seçerler.

Paris’teki Marie Curie Üniversitesi’ndeki araştırmacılar, müzik sevgisi yanında, bunun geçerli bir nedeninin de olduğunu ortaya çıkardılar. 38 tür ötücü kuş üzerinde yapılan deneylerde, geniş repertuvara sahip babaların yavrularının yaşama olasılığının daha yüksek olduğu görüldü. Araştırma, kuşun repertuarı ile bağışıklık sistemi arasında da ilişki olduğunu gösteriyor.

New Scientist, 5 Ocak 2000



Uyku ve Beynimiz

Kimse neden bu kadar uykuya ihtiyacımız olduğunu tam olarak bilmiyor. Bir kurama göre, düşünmemizi sağlayan beynimizin korteks adlı dış katmanı, dinlenmeye gereksinim duyuyor. California Üniversitesi’nde yapılan bir araştırma, bunun

aslında bu kadar basit olmayabileceğinin ipuçlarını veriyor. Araştırmanın sonucuna göre, beynimizin uyanırken en çok çalışan bölgelerinin mutlaka en çok uykuya gereksinim duydukları düşünce doğru değil.

Herkesin bildiği gerçek, uykusuz bir gecenin ardından, çalışma veriminin ne kadar düştüğüdür. Uykusuz kaldığımızda, olaylara karşı tepkimiz yavaşlar,

kısa süreli hafızamız sağlıklı çalışmaz.

Uykusuz bir kişinin beyniyle, uykusunu almış bir kişinin beyninin çalışması arasındaki farkı bulabil-

mek için, manyetik rezonans görüntüleme tekniği kullanılarak deneklerin beyin aktiviteleri ölçüldü. Bu ölçümler sırasında, deneklerden, kısa süre önce verilen kelimeleri hatırlamaya çalışmaları istendi. Normal koşullarda, iyi bir uykunun ardından, korteksteki prefrontal ve temporal bölgelerin hatırlamaya çalışma sırasında aktif olduğu gözlemlendi.

Son 35 saatini uyumadan geçiren denekler üzerinde yapılan incelemede, bu kişilerin verilen kelimeleri hatırlamakta zorluk çektikleri gözlemlendi. Uykusuzluk, prefrontal bölgedeki aktivitenin önemli ölçüde azalmasına neden oluyordu. Ancak, işin ilginç yanı, kelimeleri hatırlamada iyi performans gösteren kişilerin korteksinin başka bir bölgesinin, parietal bölgenin aktif olduğu gözlemlendi. Normal, dinlenmiş bir kişide ezberleme, karar verme, yeni bir şeyle karşılaşıldığında nasıl davranılacağını belirleme gibi rollerle sahip prefrontal korteksin uykusuzluktan belirgin biçimde etkilendiği ortada. Ancak, parietal bölge bu durumda onun yerini doldurmaya çalışıyor.

Nature, Science Update, 10 Şubat 2000

Yaşlılar Soğuklara Dikkat

Kış gelip de havalar soğuduğunda, soğuk rüzgârlar esmeye başladığında yaşlıların kendilerine biraz daha dikkat etmeleri gerekiyor. Doktorlar yaşlıları hipotermi konusunda uyarıyor. “Yaşları ilerleyen kişilerde hipotermi riski de artıyor. Bunun nedeni yaşlanmaya bağlı fizyolojik değişimlerin yaşlıları soğuğa karşı daha duyarlı yapması” diyor. ABD Uluslararası Yaşlanma Enstitüsü başkan vekili Terrie Wetle.

Hipotermi, vücut sıcaklığının normalin altına düşmesi olarak tanımlanıyor. Her ne kadar yeterli tıp istatistikleri olmasa da doktorlar, soğukun etkisinde kalan yaşlıların öldüğünü ileri sürüyorlar.



Yaş ilerledikçe görülmeye başlayan fizyolojik değişimler, bedenın soğuğa karşı gösterdiği, titreme gibi, kan dolaşımının düzenlenmesi gibi önemli tepkileri zayıflatıyor. Yaşlanmayla birlikte ortaya çıkan parkinson hastalığı, kalp krizi ve dolaşım sistemi bozuklukları, bedenın termostadını olumsuz etkiler.

Tutumlu yaşlılar evlerini genellikle pek fazla ısıtmazlar. Ne var ki bu durum onları ciddi bir risk altına sokar. Çoğu kişinin bilmediği şey, kimi yaşlıların evin içindeyken bile (18°C’de) hipotermi olabileceğidir. “Hipoterminin insanların başına genellikle açık havada geldiğini düşünüyoruz. Ama bazı yaşlıların bedenle-

rinde, evlerinin içindeyken bile ciddi sıcaklık düşüşleri görülebilir” diyor Wetle.

Aslında hipotermi kolaylıkla anlaşılır ve önlenabilir. Uyku hali, kafa karışıklığı, sakarlık, konuşmada bozukluk ve sığ (derin olmayan) solunma gibi göstergeleri vardır. Ama hipotermiyi saptamanın en iyi yolu kişinin ateşini ölçmektir.

Doktorlar hipotermiyi karşı yaşlıların alacağı kimi önlemleri de sıralıyorlar. Yatmadan önce alkol alınmaması, soğuk havalarda sıcak yiyecek ve içeceklerin alınması, yatarken sıcak tutacak şeyler giyilmesi, alınan ilaçlara dikkat edilmesi bunlardan bazıları. Doktorlar eğer beden sıcaklığı 35,5°’nin altına düşüyse ciddi bir durumun söz konusu olduğunu ve hastaneye gidilmesi gerektiğini de söylüyorlar.

<http://www.enn.com/news>

Müzik Ruhun Gıdasıdır

Eğer bu deyiş doğruysa, ötücü kuşlar bunu çoktan keşfetmiş olmalılar. Erkek kuşlar, güzel renkli tüylerinin yanı sıra, dişilerini güzel şarkılarıyla kandırmaya çalışırlar. Nitekim, dişi kuşlar da genellikle en geniş repertuvara sahip erkekleri kendilerine eş olarak seçerler.

Paris’teki Marie Curie Üniversitesi’ndeki araştırmacılar, müzik sevgisi yanında, bunun geçerli bir nedeninin de olduğunu ortaya çıkardılar. 38 tür ötücü kuş üzerinde yapılan deneylerde, geniş repertuvara sahip babaların yavrularının yaşama olasılığının daha yüksek olduğu görüldü. Araştırma, kuşun repertuarı ile bağışıklık sistemi arasında da ilişki olduğunu gösteriyor.

New Scientist, 5 Ocak 2000



Uyku ve Beynimiz

Kimse neden bu kadar uykuya ihtiyacımız olduğunu tam olarak bilmiyor. Bir kurama göre, düşünmemizi sağlayan beynimizin korteks adlı dış katmanı, dinlenmeye gereksinim duyuyor. California Üniversitesi’nde yapılan bir araştırma, bunun

aslında bu kadar basit olmayabileceğinin ipuçlarını veriyor. Araştırmanın sonucuna göre, beynimizin uyanırken en çok çalışan bölgelerinin mutlaka en çok uykuya gereksinim duydukları düşünce doğru değil.

Herkesin bildiği gerçek, uykusuz bir gecenin ardından, çalışma veriminin ne kadar düştüğüdür. Uykusuz kaldığımızda, olaylara karşı tepkimiz yavaşlar,

kısa süreli hafızamız sağlıklı çalışmaz.

Uykusuz bir kişinin beyniyle, uykusunu almış bir kişinin beyninin çalışması arasındaki farkı bulabil-

mek için, manyetik rezonans görüntüleme tekniği kullanılarak deneklerin beyin aktiviteleri ölçüldü. Bu ölçümler sırasında, deneklerden, kısa süre önce verilen kelimeleri hatırlamaya çalışmaları istendi. Normal koşullarda, iyi bir uykunun ardından, korteksteki prefrontal ve temporal bölgelerin hatırlamaya çalışma sırasında aktif olduğu gözlemlendi.

Son 35 saatini uyumadan geçiren denekler üzerinde yapılan incelemede, bu kişilerin verilen kelimeleri hatırlamakta zorluk çektikleri gözlemlendi. Uykusuzluk, prefrontal bölgedeki aktivitenin önemli ölçüde azalmasına neden oluyordu. Ancak, işin ilginç yanı, kelimeleri hatırlamada iyi performans gösteren kişilerin korteksinin başka bir bölgesinin, parietal bölgenin aktif olduğu gözlemlendi. Normal, dinlenmiş bir kişide ezberleme, karar verme, yeni bir şeyle karşılaşıldığında nasıl davranılacağını belirleme gibi rollerle sahip prefrontal korteksin uykusuzluktan belirgin biçimde etkilendiği ortada. Ancak, parietal bölge bu durumda onun yerini doldurmaya çalışıyor.

Nature, Science Update, 10 Şubat 2000

Yaşlılar Soğuklara Dikkat

Kış gelip de havalar soğuduğunda, soğuk rüzgârlar esmeye başladığında yaşlıların kendilerine biraz daha dikkat etmeleri gerekiyor. Doktorlar yaşlıları hipotermi konusunda uyarıyor. “Yaşları ilerleyen kişilerde hipotermi riski de artıyor. Bunun nedeni yaşlanmaya bağlı fizyolojik değişimlerin yaşlıları soğuğa karşı daha duyarlı yapması” diyor. ABD Uluslararası Yaşlanma Enstitüsü başkan vekili Terrie Wetle.

Hipotermi, vücut sıcaklığının normalin altına düşmesi olarak tanımlanıyor. Her ne kadar yeterli tıp istatistikleri olmasa da doktorlar, soğukun etkisinde kalan yaşlıların öldüğünü ileri sürüyorlar.



Yaş ilerledikçe görülmeye başlayan fizyolojik değişimler, bedenın soğuğa karşı gösterdiği, titreme gibi, kan dolaşımının düzenlenmesi gibi önemli tepkileri zayıflatıyor. Yaşlanmayla birlikte ortaya çıkan parkinson hastalığı, kalp krizi ve dolaşım sistemi bozuklukları, bedenın termostadını olumsuz etkiler.

Tutumlu yaşlılar evlerini genellikle pek fazla ısıtmazlar. Ne var ki bu durum onları ciddi bir risk altına sokar. Çoğu kişinin bilmediği şey, kimi yaşlıların evin içindeyken bile (18°C’de) hipotermi olabileceğidir. “Hipoterminin insanların başına genellikle açık havada geldiğini düşünürüz. Ama bazı yaşlıların bedenle-

rinde, evlerinin içindeyken bile ciddi sıcaklık düşüşleri görülebilir” diyor Wetle.

Aslında hipotermi kolaylıkla anlaşılır ve önlenabilir. Uyku hali, kafa karışıklığı, sakarlık, konuşmada bozukluk ve sığ (derin olmayan) solunma gibi göstergeleri vardır. Ama hipotermiyi saptamanın en iyi yolu kişinin ateşini ölçmektir.

Doktorlar hipotermiyi karşı yaşlıların alacağı kimi önlemleri de sıralıyorlar. Yatmadan önce alkol alınmaması, soğuk havalarda sıcak yiyecek ve içeceklerin alınması, yataarken sıcak tutacak şeyler giyilmesi, alınan ilaçlara dikkat edilmesi bunlardan bazıları. Doktorlar eğer beden sıcaklığı 35,5°’nin altına düşüyse ciddi bir durumun söz konusu olduğunu ve hastaneye gidilmesi gerektiğini de söylüyorlar.

<http://www.enn.com/news>

Müzik Ruhun Gıdasıdır

Eğer bu deyiş doğruysa, ötücü kuşlar bunu çoktan keşfetmiş olmalılar. Erkek kuşlar, güzel renkli tüylerinin yanı sıra, dişilerini güzel şarkılarıyla kandırmaya çalışırlar. Nitekim, dişi kuşlar da genellikle en geniş repertuvara sahip erkekleri kendilerine eş olarak seçerler.

Paris’teki Marie Curie Üniversitesi’ndeki araştırmacılar, müzik sevgisi yanında, bunun geçerli bir nedeninin de olduğunu ortaya çıkardılar. 38 tür ötücü kuş üzerinde yapılan deneylerde, geniş repertuvara sahip babaların yavrularının yaşama olasılığının daha yüksek olduğu görüldü. Araştırma, kuşun repertuarı ile bağışıklık sistemi arasında da ilişki olduğunu gösteriyor.

New Scientist, 5 Ocak 2000



Uyku ve Beynimiz

Kimse neden bu kadar uykuya ihtiyacımız olduğunu tam olarak bilmiyor. Bir kurama göre, düşünmemizi sağlayan beynimizin korteks adlı dış katmanı, dinlenmeye gereksinim duyuyor. California Üniversitesi’nde yapılan bir araştırma, bunun

aslında bu kadar basit olmayabileceğinin ipuçlarını veriyor. Araştırmanın sonucuna göre, beynimizin uyanırken en çok çalışan bölgelerinin mutlaka en çok uykuya gereksinim duydukları düşünce doğru değil.

Herkesin bildiği gerçek, uykusuz bir gecenin ardından, çalışma veriminin ne kadar düştüğüdür. Uykusuz kaldığımızda, olaylara karşı tepkimiz yavaşlar,

kısa süreli hafızamız sağlıklı çalışmaz.

Uykusuz bir kişinin beyniyle, uykusunu almış bir kişinin beyninin çalışması arasındaki farkı bulabil-

mek için, manyetik rezonans görüntüleme tekniği kullanılarak deneklerin beyin aktiviteleri ölçüldü. Bu ölçümler sırasında, deneklerden, kısa süre önce verilen kelimeleri hatırlamaya çalışmaları istendi. Normal koşullarda, iyi bir uykunun ardından, korteksteki prefrontal ve temporal bölgelerin hatırlamaya çalışma sırasında aktif olduğu gözlemlendi.

Son 35 saatini uyumadan geçiren denekler üzerinde yapılan incelemede, bu kişilerin verilen kelimeleri hatırlamakta zorluk çektikleri gözlemlendi. Uykusuzluk, prefrontal bölgedeki aktivitenin önemli ölçüde azalmasına neden oluyordu. Ancak, işin ilginç yanı, kelimeleri hatırlamada iyi performans gösteren kişilerin korteksinin başka bir bölgesinin, parietal bölgenin aktif olduğu gözlemlendi. Normal, dinlenmiş bir kişide ezberleme, karar verme, yeni bir şeyle karşılaşıldığında nasıl davranılacağını belirleme gibi rollerle sahip prefrontal korteksin uykusuzluktan belirgin biçimde etkilenmediği ortada. Ancak, parietal bölge bu durumda onun yerini doldurmaya çalışıyor.

Nature, Science Update, 10 Şubat 2000

Mongoloid Fare

Johns Hopkins Tıp Enstitüsü'nden bilim adamları, Down sendromunun hayvan modelinin oluşturulduğunu açıkladılar. Bar Harbor'daki Jackson Laboratuvarı'nda kimi genetik değişikliklerden (modifikasyondan) geçirilen fareler, sendromun özelliği olan yüz ve kafatasındaki biçim bozukluklarına sahip.

Hastalıkların hayvan modelleri, biyomedikal araştırmalarda önemli yer tutuyor: Bilim adamları, mutasyonlar ya da belli bir genin söndürülmesiyle kimi hastalıklara sahip hayvanlar üretiyorlar.

Down sendromu gibi kromozom bozukluklarına bağlı hastalıklardaysa, daha karmaşık modellere gereksinim duyuluyor. Araştırmacılara göre, Down sendromlu farelerin hücreleri, insanlardaki 21. kromozom bölgesine banzeyen kromozom bölgesi üçer kopyadan oluşuyor. Her 700 doğumdan birinde rastlanan Down sendromu, insanlarda 21. kromozomun iki yerine üç kopyadan oluşması sonucu ortaya çıkıyor. Down sendromlu kişilerin, yüz ve kafataslarında biçim bozukluklarına ve beyinde kimi bozukluklara sahip oluyorlar. Bu kişilerde genellikle bağışıklık sistemi, kalp, hazım ve kas bozuklukları da görülüyor.

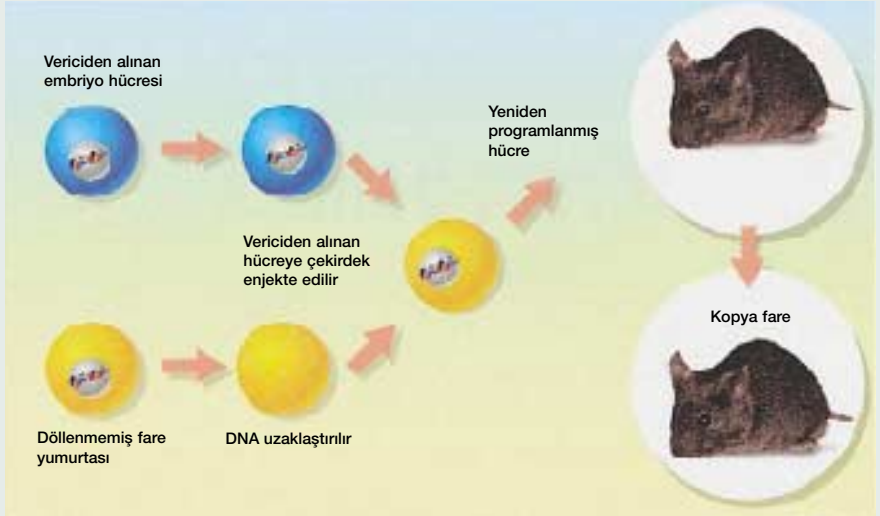
Çalışmada, üretilen down sendromlu 12 farenin kafatasları üzerinde incelemeler yapıldı. Lazer destekli mikroskopla, farelerin kafataslarındaki deformasyonlar ölçüldü. Bu değerler normal farelerinkiyle karşılaştırıldı.

Araştırmada kullanılan farelerin de kafataslarında ve yüzlerinde Down sendromlu insanlarda görülen özellikler bulunuyor. Bu farelerdeki normal dışı kafatası ve yüz gelişimi, Down sendromlu insanlardakilerle aynı kemiklerin, aynı desene göre kısalıp uzanmasına bağlı. Araştırmacılar bu modelle, bir kromozomun fazla sayıda bulunmasının gelişim bozukluklarına nasıl yol açtığının anlaşılabilirliği düşüncesinde. İki-üç yıl içinde de, yüz ve kafatasının gelişimini etkileyen anahtar gen ya da genlerin bulunabileceğini düşünüyorlar.

Aslı Zülal

<http://www.eurekalert.com/>

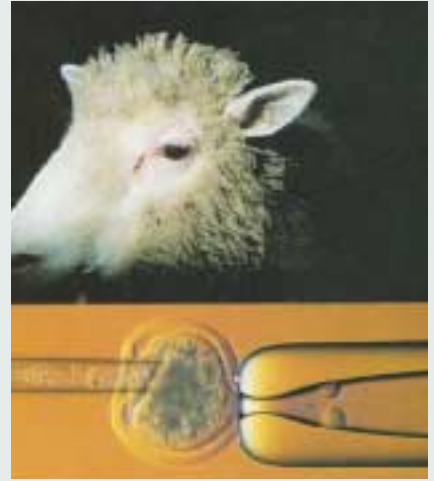
Yürüyen Her Şeyi Kopyalayamazsınız



Süperstar koyun Dolly, genetikte çığır açan bir keşfin, kopyalamanın (klonlama) ilk örneklerinden biriydi. Günümüze değin, pek çok hayvanı kopyalamayı başaran bilim adamları, geçtiğimiz günlerde süpriz bir açıklama yaptılar: "Bazı hayvanlar, genetik olarak kopyalanamama özelliğine sahip olabilir." Bu, özellikle yok olma tehlikesiyle karşı karşıya bulunan bazı türlerin kopyalanarak çoğaltılmasını düşünen bilim adamlarını kaygılandırdı.

Bu güne kadar, koyun, fare, inek ve keçi gibi hayvanlar, kopyalanacak hayvanın hücre çekirdeğinin kendi genetik materyeli uzaklaştırılmış bir yumurtaya yerleştirilmesi yöntemiyle başarıyla kopyalanabildi. Bu, tam anlamıyla, kendi genetik programı olan bir yumurtanın yeniden programlanmasıdır. Kopyalamada, doğal bir embriyodan alınan kök hücreler, genetik verici olarak ideal birer adaydır. Çünkü, çok az programlama gerektirirler.

Boston'daki Whitehead Araştırma Enstitüsü'nden William Rideout ve çalışma arkadaşları, fare kopyalayan ilk ekip. Yaptıkları son araştırmada, bu ekip, farklı farelerden alınan embriyo hücrelerinden kopyalar yapmaya çalıştılar. Farklı soydan gelen iki farenin çiftleşmesiyle elde edilen embriyodan alınan kök hücrelerle 227 denemeden 7'sinde başarılı oldular. Bu %3'lük başarı oranı her ne kadar çok küçük görünse de kopyalama için gayet büyük sayılabilecek bir oran. Ancak, embriyonun ebeveynlerinden birinden alınan kök hücrelerle yapılan 418 denemenin hiçbirinde canlı doğum elde edemediler.



Rideout ve ekibi, bunun için iki açıklama yapıyor. Birincisi, ebeveyn'den alınan hücre çekirdeklerinin yeniden programlama için yeterince etkin olmaması. Çiftleşme, genlerin daha sağlıklı kopyalarını ortaya çıkaracağından, bu sorunun iyi bir çözümü olabilir.

İkinci olasılıksa, ebeveyn farenin soyunun klonlama bariyerine takılmış olması. Kopyalama bariyeri, anneden ve babadan alınan kromozomların, bu farede çok benzer olmasından kaynaklanıyor olabilir. Benzer biçimde, Georgia Üniversitesi'nde inekler üzerinde kopyalama çabışmaları yapan Steve Stice, bazı ineklerin kopyalanmasındaki zorluğa dikkat çekiyor. Steve, farelerle çalışan genetikçilerin bunu kanıtlayacağına güveniyor. Çünkü, pek çok konuda olduğu gibi, genetikte de fareler üzerine yapılmış araştırmalar fazlaca bilgi birikimi yaratmış durumda.

New Scientist, 5 Ocak 2000

Mongoloid Fare

Johns Hopkins Tıp Enstitüsü'nden bilim adamları, Down sendromunun hayvan modelinin oluşturulduğunu açıkladılar. Bar Harbor'daki Jackson Laboratuvarı'nda kimi genetik değişikliklerden (modifikasyondan) geçirilen fareler, sendromun özelliği olan yüz ve kafatasındaki biçim bozukluklarına sahip.

Hastalıkların hayvan modelleri, biyomedikal araştırmalarda önemli yer tutuyor: Bilim adamları, mutasyonlar ya da belli bir genin söndürülmesiyle kimi hastalıklara sahip hayvanlar üretiyorlar.

Down sendromu gibi kromozom bozukluklarına bağlı hastalıklardaysa, daha karmaşık modellere gereksinim duyuluyor. Araştırmacılara göre, Down sendromlu farelerin hücreleri, insanlardaki 21. kromozom bölgesine banzeyen kromozom bölgesi üçer kopyadan oluşuyor. Her 700 doğumdan birinde rastlanan Down sendromu, insanlarda 21. kromozomun iki yerine üç kopyadan oluşması sonucu ortaya çıkıyor. Down sendromlu kişilerin, yüz ve kafataslarında biçim bozukluklarına ve beyinde kimi bozukluklara sahip oluyorlar. Bu kişilerde genellikle bağışıklık sistemi, kalp, hazım ve kas bozuklukları da görülüyor.

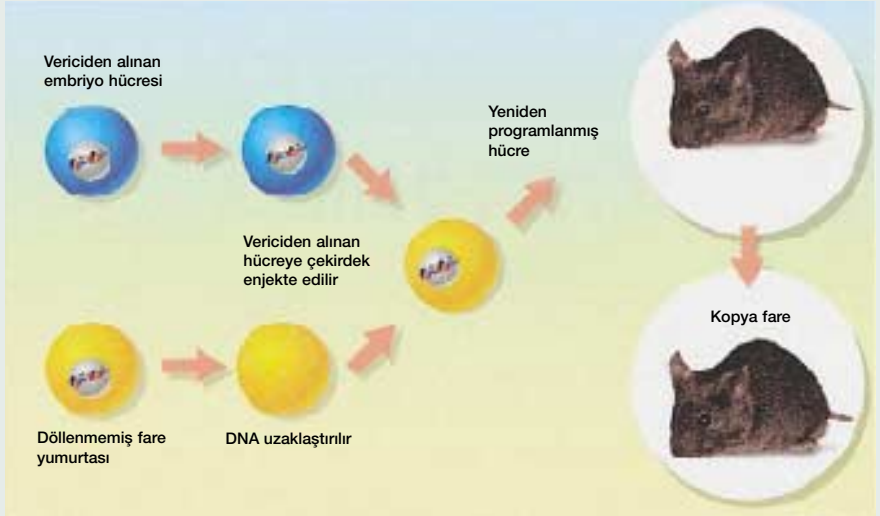
Çalışmada, üretilen down sendromlu 12 farenin kafatasları üzerinde incelemeler yapıldı. Lazer destekli mikroskopla, farelerin kafataslarındaki deformasyonlar ölçüldü. Bu değerler normal farelerinkiyle karşılaştırıldı.

Araştırmada kullanılan farelerin de kafataslarında ve yüzlerinde Down sendromlu insanlarda görülen özellikler bulunuyor. Bu farelerdeki normal dışı kafatası ve yüz gelişimi, Down sendromlu insanlardakilerle aynı kemiklerin, aynı desene göre kısalıp uzanmasına bağlı. Araştırmacılar bu modelle, bir kromozomun fazla sayıda bulunmasının gelişim bozukluklarına nasıl yol açtığının anlaşılabilirliği düşüncesinde. İki-üç yıl içinde de, yüz ve kafatasının gelişimini etkileyen anahtar gen ya da genlerin bulunabileceğini düşünüyorlar.

Aslı Zülal

<http://www.eurekalert.com/>

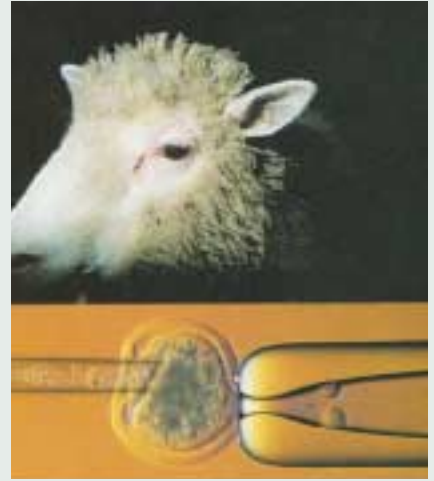
Yürüyen Her Şeyi Kopyalayamazsınız



Süperstar koyun Dolly, genetikte çığır açan bir keşfin, kopyalamanın (klonlama) ilk örneklerinden biriydi. Günümüze değin, pek çok hayvanı kopyalamayı başaran bilim adamları, geçtiğimiz günlerde süpriz bir açıklama yaptılar: "Bazı hayvanlar, genetik olarak kopyalanamama özelliğine sahip olabilir." Bu, özellikle yok olma tehlikesiyle karşı karşıya bulunan bazı türlerin kopyalanarak çoğaltılmasını düşünen bilim adamlarını kaygılandırdı.

Bu güne kadar, koyun, fare, inek ve keçi gibi hayvanlar, kopyalanacak hayvanın hücre çekirdeğinin kendi genetik materyeli uzaklaştırılmış bir yumurtaya yerleştirilmesi yöntemiyle başarıyla kopyalanabildi. Bu, tam anlamıyla, kendi genetik programı olan bir yumurtanın yeniden programlanmasıdır. Kopyalamada, doğal bir embriyodan alınan kök hücreler, genetik verici olarak ideal birer adaydır. Çünkü, çok az programlama gerektirirler.

Boston'daki Whitehead Araştırma Enstitüsü'nden William Rideout ve çalışma arkadaşları, fare kopyalayan ilk ekip. Yaptıkları son araştırmada, bu ekip, farklı farelerden alınan embriyo hücrelerinden kopyalar yapmaya çalıştılar. Farklı soydan gelen iki farenin çiftleşmesiyle elde edilen embriyodan alınan kök hücrelerle 227 denemeden 7'sinde başarılı oldular. Bu %3'lük başarı oranı her ne kadar çok küçük görünse de kopyalama için gayet büyük sayılabilecek bir oran. Ancak, embriyonun ebeveynlerinden birinden alınan kök hücrelerle yapılan 418 denemenin hiçbirinde canlı doğum elde edemediler.



Rideout ve ekibi, bunun için iki açıklama yapıyor. Birincisi, ebeveyn'den alınan hücre çekirdeklerinin yeniden programlama için yeterince etkin olmaması. Çiftleşme, genlerin daha sağlıklı kopyalarını ortaya çıkaracağından, bu sorunun iyi bir çözümü olabilir.

İkinci olasılıksa, ebeveyn farenin soyunun klonlama bariyerine takılmış olması. Kopyalama bariyeri, anneden ve babadan alınan kromozomların, bu farede çok benzer olmasından kaynaklanıyor olabilir. Benzer biçimde, Georgia Üniversitesi'nde inekler üzerinde kopyalama çabışmaları yapan Steve Stice, bazı ineklerin kopyalanmasındaki zorluğa dikkat çekiyor. Steve, farelerle çalışan genetikçilerin bunu kanıtlayacağına güveniyor. Çünkü, pek çok konuda olduğu gibi, genetikte de fareler üzerine yapılmış araştırmalar fazlaca bilgi birikimi yaratmış durumda.

New Scientist, 5 Ocak 2000



Ay'da Gezinti

Ay, yaklaşık 400 000 km'lik uzaklığıyla bize en yakın gökismi. Bu sayede, tüm Güneş sistemindeki ve öteki gökcisimlerinden çok daha fazla ayrıntı sunar bize. Ay yüzeyindeki dağlar, deniz olarak adlandırılan geniş düzlükler, kraterler, derin vadiler basit bir dürbünle bile kolaylıkla gözlenebilir. Başka hiçbir gökismi bize bu kadar cömert değildir.

Ay, alışıktığımız görüntüsünü, birtakım evrelere girmesi dışında değiştirmez. Bize hep aynı yüzünü gösterir. Bunun nedeni, Ay'ın ekseninde dönme süresiyle Dünya çevresindeki dolanma süresinin eşit olmasıdır. Ay, Dünya'dakilere öteki yüzünü hiç göstermez. Bu yüzden, Ay'ın arka yüzü yakın geleceğe, 1959 yılına kadar bir bilmece olarak kalmış. Bu nedenle, Ay'ın arka yüzüne "Ay'ın karanlık yüzü" de denmiş. O zamana değin, karanlık yüz pek çok bilimkurgu ve UFO meraklısına malzeme olmuş. Bugün biliyoruz ki, Dünya'nın korumasından uzak olduğu için bu yüz biraz daha kraterli yapıda; burada gizemli bir şey yok.

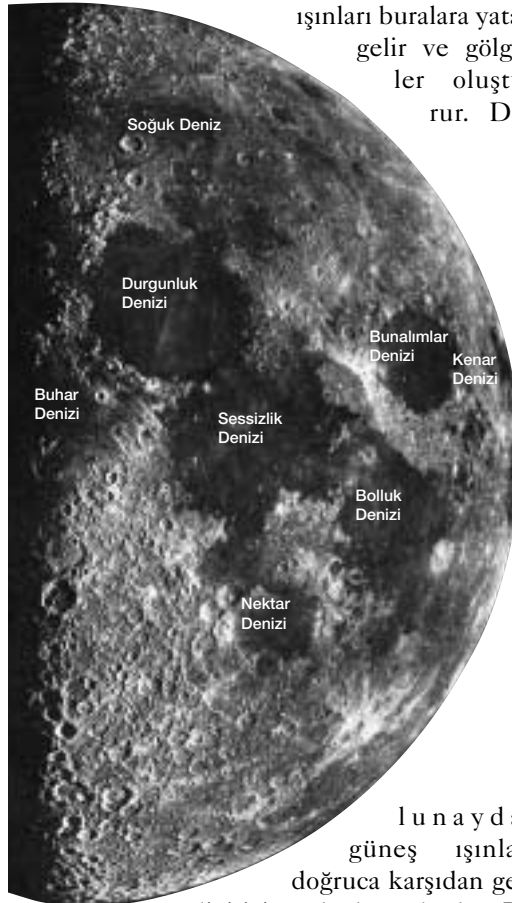
Ay'daki yüzey şekilleri, genellikle iki gruba ayrılır: Denizler ve karalar. Denizler, öteki bölgelere oranla daha koyu tonlu, daha az engebeli düzlüklerdir. Bu bölgeler, milyarlarca yıl önce akan lavların doldurduğu yerlerdir. Denizlere verilen adlar Latince'dir.

Karaları ele alırsak, kraterler en belirgin şekillerdir. Bunlar, çarpışma izleridir. Bazılarının çevresinde, şid-

deli çarpışmaların fişkırttığı toprağın yüzeye düşmesiyle ışın benzeri şekiller oluşmuştur. Kraterlere verilen adlar, genellikle ünlü bilim adamlarının adlarıdır.

Ay, hep aynı yüzünü gösterse de, evrelere girdiğinden, her gün farklı bir manzara sunar bize. Yüzey şekilleri, geceyle gündüzü ayıran çizgiye yakın olduklarında en iyi gözlenirler. Çünkü, bu sırada güneş

ışınları buralara yatay gelir ve gölgeler oluşur. Do-



luna yda, güneş ışınları doğrudan karşıdan gel-

diği için gölgeler yok olur. Bu da yüzey şekillerinin seçilmesini zorlaştırır. İlkdördün ve sondördün evrelerinde, yüzey şekilleri yeterince belirgindir. Bu nedenle, Ay'daki gezintimizi ilkdördün ve sondördün evrelerinde yapacağız. Bu ay, ilkdördün evresinde gözlenebilecek de-

nizleri ele aldık. Önümüzdeki aylarda, Ay'daki gezimizi sürdüreceğiz.

Her gün Ay'ın farklı bölgeleri gece-gündüz sınırına yakın olacağı için her gün farklı bir manzarayla karşılaşırız. Yani burada ilk ve sondördün evrelerinde tanıdığınız kraterleri farklı evrelerde de, üstelik değişik açılarla gelen ışık altında gözleyebilirsiniz.

Yeniay- İlkdördün Evrelerinde Gözlenebilecek Denizler:

Mare Crisium (Bunalımlar Denizi): Boyutları 435 km'ye 560 km olan oval biçimli bu düzlük, birbirine bağlanmış gibi görünen öteki denizlerden farklı olarak, ayrı durur. Bu bölge, üç insansız Sovyet uzay aracının indiği bölge.

Mare Fecunditatis (Bolluk Denizi): Bunalımlar Denizi'nin güneyinde yer alıyor. Bu kraterin koyu tonlu düzgün yüzeyini iki küçük krater Messier ve Messier A bozar. Bu bölgeye pek uzay aracı indirilmedi. Ancak, Sovyetler'in Dünya'ya getirdiği ilk toprak örnekleri Luna 16 tarafından, buradan alındı.

Mare Frigoris (Soğuk Deniz): Bu deniz, ötekilerden biraz farklı görünür. Yapısı, pek düzgün değildir. Ayrıca, pek büyük olmamakla birlikte, içinde Endymion, Atlas, Herkül, Aristoteles ve Plato gibi kraterler yer alır.

Mare Marginis (Kenar Denizi): Ay'ın "kenarında" yer alan bu denizin ancak bir bölümünü görebiliriz. Bu denizi çıplak gözle görmek de zor olabilir.

Mare Nectaris (Nektar Denizi): Ay yüzeyinde deniz adı verilen düzlüklerin en küçüğü. Boyutları

yaklaşık 350 km'ye 420 km. Çevresinde, Theophilus ve Fracastorius gibi belirgin kraterler var.

Mare Sereinitatis (Durgunluk Denizi): Bu denizin, ötekiler arasında en eski oluşumlu olduğu düşünülüyor. Bu denizin güneyi Haemus Dağları, batısı Apenin Dağları, kuzeyiye Taurus (Toros) Dağları'yla çevrili. Burası, geniş bir düzlük olmasına karşılık, "el değmemiş" bir deniz. Buraya hiçbir uzay aracı inmedi.

Mare Tranquillitatis (Sessizlik Denizi): En ünlü denizlerden biri; çünkü, Apollo 11, 19 Temmuz 1969'da buraya indi. İnsanoğlu Ay'a ilk kez burada ayak bastı. Apollo 11'in indiği yer, bu düzlüğün güneybatısındadır.

Mare Vaporum (Buhar Denizi): Hem ilkdördün hem de sondör-

Ayın Gök Olayları:

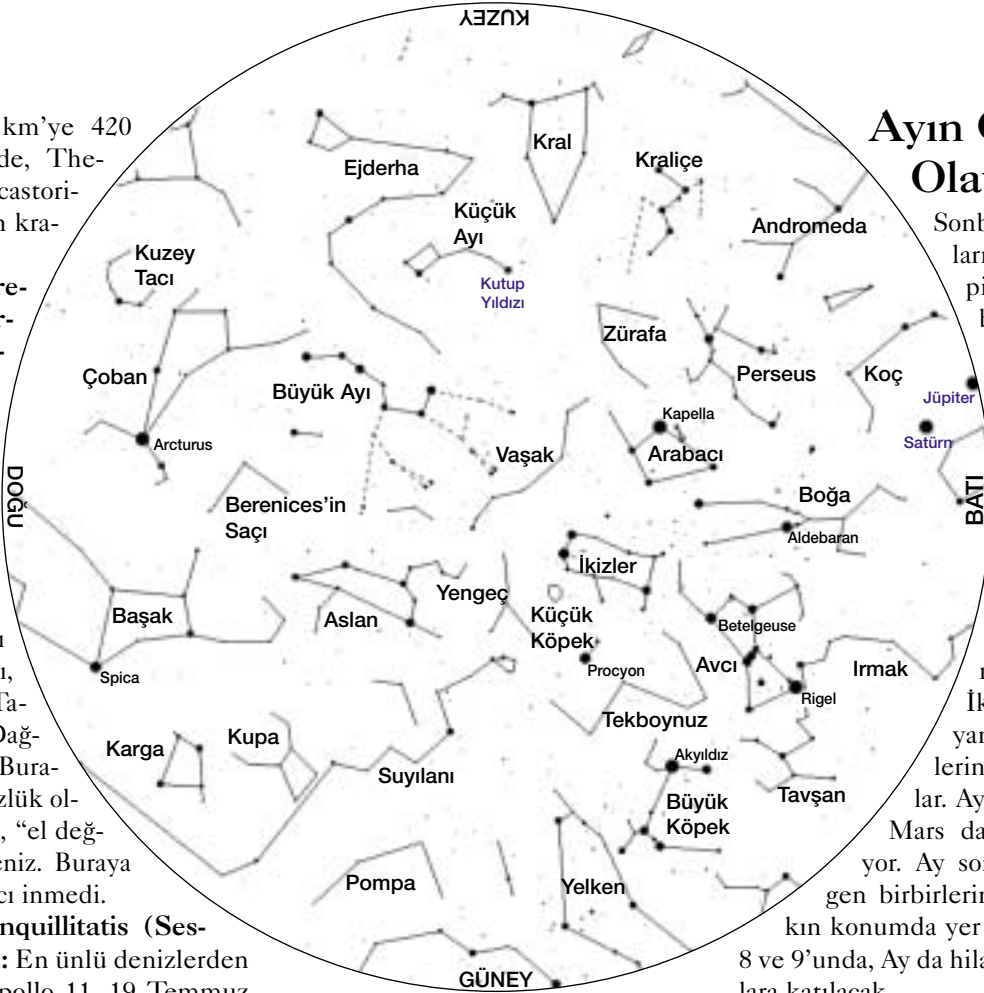
Sonbahar ve kış ayları süresince Jüpiter ve Satürn, bize çok güzel görüntüler sundular. İlkbaharı karşılamaya hazırlandığımız bu günlerde, her iki gezegen de batı ufku üzerinde iyice alçalmış durumda. İki gezegen, bir yandan birbirlerine yakınlaşıyorlar. Ay sonuna doğru, Mars da onlara katılıyor. Ay sonunda üç gezegen birbirlerine oldukça yakın konumda yer alacaklar. Ayın 8 ve 9'unda, Ay da hilal biçimiyle onlara katılacak.

Venüs, sabah gökyüzünde yer alıyor ve ay süresince doğu ufku da giderek alçalıyor. Bu nedenle ayın ortalarından sonra gezegeni gözlemek için Güneş doğmadan biraz önce doğu ufku üzerine bakmak gerekiyor.

Merkür de Venüs gibi sabah gökyüzünde. Ayın başlarında Merkür, Güneş'e çok yakın. Bu nedenle, gezegeni gözleyebilmek için ayın ortalarını beklemek gerekecek.

Ay, 6 Mart'ta yeniay, 13 Mart'ta ilkdördün, 19 Mart'ta dolunay, 26 Mart'ta sondördün evrelerinde olacak.

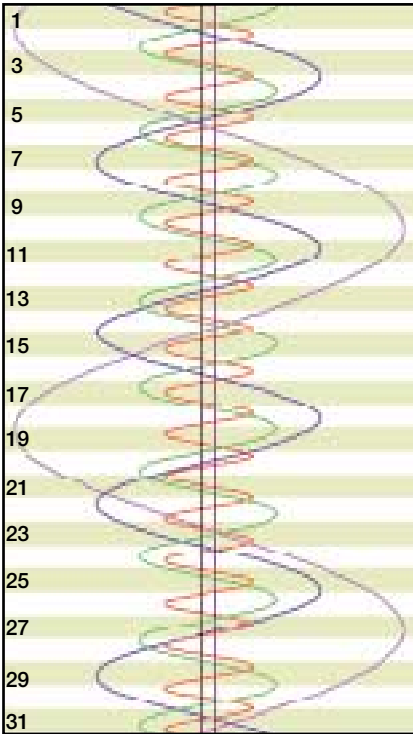
Alp Akoğlu



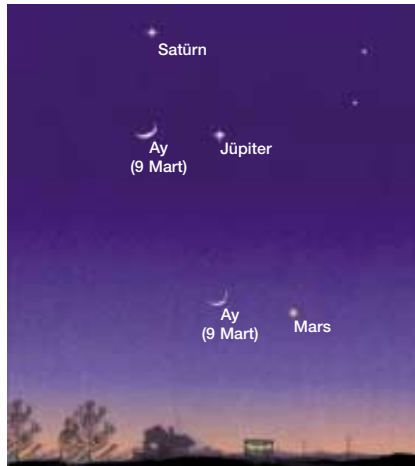
15 Mart 2000 Saat 21⁰⁰'de gökyüzünün genel görünüşü

dün evrelerinde, gece-gündüz sınırında görünür. Kuzeydoğusundaki Manillus krateri bir dürbünle kolaylıkla gözlenebilir.

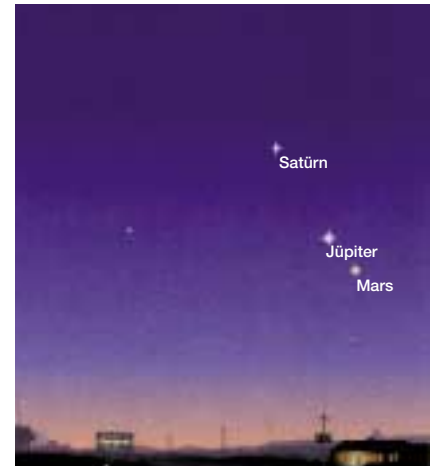
Mart ayında Jüpiter'in uyduları: Jüpiter'in "Galileo Uyduları" olarak adlandırılan dört büyük uydusu, bir dürbün yardımıyla bile gözlenebilmektedir. Yandaki çizim, ay boyunca, bu uyduların konumlarını göstermektedir. Bu çizelgenin üzerine, (gözleminizi yapacağınız günün ve yaklaşık olarak saatin üzerine) boydan boya bir çizgi çizerek, uyduların o andaki konumlarını bulabilirsiniz.



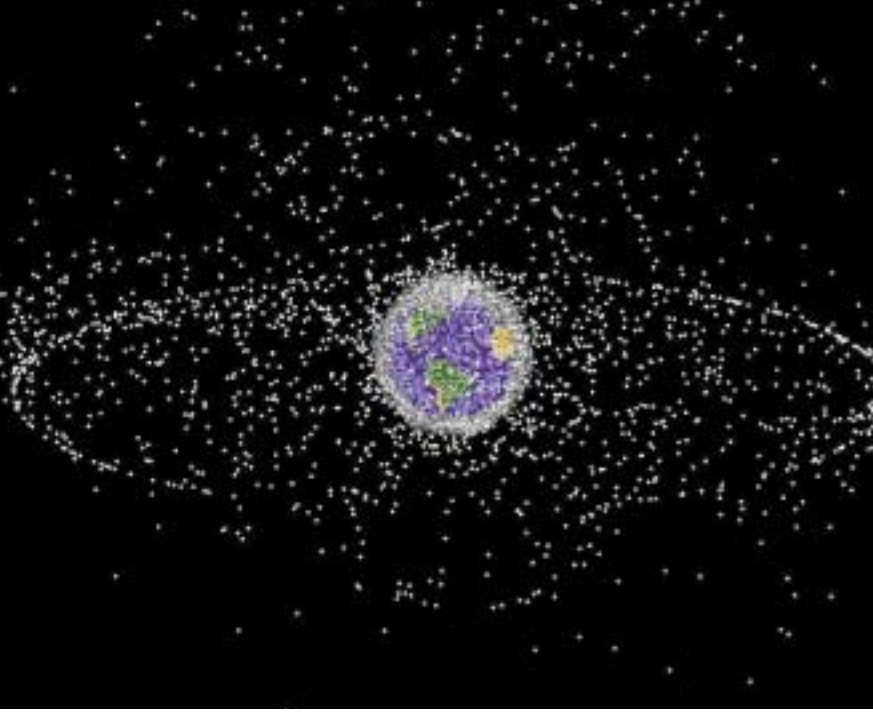
— Io — Europa — Ganymede — Callisto



8-9 Mart akşamı Ay ve gezegenler



31 Mart akşamı gezegenler



Uzaya Açılan Pencerenin Kapanışı! Uzay Kirliliği

DÜNYANIN önde gelen gazetelerinin, 8 Şubat 2000 tarihli sayılarında, 20 yıl sonra olacak bir felaketin haberi yayımlandı. Ama bu alışılmış bir felaket haberi değildi. Ne bir kasırgadan, ne bir depremde ne de bir taşkından söz ediyordu. Başka bir açıdan bakıldığında aslında bir gökbilim haberi idi bu. Haberde 2000 BF19 adlı 800 m çapında bir asteroidten söz ediliyordu. Bu asteroidi Arizona'da Steward Gözlemevi'ndeki gökbilimciler 28 Ocak'ta keşfetmişlerdi. 2000 BF19'u keşfedenler, onu 3 Şubat'a değin izlediler ve o gün bir açıklama yaptılar. Açıklamada, asteroidin gelecekte izleyeceği rota nedeniyle Dünya için ciddi bir tehlike taşıyabileceği ve sürekli gözlenmesi gerektiği bildirildi. Bu sırada İtalya'daki Pisa Üniversitesi gökbilimcileri de Avustralya'daki gözlemevlerinden gelen verileri de değerlendirerek asteroidin yörüngesini hesapladılar. Üç gün sonra yaptıkları açıklamayla 2000 BF19'un 2022'de milyonda bir olasılıkla Dünya'ya çarpabileceğini duyurdular.

Bu büyüklükte bir göktaşının, Dünya'ya çarptığında, yeryüzündeki yaşamı tehdit edecek, küresel bir etki yaratmayacağı biliniyor. Çarpma sonucunda küresel iklim değişikliklerine yol açacak ve biyolojik çevrimleri kökten değiştirebilecek bir gök cisminin çapının en az 1 km olması gerekiyor. Ancak çapı 800 m olan 2000 BF19'un Dünya'ya çarptığında çok büyük bölgesel etkileri olacağı da açık.

1908'de Sibirya'nın Tunguska bölgesine düşen ve yalnızca 100 m çapında olduğu düşünülen kuyruklu yıldız parçası, 2000 km²'lik ormanlık bir alanı yerle bir etmişti.

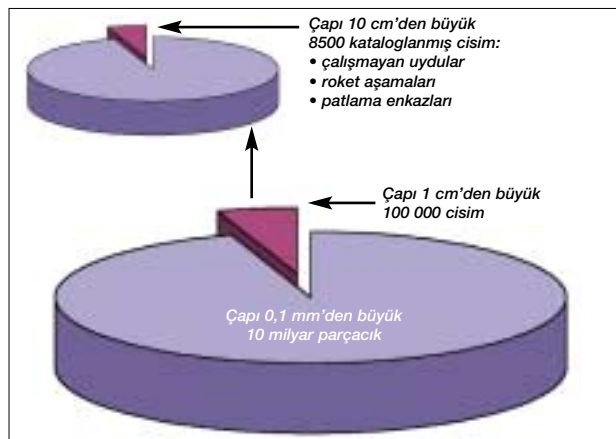
İlk hesaplamalardan sonra daha ayrıntılı yörünge hesapları yapan gökbilimciler, asteroidin 2022'de Dünya'nın 9 milyon kilometre (Dünya-Ay arası uzaklığın 20 katından fazla) uzağından geçeceğini buldular. Böylece Dünya bir kez daha derin bir soluk aldı. 2000 BF19, son iki yıl içinde keşfedilen ve Dünya'ya çarpacağı sanılan beşinci asteroid. Bilim adamları Güneş çevresinde Dünya'ya yakın yörüngelerde dolanan ve çapı 1 km'den büyük 1000 dolayında asteroid olduğunu tahmin ediyorlar. Daha küçük çaplardaysa binlerce göktaşı var. Bunların bir bölümü önümüzdeki yüzyıllarda Dünya'ya çarpacak. Çarptıkları zaman birer felaket oluşturacak bu göktaşları için önlemler şimdiden alınıyor. Öncelikle bu göktaşlarına ilişkin bir veri tabanı (büyüklükleri, yörüngeleri, hızları, yapıları vb bilgileri içeren) oluşturuyorlar.

Büyük göktaşlarının yanı sıra bir de

Dünya'nın çevresinde dolanan çok küçük göktaşları var. Her gün bunlardan binlercesi atmosferimize girerek yanıyor, buharlaşıyor. Bilim adamları birkaç santimetre çapındaki bu göktaşlarına *meteoroid* diyorlar. Atmosfere giren meteoroidler çok parlak bir ışık çıkarıyor. Halk arasında "yıldız kayması" ya da "kayan yıldız" olarak bilinen bu ışık olayına bilim adamları *meteor* der. Yeryüzüne ulaşmadan buharlaşan, çok hızlı hareket eden bu göktaşlarının insanlar için bir zararı yok. Ne var ki aynı şeyi yörüngede dönen uydular için söyleyemeyiz. Çünkü saniyedeki hızları 70-80 km'yi bulabilen bu minik göktaşları, birkaç santimetre çapında da olsalar uydular için ciddi bir tehdit oluşturuyor. 1993'te ESA'nın (Avrupa Uzay Ajansı) Olympus adlı uydusuna böyle küçük bir göktaşı çarpmıştı. Yön denetim birimi parçalanmış uydunun kullanılmaz duruma gelmişti. Günümüzde Dünya'nın çevresinde çalışır durumda 500'ün üzerinde uydu dolanıyor. Minik göktaşları da milyonlarca dolarlık bu uydular için ciddi bir tehdit oluşturuyorlar. Ancak uydular için tehdit oluşturanlar yalnızca meteoroidler değil.

Yörüngedeki Hurdalar

Dünya'ya yakın yörüngelerde dönen, insan yapımı kataloglanmış iki cisim, ilk kez 24 Temmuz 1996'da çarpıştı. Bu cisimlerden biri Fransızların, 7 Temmuz 1995'te bir Ariane 4 roketiyle fırlattığı, Alca-



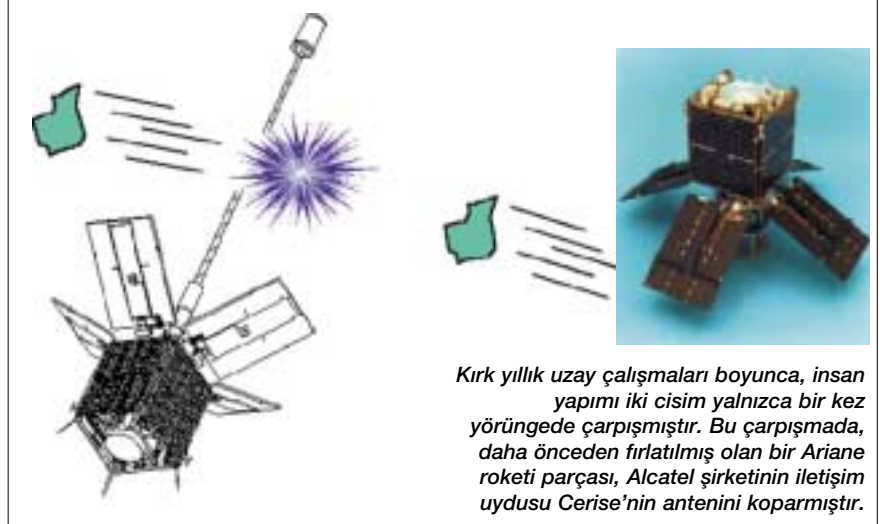
tel şirketine ait 50 kg'lık iletişim uydusu Cerise'di. Öteki cisimse daha önce fırlatılmış bir Ariane 4 roketinin, uzaya bırakılmış üst aşamalarından birinin bir parçasıydı. Küçük roket parçasının hızı saniyede 15 km'yi buluyordu. Şiddetli çarpışmanın sonunda mikrouydunun 6 m'lik anteni koptu (ve o da artık kendi başına Dünya'nın çevresinde doluyor). Cerise, 700 km yüksekteki yörüngesinde kendi çevresinde dönmeye başladı. Uydunun otomatik kontrolünü yitirmişti. Hemen yeni bir yazılım geliştirildi ve radyo dalgalarıyla uydudaki bilgisayara yüklendi. Sonra da Cerise Dünya'dan kontrol edilmeye başlandı.

Cerise örneğinde de görüldüğü gibi, büyük bir bölümü Dünya'ya yakın yörüngelerde dönen uydular için bir başka tehdit de uzay kirliliğidir. Peki nedir uzay kirliliği?

Uzay kirliliği son 40 yılda ortaya çıkan bir sorundur. Dünya'nın çevresinde, değişik yörüngelerde dönen ve artık herhangi bir işlevi olmayan, insan yapımı cisimlerin tümü, uzay kirliliği olarak adlandırılır. Bunların arasında ömrünü tüketmiş uyduların yanı sıra roketlerin uzaya bırakılan üst aşamaları ve yörüngede oluşan patlamaların artıkları vardır.

Uzay kirliliğinin şimdilik insanların günlük yaşamlarına doğrudan bir etkisi yoktur. Bu nedenle de genellikle göz ardı edilen ya da unutulmuş bir sorun olmuştur. Hatta insanların büyük bir bölümü böyle bir sorunun varlığından bile habersizdir. Ancak eğer önlem alınmazsa, uzay kirliliği önümüzdeki 25-30 yıl içinde uzay araştırmaları açısından çok ciddi bir sorun olacaktır.

Denebilir ki uzay kirliliği sorunu, insan yapımı ilk uydunun Sputnik I'in, 4 Ekim 1957'de fırlatılmasıyla ortaya çıkmıştır. Sputnik I yörüngede üç ay



Kırk yıllık uzay çalışmaları boyunca, insan yapımı iki cisim yalnızca bir kez yörüngede çarpışmıştır. Bu çarpışmada, daha önceden fırlatılmış olan bir Ariane roketi parçası, Alcatel şirketinin iletişim uydusu Cerise'nin antenini koparmıştır.

kalmıştır, ama çalışma süresi daha kısadır; yalnızca üç hafta. Bu yüzden de uzay çağını açan Sputnik I, gerçekte uzay kirliliğine güzel ve somut bir örnektir. Ömrü tükenen uydunun Dünya'nın çevresinde, yüksek bir hızla boş yere iki aydan fazla dönüp durmuştur. Sonra da Dünya'ya düşmüştür.

Sputnik I'den günümüze geçen 40 yıl içinde uzay araştırmaları alanında çok sayıda ve çok önemli gelişmeler yaşandı: Ay'a, Mars'a ve Venüs'e sondalar, uzay araçları gönderildi, Ay'a inildi, Mars'ın çevresine uydular yerleştirildi, Jüpiter'e, Satürn'e, asteroidlere, kuyrukluysıldızlara hatta Güneş sisteminin dışına uzay araçları yollandı, değişik amaçlı binlerce uydunun Dünya'nın çevresine yerleştirildi, uzay istasyonları kuruldu, farklı dalgalarda uzayı inceleyen uzay teleskopları yörüngeye yerleştirildi.

Tüm bunları gerçekleştirmek için dört binden fazla, çok aşamalı roket uzaya gönderildi. Bunların üst aşamaları hep uzaya bırakıldı. Bu yolculuklar sırasında kimi zaman roketlerde, kimi zaman da taşıdıkları yüklerde patlama-

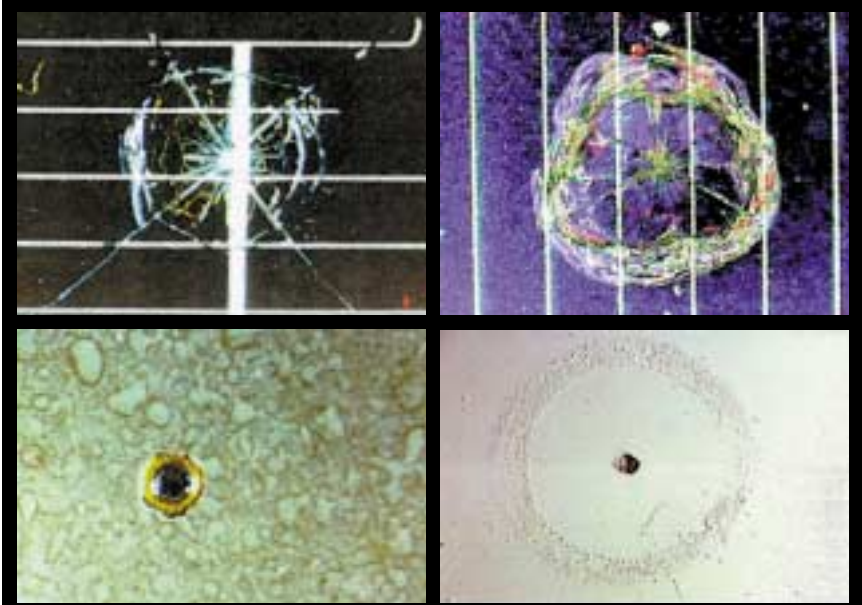
lar oldu; patlamaların enkazı uzaya yayıldı. Yörüngedeki uyduların büyük bir bölümünün ömrü tükendi; şu anda başıboş dolanıyorlar. Tüm bu işe yaramayan cisimler, roket parçaları, ölü uydular, yakıt tankları ve uzay aracı artıkları, günümüzde Dünya çevresinde dolanan bir çeşit hurda yığını oluşturdu. Bugün uzay araştırmaları tüm hızıyla sürüyor. Yörüngedeki bu hurda yığını da ne yazık ki giderek büyüyor.

Bilim adamları bu konunun, ciddi bir soruna dönüşeceğini 20 yıl kadar önce öngörmüşlerdi. Bu öngöründen yola çıkarak, Dünya'nın çevresinde başıboş dönen bu parçaları izlemek amacıyla sistemler kurdular. Örneğin ABD'de yirmiden fazla radar ve optik algılayıcıdan oluşan bir Uzay İzleme Ağı var. Rusya'daki Uzay İzleme Ağı'ndaysa on radar ve on iki optik algılayıcı bulunuyor. Bu sistemlerle, Dünya çevresinde dönen 10 cm'den büyük bütün cisimler sürekli izleniyor. Yerden gönderilen radar sinyalleri yörüngedeki cisimlere çarpıp yansıyor ve yerdeki aygıtlarla algılanıyor. Böylece cisimlerin konumları, hızları ve yörüngeleri saptanıyor. Her cisme bir katalog numarası veriliyor.

Dünya yörüngesinde kataloglanmış olarak dönmekte olan 9000 dolağındaki cisimden, çalışır durumdaki uydular çıkartıldığında geriye 8500 kadar 10 cm'den büyük uzay döküntüsü kalıyor. Yerdeki radarlar, bu döküntüdeki çapları 3 mm-10 cm arasında değişen parçaları saptayabiliyor (ama sürekli izleyemiyor). Yapılan araştırmalar yörüngedeki, çapı 1-10 cm arasındaki cisim sayısının 100 000'in üzerinde olduğunu ortaya koyuyor. On milyar do-



Uzay kirliliğinin iki temel nedeni var: Ömrü tükenen uydular ve fırlatılan roketlerin yörüngede terk ettikleri üst aşamaları.



Çapları 1 cm'den küçük döküntülerin, yüksek hızları nedeniyle, uzay araçlarında yıpratıcı etkileri olur. Bu etki optik aygıtlarda ve araçların pencerelerinde ciddi sorunlara yol açabilir.

layında da çapı 0,1 mm ile 1 cm arasında değişen parçacık olduğu tahmin ediliyor. Kuşkusuz bu denli küçük parçacıkların büyük bir bölümünü yerden gözlemek olanaksız. Onlara ilişkin veriler görevi bitip dünyaya dönen uzay araçlarından elde ediliyor. LDEF ve EuReCa adlı uzay araçları bu yönde araştırmalar yapmak amacıyla uzaya gönderildi. LDEF, 1990'da Dünya'ya döndüğünde aracın yüzeyinde en büyüğü 5 mm çapında, otuz bini aşkın çarpma izi bulunuyordu.

Uzayda kirlilik yaratan parçacık sayısı her geçen gün biraz daha artıyor. Her ne kadar bu döküntülerin bir bölümü zamanla Dünya'ya düşse de uzay kirliliğinin oluşum hızı, yok olma hızından daha büyük. Döküntüler Dünya'nın çevresinde iki bölgede yoğunlaşıyor. Birinci bölge Dünya'dan 36 000 km uzaktaki bölgedir. Bu bölgenin özelliği, buradaki uyduların periyotlarının 24 saat olmasıdır. Bir başka deyişle, bu yörüngedeki bir uydu, batıdan doğuya hareket ettiği için, sürekli Dünya'nın aynı bölgesi üzerinde yer alır (tıpkı Türksat 1B ve Türksat 1C gibi). Bu yörüngede 150'si roket üst aşaması olmak üzere 700 büyük cisim saptanmış ve kataloglanmıştır. Bu bölgedeki döküntülerin hızları Alçak Dünya Yörüngesi'ndekilere göre daha düşüktür; saatte 7000 km kadar. Bu döküntülerin uzay çalışmaları açısından yarattığı tehlike de çok azdır.

Uzay kirliliğinin yoğunlaştığı ikinci

bölge Alçak Dünya Yörüngesi'dir (Dünya'dan uzaklığı 2000 km'ye kadar olan bölge). Şu anda Alçak Dünya Yörüngesi'nde 2000 ton döküntü bulunuyor. Bunların çok büyük bir bölümü 1000-1500 km yüksekte yer alır. Gök bilimcileri tedirgin edenler işte bunlardır. Milyarlarca parçadan oluşan bu döküntüler, ne oldukları yerde dururlar ne de kendi hallerinde Dünya çevresinde ağır ağır dönerler. Tersine çok yüksek hızlarda devinirler. Bunların ortalama hızı saniyede 10 km'dir; bazılarınsı saniyede 15 km'yi aşar. Bu yüzden bu döküntüler yalnızca uydular için değil uzay istasyonu Mir için, 4-5 yıla kadar bitirilecek ve yaklaşık 100 milyar dolar değerindeki Uluslararası Uzay İstasyonu için, uzay mekikleri için ve uzayda yürüyüş yapan astronotlar için de ciddi bir tehlike oluşturuyor.

Tehlikeler

İlk modülü 1986'da fırlatılan Rus uzay istasyonu Mir, 14 yıldır yörüngede dolanıyor. Bu sürede Mir'e birkaç milimetre ya da daha küçük çaplarda binlerce meteoroid ve uzay döküntüsü çarpmış. Çarpmaların oluşturduğu izler, Mir'in dış yüzeylerini gösteren fotoğraflarda açıkça görülüyor. Bu çarpmalar özellikle istasyona enerji sağlayan güneş panellerinde önemli hasarlara yol açmış. Ancak çarpmaların hiçbirisi de Mir'deki bilimsel çalışmaları aksatacak denli büyük olmamış.

Yalnızca Mir değil, yörüngedeki uydular ve zaman zaman göreve çıkan uzay mekikleri de böyle küçük artıklarla sürekli çarpılıyor. Örneğin 1983'te, tırnak büyüklüğündeki bir boya parçası uzay mekiği Challenger'ın camına çarparak ciddi ve tehlikeli bir hasara yol açmıştı. Uzay mekiklerinin camları bugüne değin 50 kezden fazla değiştirildi. Genelde bu tür küçük çarpmaların etkileri de küçük olduğundan, uzay araçlarının işlevlerini engellemiyor. Çok önemli ve pahalı uzay araçları da zaten özel zırhlarla kaplanıyorlar. Buna en güzel örnek Uluslararası Uzay İstasyonu. İstasyon gelmiş geçmiş en iyi korunma önlemleri taşıyan uzay aracı olacak. Kritik önem taşıyan bölmeler, başta astronotların yaşayacağı modüller, 1 cm çapındaki cisimlerin çarpmalarına dayanabilecek kalınlıkta duvarlara sahip olacak. Ayrıca istasyonun bu tür çarpmaları önleyebilecek bir manevra yeteneği de bulunacak. Uluslararası Uzay İstasyonu'na 1-10 cm büyüklüğünde bir cismin çarpma olasılığı düşük. Ama bilim adamları böylesi düşük bir olasılıkla bile istasyonun zarar görmemesi için alınacak kimi önlemler üzerinde çalışıyorlar.

Uzay mekiklerinin zırhları Uluslararası Uzay İstasyonu'nunkiler denli dayanıklı değil. Bu nedenle onları korumak için de başka bir yöntem geliştirilmiş. Mekiklerden biri göreve çıkacağı zaman ABD Uzay Komutanlığı uzay kirliliğinin durumuna bakıyor. Mekiğin görevi sırasında bulunacağı bölgelerde ve rotalarında herhangi büyük bir enkaz parçasıyla yaklaşmış yaklaşmayacağı inceleniyor. Mekiğin fırlatılacağı zaman ve izleyeceği rota böyle belirleniyor. Mekik uzaydayken eğer büyükçe bir parçanın rotası mekiğinkine birkaç kilometre yaklaşacak gibi olursa, mekikteki uyarılıyor; mekik manevra yaparak yeni ve daha güvenli bir rotaya geçiyor. Bu, çok sık karşılaşılan bir durum değil; her yıl ancak 1-2 kez oluyor.

Yüksek hızlarda başıboş dolaşan enkaz parçaları yalnız uzay araçları için değil, aynı zamanda uzay yürüyüşü yapan astronotlar için de tehlikeli. Araçları, kimi çarpışmalara karşı koruyacak zırhlar yapılabilir ama benzer önlemleri astronot giysileri için almak olanaksız. Gerçi onların giysileri de birkaç milimetrelik parçacıkların çarpmasına da-

yanacak yapıda. Ne var ki saniyede 10 km hızla çarpacak 1 cm çapında bir enkaz parçası bir astronotu ağır biçimde yaralayabilir; hatta öldürebilir.

Uzay kirliliğinin oluşturduğu tehlike yörüngedeki araç ve insanlarla da sınırlı değildir. Çok küçük de olsa yeryüzündekiler için de bir tehlike söz konusu. Bu döküntülerin bir bölümü zamanla yerçekimi ya da güneş ışınması basıncıyla Dünya'ya düşer. 600 km'nin altındaki yörüngelerde dolanan enkaz parçalarının yerçekiminin etkisiyle Dünya'ya düşmesi (ve kirlilik olmaktan çıkması) birkaç yıl alıyor. 800 km dolayındakiler 10-15 yıl kalabiliyorlar. 1000 km'nin üzerindekiyse yüz yılı aşkın bir süre dönmeyi sürdürecekler. Bir başka deyişle uzay kirliliğini oluşturan parçalar eninde sonunda Dünya'ya düşüyorlar. Atmosfere giren parçaların çok büyük bölümünün, sürtünmenin yarattığı ısınmadan kurtulması olası değil. Ancak büyük parçalar, bir bölümü yanmış, buharlaşmış ve sonunda küçülmüş olarak yeryüzüne ulaşabilirler. Dünya'ya ulaşan bu parçalar da büyük olasılıkla okyanuslara düşüyorlar. Kentler, karaların çok küçük bir bölümünde yer alıyor. Karaların büyük bir bölümünü çöller, ormanlık alanlar, çayırar, dağlık bölgeler ya da tarım alanları oluşturuyor. Bu nedenle, Dünya'ya ulaşabilen parçaların, eğer denize düşmezlerse, seyrek nüfuslu bölgelere düşme olasılıkları çok yüksek (Sovyetler Birliği'nin Kozmos 954 adlı uzay aracı, 1978'de Kanada'nın karla kaplı kuzey bölgelerine düşmüştü).

Ama yörüngedeki döküntülerin gökbilimcilerde yarattığı asıl kaygı gelecekteki uzay araştırmalarına yönelik. Döküntü sayısındaki artış zamanla bir eşik değerini aşacak ve bir dizi zincirleme çarpışma başlayacak. Bilim adamları buna *çığ etkisi* diyorlar ve onları korkutan da bu. Çünkü bu çarpışmalar sonucunda büyük parçalar binlerce küçük parçaya dönüşecek ve döküntü sayısı da çok artacak. Bu artış, bir gün uzay çalışmalarına onlarca yıllık bir ara verilmesine yol açabilir.

Çözüm

Dünya çevresindeki döküntülerin büyükçe olanları sürekli izleniyor. Daha küçük parçaların da iz-



On dört yıldır yörüngede olan Mir'e 1 cm'den küçük çaplı, on binlerce uzay döküntüsü çarpmıştır. Aynı şey 4-5 yıla kadar bitirilecek olan Uluslararası Uzay İstasyonu'nun da başına gelecektir. Bu yüzden istasyonda özel güvenlik önlemleri alınıyor.

lenebilmesi için çalışmalar sürdürülüyor. Döküntülere ilişkin eldeki verilere ve yapılan gözlemlere dayanarak Rusya, İngiltere, İtalya, Almanya ve Amerika'da bilgisayar modelleri geliştiriliyor. Bilim adamları bu modelleri kullanarak, Dünya çevresinde farklı yörüngelerde dönen küçük büyük bütün döküntülerin hareketlerini ortaya koymaya çalışıyor. Bu hareketler incelenerek de ileriye yönelik tahminler ve risk hesapları yapılıyor.

Bugünkü çalışmalar şimdilik uzay kirliliği sorununu anlamaya yönelik. Her geçen gün büyüyen bu sorunun çözümüne yönelik yapılan bir şey yok. Yörüngedeki kirlilik konusunda, uluslararası bir anlaşma daha yapılmış değil. Ama uzay ajansları, kendi aralarında Uzay Ajanslararası Uzay Kirliliği Eşgüdüm Komitesi adında bir yapı oluşturmuş bulunuyor. Bunun yanı sıra, uzay kirliliği konusu 1994 yılından bu yana, Birleşmiş Milletler'in Uzayın Barışçıl Amaçlarla Kullanımı Komitesi'nin, Bilimsel ve Teknik Altkomitesi'nce bir tartışma ve değerlendirme başlığı olarak ele alınıyor. Bu tür uluslararası girişimlerin yanında uzay ajanslarının önyak olduğu çalışmalar da var. Örneğin, NASA ve NASDA'nın

(Japon Uzay Ajansı) uzay kirliliğine yönelik yayımladığı ve uygulamaya koyduğu kılavuzlar bulunuyor. Rusya, Fransa ve ESA da benzer kılavuzlar hazırlama ve geliştirme çalışmalarını sürdürüyor.

Kirlilik konusunda ortaya atılan değişik öneriler var, ama üzerinde anlaşılan ve uygulamaya konulan ciddi bir plan yok. Tüm uzay ajanslarının anlaştıkları nokta ilk aşamada, uzay kirliliğinin artış hızının önünü kesmek. Uzay ajansları, bundan böyle uzaya çıkacak araçların, fırlatılışları ve yörüngeye yerleştirilmeleri sırasında uzayı en düşük düzeyde kirliletmelerini sağlayacak. Ayrıca bundan böyle ömrü tükenen uyduların ve uzay araçlarının Dünya'ya düşmeleri sağlanacak.

İkincil olarak yapılması gereken, bugünkü kirliliğin ortadan kaldırılması. Ancak bu "temizlik" teknolojik ve daha çok da ekonomik bir konu. Bu iş için değişik öneriler var. Bunlardan birine göre, temizlik iki koldan yapılmalı. Birinci kolda, uzay mekikleri ya da geliştirilecek benzer bir araçla, yörüngedeki büyük parçalar toplanıp Dünya'ya getirilecek. Geriye kalan milyonlarca küçük cisim de geliştirilecek bir "uzay süpürgesi"yle toplanacak. Bir başka öneri de tüm hurdaları Dünya yörüngesinde belirli bir bölgede, bir "uzay aracı mezarlığı"nda toplamak. Ama tüm bunlar şimdilik düşünce aşamasında olan projeler.

Çağlar Sunay

Konu Danışmanı: Zeki Aslan

Prof. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fak., Fizik Böl.

Kaynaklar

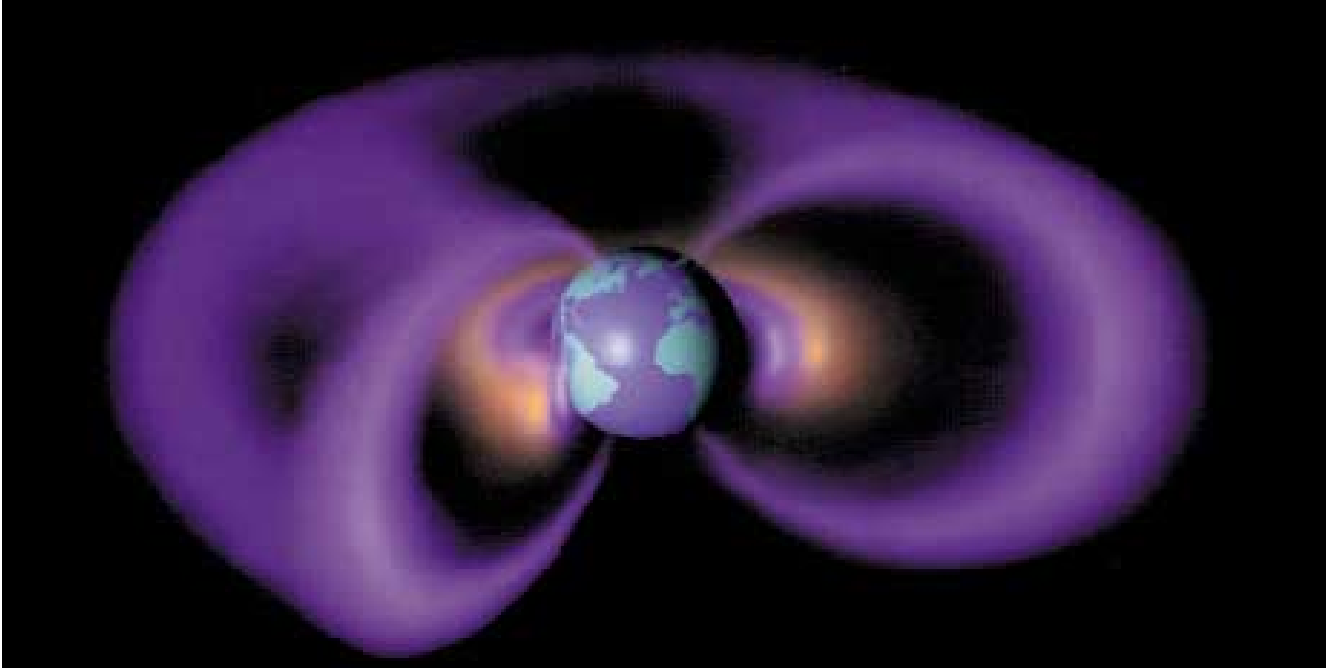
Unispace III-UN/IAU Symposium 196, Viyana, 14 Temmuz 1999

<http://www.etamax.de/debrisweb/foto97/sld002.htm>

<http://sn-callisto.jsc.nasa.gov/faq/faq.html>

<http://www.msnbc.com/news/319598.asp>





Manyetik Kalkanlar

Yıldızımız Güneş, Dünya'daki yaşamın kaynağı. Ancak, ona karşı yeterli koruması olmayanlara pek de konuksever davrandığı söylenemez. Çünkü, Güneş, herhangi bir canlıyı çok kısa sürede öldürebilecek dozda ısıma yapıyor. Ayrıca, saniyede 450 km hızla ilerleyen güneş rüzgârıyla, çok sayıda yüklü parçacık her yöne saçılıyor. Neyse ki bizi bu parçacıklardan koruyan doğal bir kalkanımız var: Dünya'nın manyetosferi.

YILDIZLARARASI ya da gezegenlerarası ortam denince genellikle aklımıza boşluk gelir. Bu bir bakıma doğru; çünkü, bu ortamdaki maddenin yoğunluğu, laboratuvar ortamında yaratabileceğimiz vakumdan bile daha az. Ancak, burası, özellikle de yakın çevremiz, başlıca kaynağı Güneş olan yüksek enerjili birtakım parçacıkların etkisi altındadır. Yaşam açısından bakacak olursak, yeryüzünde yaşayan canlıların böyle bir ortamda (diğer tüm koşullar sağlansa bile) hayatta kalması olanaksız.

Güneş, elektromanyetik ısıma olarak tanımlanan radyo dalgaları, gördüğümüz ışık ve x ışını gibi ışınımın yanında, plazma olarak adlandırılan, elektronların ve iyonların (protonlar ve bazı daha ağır atom çekirdekleri) karışımından oluşan başka bir ısıma daha yapar. Sıcaklığı 100 000 Kelvin'i bulan plazmanın kaynağı, Güneş'in atmosferi,

yani taç katmanıdır. Plazmayı içeren güneş rüzgârı, saniyede yaklaşık 450 km hızla gezegenlerarası ortamda ilerler ve Güneş'ten en azından 70 astronomi birimi (1 astronomi birimi 150 milyon km olan Dünya ile Güneş arasındaki uzaklığa eşittir) uzaklara kadar ulaşabilir.

Güneş rüzgârı, Dünya'nın yörüngesine ulaştığında, sakin koşullarda, iyon ve elektron yoğunluğu, cm³'e beş parçacık düşecek kadardır. Bu yoğunluk, Güneş'e olan uzaklığın karesiyle ters orantılıdır. Güneş'in etkinliğine bağlı olarak, bu yoğunluk belli dönemlerde artar ya da azalır. Bu sıralar Güneş, her 11 yılda bir olduğu gibi, daha fazla gündemde. Uyarılar her zaman geçerli olsa da uzmanlar bu yıl Güneş'e daha fazla dikkat etmemiz gerektiğini söylüyorlar. Dünya'daki yaşamın kaynağı olsa da sanki belli dönemlerde, ne kadar zararlı da olabileceğini bize hissettirmeye çalışıyor.

Koruyucu kalkanlara sahip olsak bile, Güneş'ten gelen yüklü parçacıkların yaşantımıza olumsuz etkileri var. Bu, özellikle elektronik aygıtların yaşantımızın ayrılmaz birer parçası olduğu; uzay uçuşlarının gerçekleştirildiği son birkaç onyılda belirginleşti. Güneş'in etkinliği, radyo ve televizyon yayınlarında parazitlere, bazı elektronik aygıtların bozulmasına; elektrik şebekelerinin aşırı yüklenecek işlemez hale gelmesine yol açabiliyor. Doğal olarak, güneş rüzgârının etkisi yörüngede dolanan uydular üzerinde daha fazla. Onların atmosfer gibi bir kalkanları da yok.

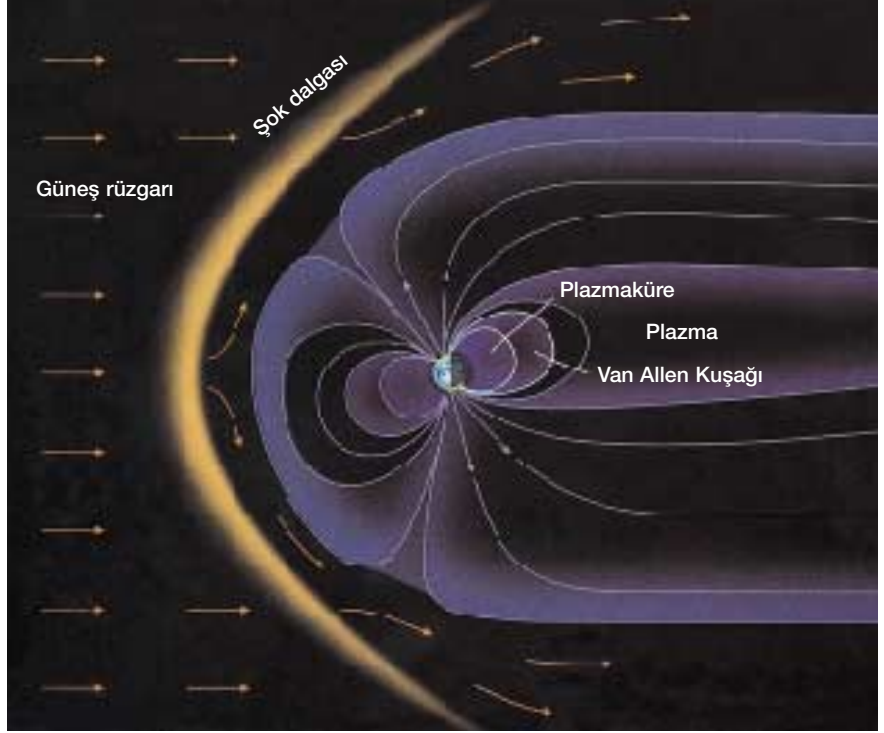
Dünya'ya ulaşan ısımanın büyük bölümü, ötekilere oranla bize çok daha yakında yer alan yıldızımız Güneş'ten kaynaklanıyor. Bunun yanında, evrendeki başka kaynaklardan, örneğin süpernovalar gibi kısa sürede çok yüksek enerjinin ortaya çıktığı patlamalar sırasında çok yüksek ener-

jili parçacıklar evrenin her yanına savrulur. Bu parçacıklar da Güneş'ten gelen parçacıklar gibi, canlılar için ciddi birer tehdit oluşturur. Ancak, bu parçacıklar yeryüzüne ulaştığında, atmosferdeki gazla etkileşime girerek enerjilerinin büyük bölümünü yitirir.

1950'li yıllarda, Güneş'ten yeryüzüne ulaşan parçacıkların sayısında dönemsel bir değişim olduğu anlaşıldı. Yaklaşık 11 yıllık bir döngüyle Güneş'in etkinliği değişiyor. Bu değişim, yükseklerle çıkıldıkça daha da belirgin oluyor. Atmosferin dışına çıkıldığında da çok belirgin oluyor. Atmosferin hemen üzerinde, etkinliğin en yüksek olduğu dönemdeki kozmik ışıma yoğunluğu, en düşük olduğu dönemdeki yoğunluğunun iki katını aşıyor. Hatta, bu ışımanın yoğunluğu, güneş parlaması denen, Güneş'in gezegenlerarası ortama yoğun madde püskürttüğü zamanlar, birkaç yüz katına çıkabiliyor.

Gezegenler ve Manyetik Alanları

Güneş, enerjisini çekirdeğindeki nükleer tepkimelerden sağlar. Bu enerjinin Güneş'in iletken gaz yapısında oluşturduğu çalkantılar yıldızın güçlü bir manyetik alana sahip olmasına yol açar. Güneş'in yanı sıra, gezegenler, nükleer enerji kaynaklarına sahip olmadıkları halde, manyetik alana sahipler. Bunun bir açıklaması, Güneş sisteminin oluşum aşamasına dayanıyor. Buna göre, yaklaşık 4,5 milyar yıl önce, gezegenler soğuyup katılaşmadan önce, Güneş'in güçlü manyetik alanı onları etkileyip, birer manyetik alana sahip olmalarına yol açmış olabilir. Demir gibi bazı mineraller ya da onları içeren moleküller, manyetik özellikler kazanabilir. Eğer, bir cismin içindeki bu mineraller ya da moleküllerin manyetik kutupları aynı doğrultuda yerleşmişse, cisim bir mıknatıs olur. Dışarıdan kaynaklanan manyetik etki altında bulunan böyle bir cisim, yeterli sıcaklıktaysa bu özelliği kazanabilir. Bunun için, demir içeren manyetik maddenin "Curie noktası" denen yeterli sıcaklığa ulaşması gerekir. Gezegenlerin, oluşumları sırasında, Curie noktasının çok üzerinde sıcaklıklara sahip oldukları biliniyor.



Manyetosfer, bir gezegenin manyetik alanıyla, büyük oranda güneş rüzgarıyla gelen parçacıkların etkileşime girmesiyle oluşur. Manyetik alanın, saniyede 450 km hızla ilerleyen güneş rüzgarıyla karşılaştığı yerde yay biçiminde bir şok oluşur.

Bir başka açıklamaysa, gezegenlerin bir "dinamo" gibi davranarak kendi manyetik alanlarını oluşturdukları yönünde. Bu kuram biraz karmaşık. Bir dinamo için gerekenler, bir manyetik alan ve bunun içinde elektriği iletebilen, dönen bir gövde. Nitekim, Güneş sistemindeki tüm gezegenler (belki Venüs hariç) ve pek çok büyük uydu bunu sağlayabilecek, yeterli dönme hızına sahip. Ayrıca, bu gök cisimlerinin çeşitli katmanları elektriği iletiyor. Bu, Dünya gibi karasal gezegenlerde ve uydularda kaya-demir karışımı ergimiş çekirdek; Jüpiter ve Satürn'de, basınç ve sıcaklık altında metal özelliği kazanan hidrojenle; ya da Uranüs ve Neptün'de olduğu gibi, su, amonyak ve metan karışımı katmanlarla sağlanıyor.

Dinamonun çalışmasını sağlayabilecek bir başka etken, katmanlar arasındaki sıcaklık farkı. Bu sıcaklık farkının da elektriği iletebilen katmanların çalkantılı hareketini sağlayabilecek kadar olması gerekli. Manyetik alana sahip karasal gezegenlerin (Merkür, Venüs, Jüpiter'in uydusu Ganymede) dinamoları güçlerini kütleçekimi, radyoaktif elementlerin bozunması ve bazı kimyasal tepkimelerden alıyor olabilir. Dev gezegenlerse, zaten içlerindeki sıcaklığı çok iyi ko-

rumuş olduklarından, içerideki çalkantı yeterli gücü sağlıyor olabilir.

"Dinamoların nasıl çalıştığına" dair oluşturulan kuramlar genelde karmaşık. Bununla birlikte, 1955'te, Eugene Parker'ın ortaya attığı senaryo, daha anlaşılır nitelikte. Dönen bir sıvı olduğu gibi, bir gezegenin içinde ergimiş halde bulunan madde de differansiyel dönme yapar. Yani, merkezi dış katmanlara göre daha hızlı döner. Bu şekilde hareket eden iletken madde, çekirdekteki manyetik alanı güçlendirir. Eğer bu iletken katmanlar yeterince sıcaksa ve çalkantılıysa, bu da varolan manyetik alanı güçlendirir. Böylece, bir gezegen kendi kendine dinamoyu çalıştıracak kuvveti yaratmış olur.

Bir gezegenin manyetik alanı, biraz daha karmaşık olabilmekle birlikte, basit bir çubuk mıknatısınkine benzer. Kuzey ve güney olarak adlandırılan iki kutbu vardır. Gezegenlerin manyetik kutupları, genellikle dönüş eksenine yakındır. Dünya'nın manyetik kutbuyla kuzey kutbu arasında 11°, Jüpiter'inkilerde 10°, açı vardır. Satürn'ünkilerse hemen hemen çakışmıştır. Uranüs ve Neptün, burada ötekilerden ayrılır. Eksenler arasındaki açı Uranüs'te 58,6°, Neptünde 46°'dir. Bu, iki gezegendeki dinamo-

nun biraz daha farklı çalıştığını gösteriyor.

Manyetik alanların yönlerinin neden dönüş eksenleriyle çakışmadığı pek anlaşılmış değil. Üstelik, Merkür ve Dünya'nın manyetik alanları öteki gezegenlerinkiyle ters yönde. Yani, Dünya'nın kuzey kutbu, güney manyetik kutbuna yakın. Ayrıca, Dünya'nın manyetik alanının pek çok defa yön değiştirdiğini gösteren bazı yerbilimsel ipuçları var.

Manyetik Kalkanlar

Öteki gezegenlerin manyetik özellikleriyle ilgili kuramlar, temelde Dünya'nın manyetik alanı hakkında edindiğimiz bilgilere dayandırılıyor. Ancak, gözlemlere göre her gezegen farklı özelliklere sahip. Yine de tüm gezegenler için, basit bir "manyetosfer" tanımı yapabiliriz: "Bir gezegenin kendi manyetik alanının oluşturduğu, elektrik yüklü parçacıkları içeren katman." Manyetosferler, manyetik alanın yapısına bağlı olarak yaklaşık küresel biçimdedir.

Manyetosferlerin güneş rüzgârıyla karşılaştığı yerlerde, yay biçiminde bir şok dalgası meydana gelir. Şok dalgalarının oluşabilmesi için, bir cismin, ona doğru gelen rüzgâr içinde yayılan dalgalardan daha hızlı ilerlemesi gerekir. Böylece, güneş rüzgârı, karşısındaki manyetik kalkanı "fark edemez"; fark edemeyeceği için, çevresinden akıp gidemediği için de

Kutup ışıkları denen etkileyici doğa olayları manyetosferdeki yüklü parçacıkların atmosferin üst katmanlarındaki gazla etkileşime girmesi sonucu, meydana gelir.

onunla çarpışır.

Şok dalgasını geçen plazma, manyetik alanın etkisiyle ve güneş rüzgârının yarattığı basınçla, gezegenin arkasında bir kuyruk oluşturur. Dünya'nın manyetik kuyruğunun uzunluğu birkaç milyon kilometreyi bulabilmektedir. Ayrıca, plazmanın gezegene en çok yaklaştığı yer, manyetosferin Güneş'e bakan yönüdür. Çünkü burada güneş rüzgârı manyetosfer üzerinde basınç yaratır ve onu iter. Dünya için bu nokta yaklaşık 64 000 km uzaklıktadır. Bu, kalınlığı ortalama 300 km olan atmosferle karşılaştığında çok yukarıda kalır.

Bir gezegenin manyetik alanı ne kadar güçlüyse, manyetosfer de o

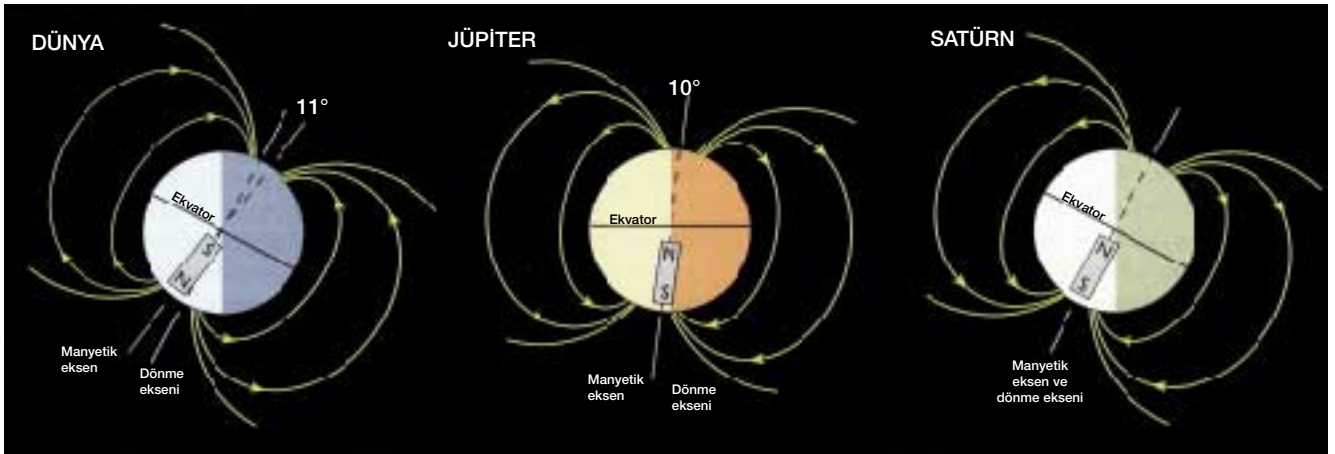
denli büyük olur. Doğal olarak, güneş rüzgârının basıncının da bunda doğrudan payı var. Örneğin, Merkür'ün manyetosferi o kadar küçük ki Dünya'nın kapladığı hacimden daha az yer kaplar. Buna karşılık, Jüpiter'in manyetosferi, en azından 1000 güneş hacmindedir.

Bir cismin yarattığı manyetik alan anlatılırken, "manyetik alan çizgilerinden" yararlanılır. Yani, alanın biçimi ve yönü gerçekte varolmayan çizgilerle gösterilir. Manyetik alanların dolaşısıyla da manyetosferlerin biçimine baktığımızda, manyetik alan çizgilerinin iki yerde, manyetik kutuplarda gezegenlere dik girdiğini görürüz. Bu, manyetik alanın yapısından kaynaklanır ve düzgün yapıdaki manyetik özellikler taşıyan tüm cisimler için geçerlidir. Manyetosferler, önemli miktarlarda plazma içerdiğinden ve kutuplarda bu plazma kısmen de olsa gezegenle buluştuğundan atmosferin üst kısımlarıyla etkileşime girer.

Güneş rüzgârının içerdiği plazma, protonlar (H^+), yaklaşık %4 oranında alfa parçacıkları (He^{++}), ve bazı daha ağır elementlerin (oksijen ve azot gibi) iyonlaşmış hallerini bulundurur. Yer atmosferinin ve bazı öteki gezegenlerin iyonosfer olarak adlandırılan üst katmanları da benzer bileşimdedir.

Dünya'nın Kalkanı

Manyetik alan ve manyetosfer, doğrudan gözlenemese de, onun atmosferdeki ve yeryüzündeki etkisi zaman zaman kendini gösterir. Ku-



Satürn'ün aksine Dünya ve Jüpiter'in manyetik eksenleri dönme eksenleriyle çakışmaz.

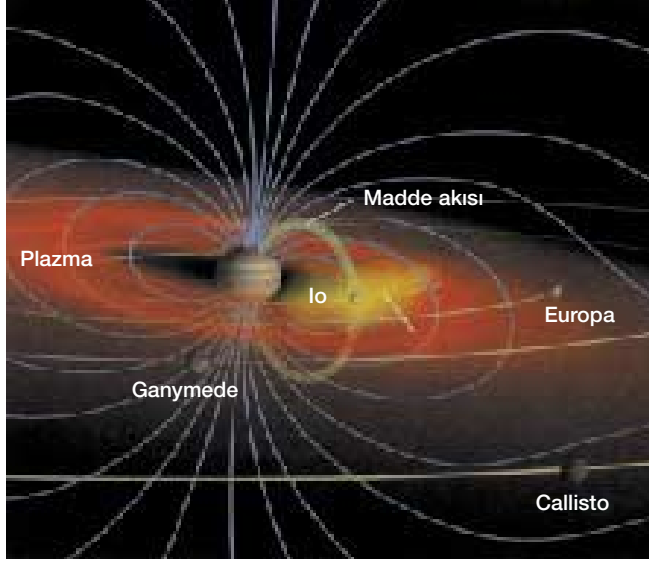
tuplara yakın yerlerde gözlenen kutup ışıkları ya da "aurora"lar, manyetik alanın ve manyetosferin varlığını gösteren en belirgin ipuçlarıdır. Kutup ışıklarının, manyetik alana yakalanmış elektronların kutup bölgelerinde atmosferle etkileşime girmesiyle oluştuğu varsayımını ortaya atan ilk bilim adamı, Norveçli fizikçi Olaf Bernhard Birkeland oldu. Birkeland, bu elektronların kaynağının Güneş olabileceğini de düşünmüştü. Güneş'in enerji kaynağının ne olduğunun bile bilinmediği o zamanlar için gayet isabetli bir varsayım idi bu.

1907'de, Carl Stormer adlı bilim adamı, elektrik yüklü parçacıkların manyetik alan içinde hapsedilebileceğini kuramsal olarak gösterdi. Herhangi bir durgun manyetik alan içerisindeki parçacıkların üzerindeki kuvvetler, onların manyetik alanın içinde yay biçimli yollar izlemelerine neden oluyordu.

Uzaya çıkan ilk uydulardan Explorer 1 ve 3 uydularının basit algılayıcılarıyla yapılan gözlemlerde, 1958 yılında James Van Allen ve öğrencileri, Dünya'nın çevresini saran, elektrik yüklü bölgeyi gözlemeyi başardılar. Daha sonraki gözlemlerde, parçacıkların temelde iki ayrı bölgede yakalandığı keşfedildi. Bunlar, biri içte, biri de dışta Dünya'yı saran iki kuşakta yoğunlaşmıştı. Bu kuşaklara, Van Allen Radyasyon Kuşakları dendi. Bu kuşaklardan Dünya'ya yakın olanı, yerden yaklaşık 6300 km uzağa kadar

ulaşıyor. İkinci kuşaksa, çok daha dışta yer alıyor.

Radyasyon kuşaklarındaki parçacıkların bir kaynağı da kozmik parçacıkların ve Güneş'ten gelen yüksek enerjili parçacıkların atmosferin üst katmanlarından koparttığı nötronlardır. Böylece, uzaya savrulan parçacıkların küçük bir bölümü elektronlara ve protonlara ayrışır. Bu parçacıkları manyetik alan hemen yakalar. Parçacıkların manyetosferde ne kadar kalacakları bulundukları bölgedeki manyetik alanın kuvvetine bağlıdır. Manyetik alan kuvveti, Dünya'ya yakınlaştıkça artar. Yüksek enerjili protonlar, Dünya'ya yakın konumlarda yaklaşık on yıl süresinde barınabilir. Atmosferden gelen az miktarda proton, burada uzun süreler kalabilmesi sayesinde birikerek önemli miktarlara ulaşır.



Dev gezegen Jüpiter'in manyetosferi de devasa boyutlardadır. Gezegenin dört büyük uydusundan gezegene en yakın olanı Io, manyetosfer üzerinde etkiye sahiptir.

Manyetik Dev: Jüpiter

1955 yılında, Jüpiter'in düzensiz radyo dalgaları patlamaları yaydığı gözlemlendi. 22,2 megahertz frekanslı yayın, sıcak bir cismin yaydığı ışımadan daha farklıydı. Kısa bir süre sonra da yine ısılmayan fakat daha yüksek frekanslı ışımaya keşfedildi. Bu ışımaya, 300 ile 3000 megahertz frekans aralığındaydı. Bu ışımaya zaman içinde kayda değer bir değişim göstermiyordu. 1959 yılında, Frank Drake ve Hein Hvatum adlı iki bilim adamı, bu ışımaların kaynağının Jüpiter'in

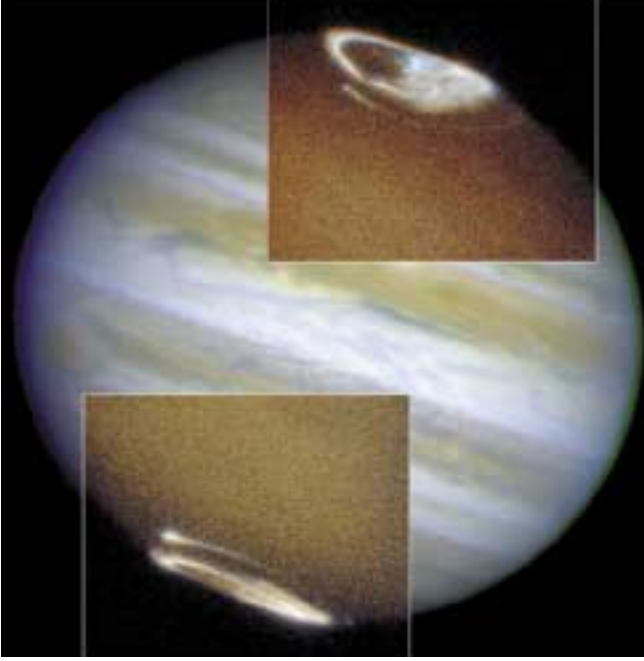
manyetik alanında yakalanmış, ışık hızına yakın hızlarla hareket eden parçacıklar olduğunu dile getirdi.

Jüpiter'den kaynaklan güçlü radyo ışınları, öteki bilim adamlarının da ilgisini çekti. Gözler Jüpiter'e çevrildi. Ancak, yerden yapılan gözlemler pek yeterli olmadı. 1973 ve 1974 yıllarında arka arkaya Jüpiter'e ulaşan Pioneer 10 ve 11 uzay araçları, Dünya'daki benzerinden çok daha güçlü bir manyetik alanla ve burada yakalanmış, çok hızlı hareket eden yüksek enerjili elektronlarla karşılaştı. Böyle bir bölgede ne bir canlının yaşaması, ne de iyi korunmamış bir uzay aracının sağlam kalması pek olası değil. Nitekim, her iki uzay aracı da birtakım sorunlarla karşılaştı. Pek çok transistör yandı, araçların görüntü kalitesi bozuldu. Araçların burada etkisi altında kaldığı radyasyon seviyesi, bir insan için ölümcül olan dozun yaklaşık bin katıydı.

Jüpiter'in manyetosferinin biçimi Dünya'ninkine oldukça benzer; ancak, boyutları onunkinin yaklaşık 1200 katı. Eğer, Jüpiter'in manyetosferini çıplak gözle görebilseydik, gökyüzünde dolunayın kapladığı alandan daha fazlasını kaplayacaktı. Voyager uzay araçlarının yaptığı ölçümler sonucu, gezegenin manyetik kuyruğunun Satürn'ün yörüngesinin ötesine uzandığı keşfedildi. Yani, Jüpiter'in manyetik kuyruğu yaklaşık 650 milyon km uzunlukta. Jüpiter'in manyetosferinin bu denli büyük olmasının

Kutup ışıklarının uzaydan görünüşü.





Jüpiter ve Satürn'ün üst atmosferiyle etkileşime giren elektronlar, Dünya'dakine benzer kutup ışıklarının oluşmasına yol açar. Hubble Uzay Teleskopu'nun 1997'de morötesi dalgaboyunda çektiği bu görüntülerde kutup ışıkları açıkça görünüyor.

nedenleri, hem onun Dünya'dan çok daha güçlü bir manyetik alana sahip olması (yaklaşık 20 000 kat) hem de buradaki güneş rüzgârı yoğunluğunun Dünya yakınındakinin %4'ü kadar olmasıdır.

Bu basit özelliklerden öte, Jüpiter'in manyetosferinin bazı kendine has özellikleri var. Manyetik alanın en zayıf olduğu bölge olan manyetik ekvatorlardan içeri sızan plazma, manyetik alanı şişirir. Jüpiter, ekseninde hızlı dönen bir gezegen olduğu için, yakınındaki plazmanın da dönmesine yol açar. Böylece, dönmeye başlayan plazma gezegenin çevresinde bir disk halini alır.

Jüpiter'in dört büyük uydusundan gezegene en yakın olanı Io, gezegenin manyetosferi üzerinde etkiye sahip. 1964 yılında, gökbilimciler, Jüpiter'den kaynaklanan radyo ışınlamında, Io'nun yörüngesindeki konumuna bağlı olarak bazı değişiklikler olduğunu fark ettiler. 1970'lerde, yerden yapılan gözlemlerle, Io'nun sodyum atomları içeren bir katmanla kaplı olduğu; ayrıca, yörüngesinde de önemli miktarlarda kükürt iyonları bulunduğu fark edildi. Voyager 1 uzay aracı, 1971'de Jüpiter'e ulaştığında, Io'dan kaynaklanan plazmayı inceledi ve burada 1 cm³'de sıcaklığı 1 000 000 Kelvin'i bulan binlerce iyon ve elektronun bulunduğunu belirledi. Bu, hiç de azımsanacak bir yoğunluk değildi.

Bu plazmayı oluşturan kükürt dioksit (SO₂) iyonlarının kaynağı da kısa süre sonra bulundu. Io, volkanik bakımdan etkin bir uyduydu. Bu nedenle, çok büyük oranda kükürt dioksit içeren bir atmosferi vardı. İşte bu atmosfer, Jüpiter'in manyetosferindeki plazma kütlesini saniyede yaklaşık bir ton kükürt dioksitle besliyordu.

Io, bu gözlemlerden sonra, ilgi odağı haline geldi. Bu nedenle, Jüpiter ve dört büyük uydusunu inceleme göreviyle gönderilen Galileo uzay aracının ana görevlerinden biri Io'ya yapılacak bir yakın geçişti. Aralık 1995'te Jüpiter'e ulaşan uzay aracı, Io'nun 900

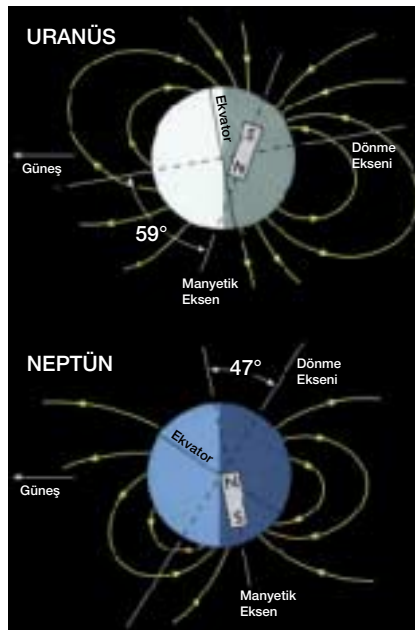
km yakınından geçti. Bu sırada manyetosferdeki plazmanın da içinden geçen uzay aracı, manyetometresiyle ölçümler yaptı. Hala, Io ve manyetosferdeki plazma arasındaki ilişkide hala bazı soru işaretleri var. Ancak, Io ve Jüpiter'in elektrodinamik olarak birbirleriyle ilişkide oldukları ortada. Jüpiter'den alınan radyo ışımasını da büyük oranda Io tetikliyor.

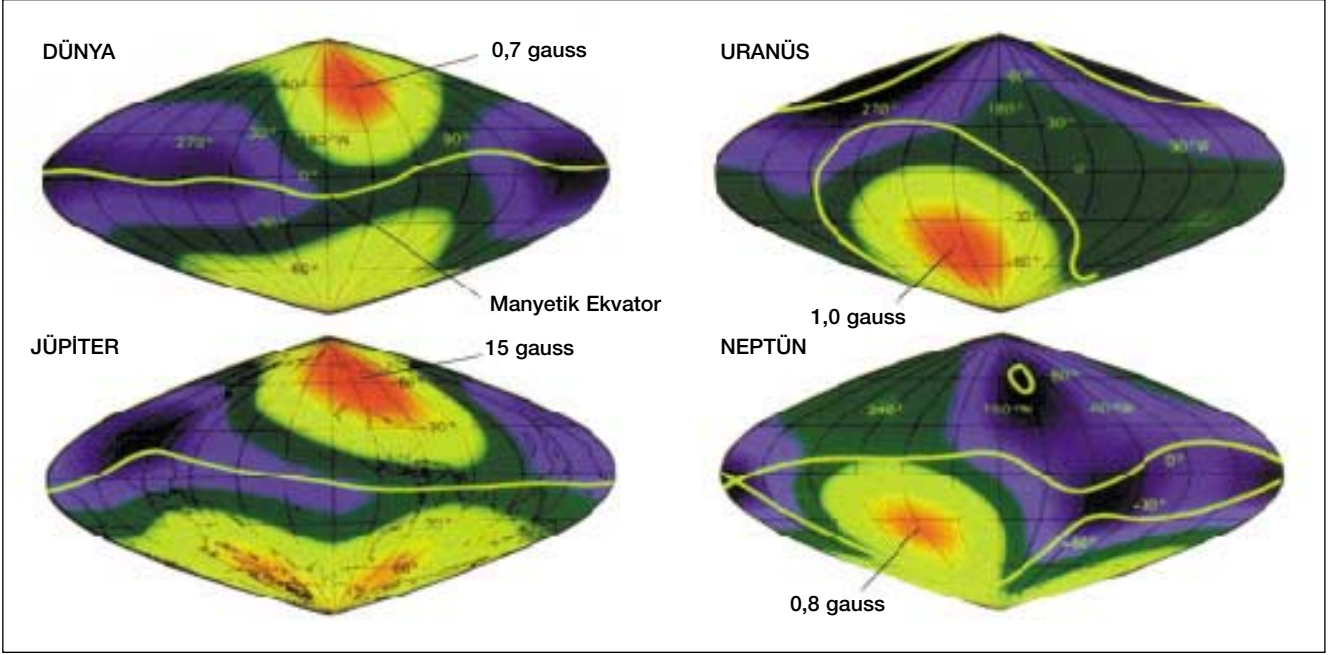
Satürn'deki Simetri

Jüpiter'deki durumun aksine, Pioneer 11 uzay aracının Satürn'e ulaşmasından önce gezegenin manyetik alanı hakkında hiçbir şey bilinmiyordu. Yer'deki radyoteleskoplarla yapılan gözlemlere göre manyetosferin varlığına dair herhangi bir kanıt bulunamamıştı.

Satürn'ün manyetosferinin keşfi, 1979 yılında, Pioneer 11'in gezegene 1,44 milyon km ötedeki yay biçimli şok dalgasını keşfiyle oldu. Şok dalgasını geçen uzay aracı, yoğun manyetosferin içine daldı. Ancak, halka sisteminin dış kenarına ulaştığında, ölçülen yüklü parçacık yoğunluğunda, bıçakla kesilmiş gibi, büyük bir azalma oldu. Bu, beklenmedik bir

Öteki gezegenlerin aksine, Uranüs ve Neptün'ün kutup eksenleriyle dönme eksenleri arasında büyük açı vardır. Bu, manyetik alanı yaratan dinamonun çalışma biçimi üzerine varsayımlara ters düşüyor.





Dünya, Jüpiter, Uranüs ve Neptün'ün manyetik alanları, farklı şiddettedir. Dünya ve Jüpiter'in yüzeylerindeki manyetik alan şiddeti, çok düzgün dağılmış olmasa da Uranüs ve Neptün'üne göre çok daha düzgündür.

olay değildi. İnce, ancak böylesine yoğun bir halka sistemi, buradaki parçacıkları emerek kendi bünyesine kattıyordu.

Pioneer 11'i izleyen Voyager uzay araçları, birbiri ardına, Kasım 1980 ve Ağustos 1981'de Satürn'e ulaştı. Araçların ölçümleri sonucu, Satürn'ün manyetik alan kuvvetinin Dünya'nınkinin yaklaşık 600 katı olduğu ortaya çıktı. Bu, Jüpiter'inkine göre çok düşük; ancak, Dünya'ninkile karşılaştırıldığında hiç de az değil. İki dev gezegenin manyetosferleri birbirine büyük benzerlik gösteriyor. Bir kere, ikisinde de plazmanın ana kaynağı uydular. İkisinde de, dönmenin ve kütleçekiminin etkisiyle plazma disk biçimini almış. Aralarındaki en belirgin farksa, Satürn'deki halkaların neden olduğu, plazmasız bir katman.

Satürn'ün halkaları, bir yandan o bölgedeki plazmayı soğururken, bir yandan da gezegenin manyetosferindeki plazmaya kaynak oluşturuyor. Halkaların içerdiği suyun ayrışmasıyla, oksijen iyonları ortaya çıkıyor. Hubble Uzay Teleskopu'yla yapılan gözlemlerde, halka sisteminin 30 000 km üzerinde ve altında yoğun OH⁻ bulutlarına rastlandı. Bu bulutun oluşabilmesi için, saniyede 170 kg suya gereksinim var. Satürn'ün manyetosferindeki atomların çoğu, yüklü atomlar değil. Satürn, bu özelliğiyle öteki gezegenlerden ayrılıyor.

Satürn'ün bir başka plazma kaynağıysa en büyük uydusu Titan. Manyetosferin dış kısımlarında kalan yörüngesinde dolanan Titan, büyük oranda azottan oluşan atmosferinin bir bölümünü Satürn'ün manyetosferine bağışlıyor.

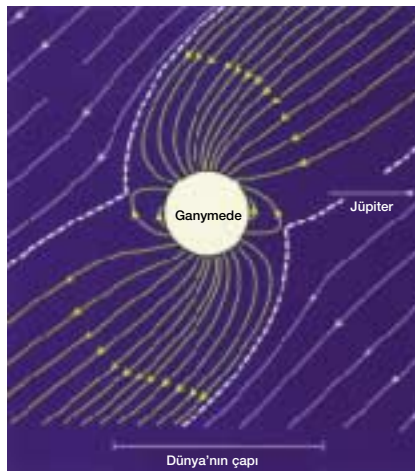
Aykırı Olanlar

Voyager 2 uzay aracı, Ocak 1986'da Uranüs'e ulaştı. Bu tarihe değin, akıllardaki soru işaretlerinden biri, dönüş eksenini yörüngesiyle neredeyse 90° açı yapan bu gezegenin Dünya, Jüpiter ve Satürn'deki gibi

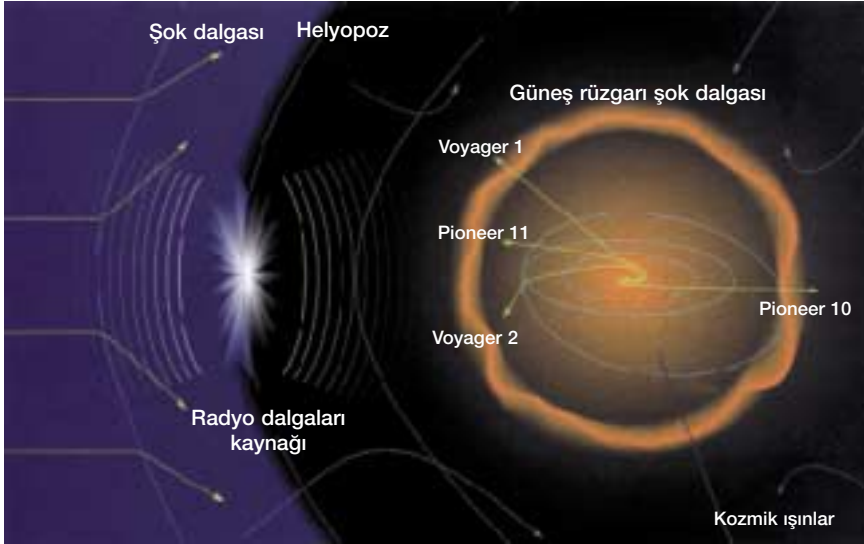
düzgün manyetik alana sahip olup olmadığıydı. Çünkü, eğer öteki gezegenlerde olduğu gibi, Uranüs'te de manyetik eksenle dönme eksenini birbiriyle küçük bir açı yapıyorsa, manyetik kutuplardan birisi hemen hemen Güneş'e doğrulmuş demektir. Bu da manyetosferin çok ilginç bir biçim almasına yol açabilirdi. Ancak, Voyager 2'nin ölçümleri, hevesle ilginç bir şeylerle karşılaşmayı bekleyen bilim adamlarını hayal kırıklığına uğrattı. Ölçümler, manyetik eksenle dönme ekseninin beklenmedik derecede büyük bir açı yaptığını gösteriyordu: 59°. Gezegenin manyetik alan kuvvetiye beklendiği gibiydi.

Uranüs'te, Satürn'de de olduğu gibi, manyetosferdeki parçacıkları baskın olarak uydulardan gelen madde sağlıyor. Satürn'ünki kadar olmasa da ince halka sistemi, buradaki parçacıkları kontrol altında tutuyor. Ancak, manyetik alan ekseninin uyduların dönme eksenine yaptığı büyük açı, uydular ve manyetik alan arasında karmaşık bir ilişkiye neden oluyor.

Uranüs'ün manyetik kuyruğu, Dünya'ninkine benzerlik gösteriyor. Manyetik ekvatorundaki plazma, yaklaşık 250 000 km uzuyor. Ancak, gezegenin manyetosferi, parçacık bakımından pek de zengin değil. Uydular küçük ve bir atmosferden yoksun olduklarından madde sağlayamıyorlar. Uranüs manyetosferi, çok büyük



Güneş sisteminin en büyük uydusu Ganymede'in bir manyetik alanının olduğu Galileo uzay aracı sayesinde 1996'da keşfedildi. Jüpiter'in güçlü manyetik alanı içinde kalan uydunun manyetik alanı bundan fazlasıyla etkileniyor.



Güneş rüzgârının, Güneş'ten yaklaşık 100 astronomi birimi ötede etkisini yitirerek, helyopoz (heliopause) olarak adlandırılan bölgede kozmik ışımayla karşılaşarak sonlandığı düşünülmüyor. Voyager uzay araçlarının bu bölgeye ulaşmasıyla durum netlik kazanacak.

oranda proton içeriyor. Oksijen gibi daha ağır iyonların bulunmayışı, uydulardan buraya önemli sayılabilecek bir madde akışının olmadığını gösteriyor.

Aslında, Uranüs'ün, eğik dönüşüyle ve manyetik alanıyla karmaşık bir manyetosfere sahip olduğu ortada. Ancak, yapılabilen incelemeler çok az. Voyager 2'nin gezegenin yakınından geçişi çok çabuk olduğundan, daha fazla inceleme yapılamadı.

Voyager 2, Neptün'e Ağustos 1989'da ulaştı. Uzay aracı, bu gezegende de güçlü bir manyetik alan ölçtü. Neptün'ün manyetik ekseninin eğikliği de Uranüs'ünkine yakın değerde. Dönme eksenıyla 47° açı yapıyor. Uzay aracı, gezegene ulaştığında, Neptün'ün kuzey yarıküresi, kış mevsiminin ortasıydı. Manyetik eksenin dönme eksenine yaptığı açı nedeniyle, gezegenin 16 günlük her dönüşünde, güneş rüzgârının doğrultusunun manyetik eksenle yaptığı açı, 20° ile 114° arasında değişiyordu. Açı 90° olduğunda gayet simetrik yapıda olan manyetosferin biçimi, açı değiştikçe bozuluyordu.

Manyetosferin geometrisindeki bu dramatik değişimler, burada yakalanmış plazmanın durumunu kestirmeyi güçleştiriyor. Neptün'ün ünlü uydusu Triton, manyetosferin içinde yer alıyor. Bu uydu, her saniye yaklaşık 10^{25} azot iyonunu (N^+) manyetosfere kaptırıyor. Voyager 2'nin saptadığı N^+ iyonları, manyetosferdeki plaz-

manın, uydunun atmosferiyle çarpışarak, buradaki azot atomlarını iyonize edip koparmasıyla ortaya çıktı büyük olasılıkla.

Küçük Dünyalar

1974'ten önce sadece büyük gezegenlerin manyetik alana sahip olabileceği sanılıyordu. Çünkü, küçük gök cisimlerinin, içlerindeki sıcaklığı kaybedince, manyetik alanlarını da kaybettikleri düşünülmüyordu. Güneş sistemindeki küçük gezegenimsilerden önce Merkür, sonra da Jüpiter'in uydusu (aynı zamanda da Güneş sisteminin en büyük uydusu) Ganymede'nin manyetik alana sahip olduğu keşfedildi.

1974 ve 1975 yıllarında, Mariner 10 uzay aracı, Merkür'e üç başarılı yakın geçiş gerçekleştirdi. Bunlar, gezegenin ilk yakın gözlemleri. Ölçümler, gezegende zayıf (Dünya'nınkinin 1400'de biri) bir manyetik alanın varlığını gösterdi. Bu, jeofizikçilerin sandığının aksine katı kabuğun altında gezegenin hala ergimiş katmanlara sahip olduğunun bir göstergesiydi.

Galileo projesinin en şaşırtıcı keşiflerinden biri de Ganymede'nin manyetik alanının keşfi oldu. Bu keşfin bu kadar ilgi çekmesinin nedeni, Jüpiter'in devasa manyetosferinin içinde bir manyetosfer daha olması. Manyetosfer içinde manyetosfer, ilk kez burada bilim adamlarının karşısına çıktı.

Jüpiter'in manyetosferindeki plazma, güneş rüzgârı kadar hızlı hareket etmediği için, Ganymede'nin manyetosferi bir şok dalgasına yol açmıyordu. Zaten, Jüpiter'in güçlü manyetik alanı içinde, Ganymede'nin manyetik alan çizgileri de -iç kısımdakiler dışında- kapalı değil büyük olasılıkla. Bu da uydunun plazmayı manyetik alanında hapsedemeyeceği anlamını taşıyor. Galileo, Ganymede'nin manyetik kutuplarının üzerinden geçerken, proton akımına rastladı. Protonlar, büyük olasılıkla Ganymede'nin yüzeyindeki buzdan kaynaklanıyor.

Rüzgârın Bittiği Yer

Güneş rüzgârının, Güneş'ten yaklaşık 100 astronomi birimi ötede etkisini yitirerek, helyopoz (heliopause) olarak adlandırılan bölgede kozmik ışımayla karşılaşarak sonlandığı düşünülmüyor. Ocak 1995'e kadar Dünya'ya veri gönderen Pioneer 11, bu konuda oldukça önemli bilgiler sağladı. Pioneer 11, artık çalışamaz hale geldiğinde 42 astronomi birimi öteye gidebilmişti. Pioneer 10 ise, şimdi yaklaşık 70 astronomi birimi uzaklıkta ve hala kozmik ışımayla ilgili önemli veriler sağlıyor. Voyager 1 ve 2 uzay araçlarıysa, 1988'in ortalarında 70 ve 55 astronomi birimi uzaklığa ulaştılar. İki uzay aracı da yılda yaklaşık 3 astronomi birimi yol kat ediyor.

Heliopoz'un varlığına dair ilk belirliler, 1991'de Voyager uzay araçlarının algılanan radyo ışımalarıydı. O tarihten bu yana, uzay araçlarına ulaşan radyo ışımalarının yardımıyla helyopoz üzerine çeşitli gözlemler yapıldı. Bu gözlemlere göre helyopozun uzaklığının Güneş'in etkinliğine bağlı olarak, birkaç on astronomi birimi değişiklik gösterdiği biliniyor. Ne yazık ki, bu kadar uzaktan, daha fazla bilgi edinmek biraz zor. Neyse ki, Voyager uzay araçları hala çalışıyor ve bu bölge hakkında ayrıntılı bilgi, uzay araçları buraya ulaştığında elde edilecek.

Alp Akoğlu

Kaynaklar:
Beatty, K.J., Petersen C.C., Chaikin, A., 'The New Solar System, Sky Publishing Corporation, 1999
Burtynik, K., Anatomy of an Aurora, Sky & Telescope, Mart 2000
<http://www.gsfc.nasa.gov>

Uzayda Giyilen Teknoloji Astronot Giysileri

Uzay gemileri ve giysileri, insana hava ve atmosfer basıncı bulunmayan bir boşlukta yaşama olanağı veren olağanüstü güzellikte teknik buluşlardır. Astronot, yıllar süren çok sıkı bir hazırlık ve eğitimden geçerek göreve hazır olur. Kalkışta, dönüşte ve manevra yaparken son derece sıkıntı veren ivmelere dayanması gerekir. Tehlikeli durumları cesaretle karşılamak ve ağırlıksız ortamlarda yaşamaya alışmak zorundadır. Astronotun vücuduna bağlanan küçük ölçü aletleri, astronotun yürek atışlarını, vücut sıcaklığını, damar basıncını, sürekli olarak uçuşu yerden izleyen uzmanlara iletir. Öyle ki yer kontrol merkezi hangi astronotun uyuduğunu, hangisinin uyanık olduğunu bile bilir. Bunlar hem bir görevin başarısı hem de astronotların güvenliği açısından son derece önemlidir.

TEĞMEN William Rankin 26 Temmuz 1959'da F8-U uçağıyla 15 000 metreye çıktığında müthiş ağırlar hissetmişti. Karnı şişmiş, patlayacakmış gibi olmuş, kulak zarı patlamıştı. Damarlarında azot baloncukları oluşmuştu. Gözlerinden, kulaklarından ağızından ve burnundan kanlar boşanmıştı. Buna karşın Rankin hayatta kaldı, hatta bilinçli kalmayı başardı. Yere indiğinde şu gerçeği iyi anlamıştı:Yüksek seviyelere uzay elbiseleri olmadan çıkılamazdı. İnsan, uzayda yaşayabilmek için dünyanın en pahalı elbiseler olan uzay elbiselerini, giymek zorundadır. Bugün çağdaş bir uzay elbisesinin maliyeti 10,4 milyon dolardır. Bunun yanında uzay elbiselerinin üretilmesi ve geliştirilmesi için bugüne değin milyarlarca dolar ve ruble harcanmış bulunuyor. Günümüzde

uzay elbisesi tasarımcılarına düşen görevse Mars'a gidecek astronotların kıyafetlerini tasarlamak, olası uzay yolculuklarında uzaya çıkacak turistler için elbise modelleri geliştirmektir.

1959'da Rankin'in başına gelenlerden çok daha önce, 1875'te üç Fransız,



üzerlerinde uzay elbisesi olmadan yükselme deneyi yapmışlardı. Gaston Tissandier, Joseph Croce Spinelli ve Theodore Sivel, Zenith adındaki balonla uzayın keşfinde bir kilometre taşı olarak anılan yükselme denemesini gerçekleştirmişlerdi. Denemeden yalnızca Tissandier sağ çıktı. Diğerlerinin ölümü hem insan fizyolojisi hem de havacılık açısından bazı sorunları gözler önüne serdi. Zenith'in yolculuğu 7000 metreye kadar fazla sorun çıkmadan gelişti. Bu yükseklikten sonra deneye katılanların üçünde de oksijensizlik belirtileri görülmeye başladı. Deney sırasındaki tek fizyolojik veri 4000 metrede alınmıştı. Üç adamın nabızı da yüksekti. Sivel'in kalp atışları normalin iki katıydı. Bunun ana nedeni kuşkusuz anoksia, yani oksijen eksikliğiydi. 7500 metreye gelindiğinde ekipte halsizlik ve uyku hali vardı; ama yine



de tırmanmayı sürdürme kararı almışlardı. 8000 metre civarında Tissandier barometreyi okuyarak yüksekliklerini ölçmüştü; fakat bunu arkadaşlarına söyleyecek durumda değildi. Kaldı ki onların da Tissandier'i duyabilecekleri kuşkuluydu. Tissandier'in gözleri karardı ve sepetin dibine yığılıp kaldı. Yarım saat sonra uyandığında balonun hızla düştüğünü gördü. Düşüşü yavaşlatmak için biraz safra attı ve ardından güçlükle gözlem defterine arkadaşlarının kıpırdamadan yattıklarını yazdı. Sonra yeniden kendini kaybetti. Balon atılan safradan sonra tırmanmayı sürdürdü. Barometreler ulaşılan en son noktanın 8500 metre olduğunu kaydetti. Tissandier yeniden kendine geldiğinde balon hızla düşüyordu. Sivel ve Spinelli sepetin dibinde uzanmış yatıyordu. Tissandier onları uyandırmak istedi, yanlarına gittiğinde yüzlerinin kararmış ve ağızlarının kan dolu olduğunu gördü. Balonu indirmeyi başardı. On beş gün sonra editörlüğünü de yaptığı La Nature adlı dergide bu deneyin raporunu yayımladı. Spinelli ve Sivel büyük olasılıkla balonun ikinci yükselmesi sırasında ölmüşlerdi. Tissandier, ölümlerin oksijensizlikten kaynaklandığı sonucuna vardı.

Bugün insanın ne gibi tehlikelerle karşı karşıya kalabileceğini biliyoruz.

15 000 ile 18 000 metrenin üzerinde vücut yalnızca oksijen değil, hava basıncına da gereksinim duyar. Basıncın düşük olması vücut sıvılarının sıvı halde kalmasını engeller. Ayrıca kanda erimiş halde bulunan gazların açığa çıkıp kan dolaşımını engellemesine neden olur. Bu durum da ölümlere yol açar. Bundan korunmanın yolu günümüzde astronotların giydiği gibi uzay elbiseleri giymektir.

Uzay elbiseleri geliştikçe elbise tasarımcıları yaptıkları işin ne kadar karmaşık olduğunu anlıyorlar. Böyle bir elbise, sahibini yalnızca uzaydan gelebilecek tehlikelere karşı korumakla kalmaz, onun bedensel gereksinimlerine de yanıt verir, astronotu kısıtlamaz. Dünya'da belli bir sıcaklıkta yaşarız. Atmosfer bizi uzaydan gelen zararlı ışınlar karşı korur. Tehlikeli kozmik ışınlar kadar meteorlar da atmosferimiz tarafından engellenir. Bunun yanı sıra insan günde 200 gram oksijene, 2 litre suya ve 700 gram katı besine gereksinim duyar. Her soluk verişinde zehirli karbondioksit gazı açığa çıkarır. 1,5 litre sıvıyı ve 200 gram katı artığı vücudundan dışarı atar. Bir uzay elbisesi insanın bu gereksinimlerini karşılamak zorundadır. Bu sorunlara çözüm olacak nitelikli bir elbisenin yapılması için ilk girişimler biraz geriye gidiyor, 1930'lu

yıllara denk geliyor. 1933 yılında ABD'li Mark Edward Ridge dalgıç giysisini değiştirip geliştirerek 15 000 - 27 000 metre yükseklikteki basınca uyum sağlayabilir hale soktu. Gelişmekte olan uçakların her geçen gün daha yükseğe çıkacağını düşünerek yapmıştı bu buluşunu. 1936 yılında İngiliz *Kraliyet Hava Kuvvetleri*'nden bir pilot 15 000 metreye çıkmayı başardı. Düşük basınca karşı kauçuktan yapılmış bir elbise giyiyordu ve tıpkı Michelin firmasının maskotu olan bebekler gibi görünüyordu.

Gerçek anlamda uzay elbisesine benzeyen ilk elbiseyi 1961 yılında Neil Armstrong giymişti. Armstrong'un uçağı X-15, yerden 107 kilometre yüksekte sestem altı kat daha hızlı uçuyordu. Armstrong'un üzerindeki giysiler, vücut sıcaklığını koruyan, morötesi ışınları yansıtan alüminyum bir tabakayla kaplıydı. Giysinin aynı zamanda yanmaz nitelikte olması onu ateşten de koruyordu. Bu uçuş deneyinden 8 yıl sonra Armstrong, Ay'a ayak basan ilk insan olacaktı. Üzerindeki giysi yaklaşık 100 kg ağırlığındaydı. 38 kg ağırlığındaki elbise ve sırtına astığı 60 kg ağırlığındaki yaşam destek ünitesi, Ay yüzeyindeki düşük kütleçekimi altında yalnızca altıda bir oranında hissediliyordu.





1) Astronot önce hava dolaşım sistemini içeren iç giysiyi giyer. 2) Ardından iki parça halindeki pantolon ve gövde bölümü giyilir. 3) İki parça arasındaki bağlantılar yapılır. 4) Eldiven takılır. 5) Koruyucu başlık takılır. 6) Uzayda hareket edebilmeyi kolaylaştıran motor sistemi eklenir.

Elbisenin dış yüzü teflondur. Bu yanmayan bir kumaştı. İlk olarak 1938 yılında Du Pont Kimya Laboratuvarı'nda üretilmişti. İdrar, elbisenin içindeki plastik borular aracılığıyla plastik bir haznede toplanıyordu. Kötü kokular elbisenin içinde sirkülasyon halinde bulunan oksijen yardımıyla bastırılıyordu. Bunun yanı sıra kozmik ışınlar ve çok küçük gök cisimlerinden korunmak için elbise, değişik maddelerden yapılmış ve çok dayanıklı katmanlar yardımıyla desteklenmişti.

27 Ocak 1967'de Apollo serisinden bir uzay aracının yer testleri yapıldığı sırada yanması ve astronotların bu kaza sonucunda yanarak ölmelerinin ardından uzay elbiseleri ateşe dayanıklı maddelerden ve yanmayacak şekilde tasarlanmaya başladı. A7L adı verilen bu elbiseler sonradan Ay yolculuğuna katılan astronotların da elbisesi olacaktı. Bu elbiselerin dayanıklılık testlerinden birine katılan Bruce Ferguson bu deneyimini şöyle anlatıyor: "Basınç altında elbisenin içinde oturuyorduk. Göbek kordonu yardımıyla

oksijene bağlıydık. Bir teknisyen elinde alev makinesiyle üzerimize ateş püskürtüyordu. Başka denemeler de yapıldı. Elbiselerle koştuk, düştük, kalktık ve elbisenin denemeleri başarıyla bitti."

Artık güvenilirliği iyice kanıtlanan bu giysileri, NASA, uzay programlarında kullanmaya başlayacaktır. Astronotlar Ay'da yürüyüp taş örnekleri toplarken, Ay araçlarını kullandıkları sırada üzerlerinde bu giysi vardır hep. Bir keresinde astronotlardan birinin tökezleyip düştüğünü gören birçok kişi, onun zarar görmesinden endişelenmişlerdi. Elbise tasarımcılarının ise ürettikleri elbiselerine güvenleri tamdı. 24 katmandan oluşan bu elbiseye zarar verebilmek için üzerinden bir buldozerle geçmek gerekliydi ancak. Elbisenin katmanları teflon, alüminyum, neopren ve dakron gibi dayanıklı ürünlerden oluşuyordu.

Altmışların sonunda ve yetmişlerin başında elbise tasarımcılarının aklındaki elbise tasarımı bir ortaçağ şövalyesinin giysisini andırıyordu. Bir zırh

gibi astronotu koruyacak ve yine aynı şekilde taşıyıcısının hareketlerini kısıtlamayacaktı. Bu giysi tasarımı Apollo 18 görevinde kullanılmak üzere düşünülmüştü. Buna karşın Apollo programının 1972 yılında sona erdirilmesiyle elbise bu görevde kullanılamadı.

İlerleyen yıllarla birlikte ABD uzay programında da değişiklikler yaşanıyordu. Uzaya gönderilen araçların taşıyıcıları olan Satürn roketlerinin kullanımdan kalkması ve yürürlüğe giren uzay mekiği projesiyle birlikte uzay elbiselerinde de bir değişiklik yaşanacaktı. Uzay mekiğinin en temel amaçlarından biri tekrar tekrar kullanılabilir bir uzay aracı yapmaktır. Bu projeye birlikte uzay giysilerinin de çok kez kullanılması gündeme geldi. Yeni görevlere uyarlanabilecek, tekrar kullanılabilir uzay elbiseleri aynı zamanda çok daha ucuza mal olacaktı. Astronotların her biri için ayrı bir elbise hazırlama düşüncesi yerine çeşitli boylarda elbise üretilmesi düşüncesi de bu döneme rastlıyor. Küçük (S), orta (M), ve büyük (L) beden elbiseleri kısa bir süre sonra çok küçük (XS) ve çok büyük (XL) elbise bedenleri de izledi. Artık yalnızca eldivenler astronotun ellerinin içinde rahat hareket edebilmesi için ayrı ayrı üretiliyor. Bu bile oldukça pahalı bir işlem. Bir çift astronot eldiveni yaklaşık 20 000 dolara mal oluyor. Bunların yanında astronotun görev sırasında idrarını yapabilmesi için gerekli olan düzenek, uzay mekiği programına kadınların da alınmasıyla yeniden gözden geçirildi. Bir litre kadar idrarı saklayabilen plastik idrar torbasından yayılan kokunun astronotu rahatsız etmemesi için, iç elbise ile uzay elbisesi arasında hava sirkülasyonu yapılıyor ve elbise havalandırılıyor.

Elbisenin önemli bölümlerinden biri de başlık. Başlık astronotun çevresini rahatça görmesini sağlayacak biçimde tasarlanmıştır. Başlığın bazı dalga boylarını süzerek astronotun zararlı ışıklardan korunmasını sağlayacak vizörleri de bulunur. Bunun yanında başlığın içinde iletişim için bir mikrofon ve alıcı vardır. Elbisenin gövde kısmında astronotun hayatta kalmasını sağlayan yaşam destek ünitesi bulunur. Astronotların sırtına tutturulan bu üniteye oksijen tüpleri, su tankları, havalandırma sistemi ve sıcaklığı ayar-

layan bir birim bulunur. Tüplerdeki oksijen, astronotun nefes alıp vermesinin yanı sıra, elbise içindeki havalandırma ve elbisenin uygun basınçta tutulması için de gerekli. Ana oksijen tüplerinin bir kaza sonucu devre dışı kalması durumunda bile 30 dakika dayanabilecek yedek bir sistem vardır.

Mir uzay istasyonu ya da uzay mekikleri gibi uzay araçlarında elbise basıncı atmosfer basıncına eşit olarak, yani 1013 milibar olarak ayarlanmıştır. Bununla birlikte, bu basıncı uzay elbiselerinde sürekli sabit tutmak hiç de kolay bir işlem değildir. Astronotların uzay elbiselerini giymeden önce yeni atmosferlerine alışmaları gerekir. Bu nedenle kanlarında ve dokularında birikmiş azotu vücutlarından atabilmek için bir süre saf oksijen solurlar. Bu önlemin alınmaması astronotları tıpkı dalgıçların vurgun yemesi gibi kötü bir durumla karşı karşıya getirecektir. Böyle bir durumda astronotlarda deride kızarıklıklar, eklem ağrıları, kan pıhtılaşmasında bozukluklar ve beyin kanaması gibi son derece tehlikeli komplikasyonlar görülecektir. Böylece uzay elbisesinin önemi bir kez daha ortaya çıkıyor. Çünkü astronota mini bir uzay aracı, hatta bir yaşam alanı olarak hizmet eden uzay giysisi, astronotun vurgun yemesini önleyen bir basınç odası görevini de görecektir.

Uzay elbisesinin bir astronot ya da kozmonot için yaşamsal önemi olduğu bir gerçek. Uzaya açılan ilk yıllarda elbiseler astronotların bedenlerine göre ayrı ayrı hazırlanıyordu. Ama bu oldukça büyük bir lükstü ve sürdürülemeyeceği bir süre sonra anlaşıldı. Sonrasında her bedene uyacak türden elbiseler üretildi. Elbiseler astronotların bedenine göre değildi ama diğer elbiseler gibi bedenleri vardı. Böylece uzay görevleri için istasyonlarda farklı bedenlerde elbiseler bulundurulmaya başlandı. Sözgelimi Amerikalılar yalnızca eldivenler için dokuz farklı beden üreterek bu soruna bir çözüm getirdiler. Öte yandan Ruslar için böyle bir durum söz konusu değil. Uzay elbiseleri tek bir beden ölçüsünde üretilip elbisenin içinde yapılan bazı ayarlarla kullanıcısının bedenine uydurulmaya çalışılıyor. Bununla birlikte Rus uzay elbiselerinin Amerikan uzay elbiselerine karşı bir üstünlüğü var: Bu elbiseler kolay giyilebiliyor ve çok kısa süre-



de kullanıma hazırlanabiliyor. Bu elbiseleri giymek için yalnızca arka taraflarındaki kapağı açıp içine girmek yeterliyken birkaç parçadan oluşan astronot elbiselerinde uzay adamları daha fazla zaman harcamak durumunda. Amerikalılar giyinirken yarım saat harcayabiliyor. Bu süre Ruslardaysa birkaç dakikaya kadar inebiliyor.

Uzay elbiseleri zaman içinde karşılaşılan zorluklar ve gereksinimlerle birlikte geliştirildi. Sözgelimi ilk uzay yürüyüşlerinde astronotlar parmakları donmuş olarak araçlarına dönerlerdi. Bu elbiselerin havayı düzenlemesinden kaynaklanan bir durumdu. Başlangıçta eldivenler bir havalandırma sisteminden yoksundu. Fakat sonra başlık ve omuzların üst kısmından geçecek şekilde tasarlanmış, böylece de gövdede basıncı ve havalandırmayı sağlayan sistem, eldivenlere de oksijen gitmesini sağlayacak şekilde yeniden düzenlendi. Bir başka sorun da başlıklarda yaşıyordu. Başlıklar uzay çıkışlarına soğuduğu için, astronotların su buharına doymuş nefesleri buğuya dönüşüyor ve görüşlerini engelliyordu. Başlıklar günümüzde otomobil ve uçaklardakine benzer bir sisteme sahip. Buna göre oksijen sürekli başlığa doğru süpürülerek akıyor ve buğulanmayı engelliyor.

İlk insanlı uzay uçuşunu 12 Nisan 1961'de Sov-

yet kozmonotu Yuri Gagarin gerçekleştirdi. Bundan 1 ay sonra 5 Mayıs 1961'de Alan Shepard uzaya çıkan ilk ABD'li astronot olacaktı. Shepard, Mercury adlı uzay aracıyla 15 dakikalık bir yörünge altı uçuşu (Yer'in çevresinde tam bir dolanımın olmadığı) uçuşu yaptı. ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi, 1959'dan başlayarak yaptıkları astronot seçimlerinde çeşitli kıstaslar kullandılar. Mercury, Gemini ve ilk Apollo uçuşlarına katılan astronotlar askeri pilotlardı. Sonraları uzayda çalışmaları yürütmek üzere uçuş deneyimleri olmayan ama fizik, kimya, yerbilimleri gibi alanlarda uzmanlaşmış kişiler de uzay uçuşlarına seçildi. Özellikle uzay mekiği projesinde astronot eğitimi alanlar arasında kadınlar da vardı artık.

Astronotlar uzay uçuşlarında kullanılmak amacıyla oldukça geniş kapsamlı psikolojik ve fiziksel eğitim görürler. Teorik bilgilerin yanı sıra uzay aracındaki ortamın bilgisayar denetiminde yaratıldığı ortamlarda ve uzay araçlarıyla aynı boy maketlerin kullanıldığı eğitim alanlarında uçuşa hazırlanırlar. Yapay olarak hazırlanan sıfır ağırlıklı ortamlarda yaşamaya alıştırılır astronotlar. Uçuş eğitimi görmemiş uzmanlarsa bir yıl boyunca süren çalışmalar sonucunda görev için gerekli temel becerileri kazanırlar.

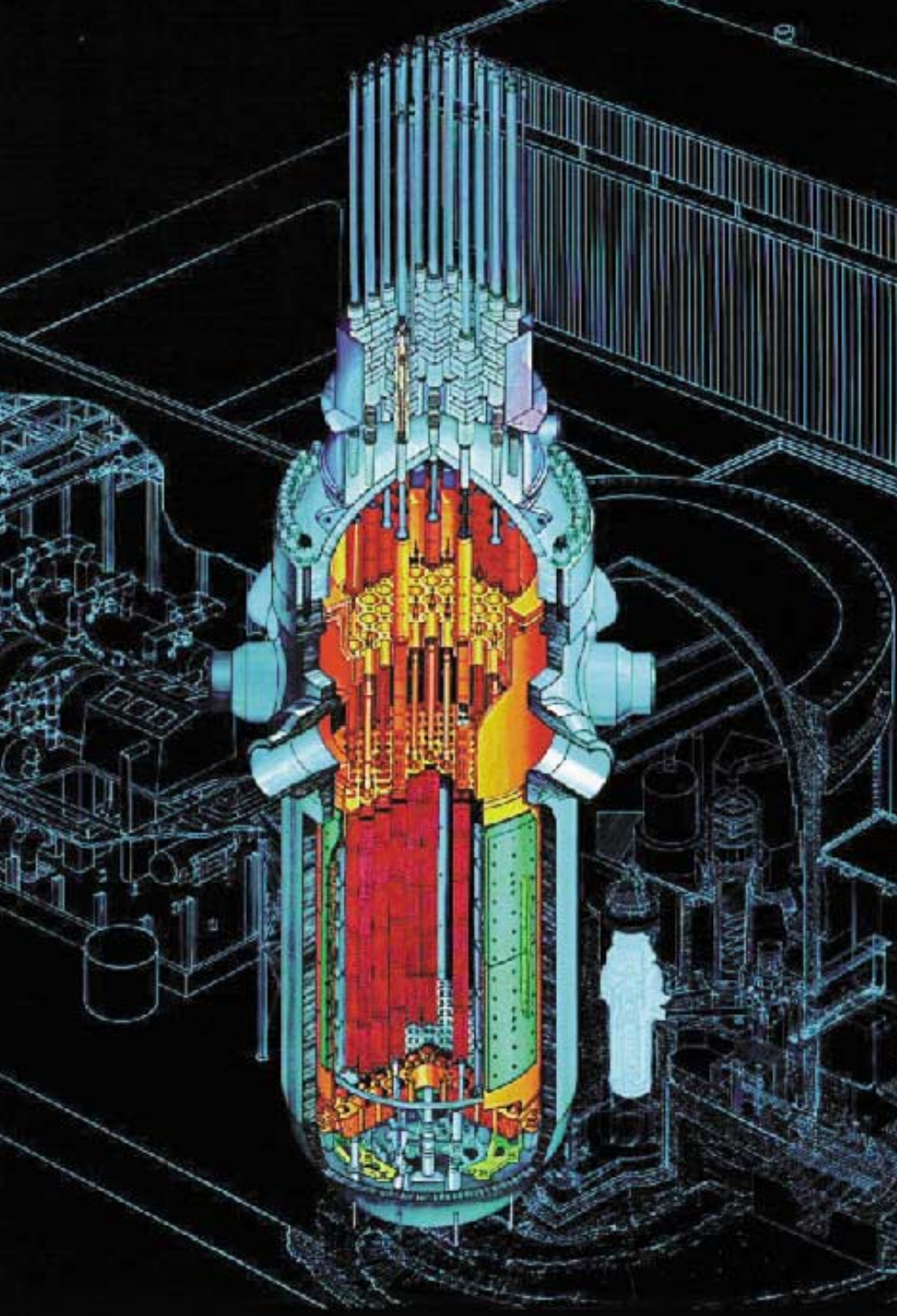
Astronot elbiselerinin gelişimi sürüyor. NASA yetkilileri Mars gezegenine insanlı bir araç göndermeyi amaçlıyorlar. Bunun için yeni bir elbise tasarlanması gerekir kuşkusuz. Neil Armstrong'un Ay'da giydiği kıyafet, Ay'ın düşük yerçekimi nedeniyle astronotlara 100 kg olduğunu hissettirmiyordu. Buna karşılık Mars görevinde kullanılacak giysilerin çok daha hafif olması gerekiyor. Bu da gösteriyor ki astronot elbiselerinin gelişimi henüz tamamlanmadı. Gelecekte bir gün, her

göreve uygun elbiselerin yapılabileceğini düşünüyor bilim adamları. Kimbilir belki bu sayede uzayda da Dünya'daymışçasına rahat edebilecek insanlar.

Gökhan Tok



Kaynaklar:
Wisniewski, G., Haute Couture für den Himmel, PM Magazine, November, 1999
<http://www.farhills.org/lees/index.shtml>
<http://www.nasa.gov/pdf/19990101main/19990101main>



Nükleer Teknolojiyle Tanışmak

TÜRKİYE, yeni binyılda yeni bir teknolojinin eşğinde duruyor. Atılacak adım, otuz beş yıllık bir öykünün sonunu belirle-

yecek. Nasıl noktalanırsa noktalsın, kitabın sonu kimini sevindirecek, kimi-niye üzecek. Karar, ülkenin ilk nükle-er santralini yapmak için kıyasıya rekabet içinde olan yabancı firmaların sunduğu seçeneklerle ilgili. Söz konusu olan, toplam 1200 – 1400 Megawatt (MW) gücünde bir santral. Tümüyle kurucu firma tarafından sağlanacak kredilerle inşa edilmesi ve 6-7 yıl içinde bitirilmesi koşuluna bağlanmış. Üzerindeki fiyat etiketi, kredi maliyetleriyle birlikte 4 – 4,5 milyar doları gösteriyor. Kapasitesi yaklaşık 10 milyar kWsaat. Yani 6-7 yıl sonrasının toplam enerji gereksinmesinin yaklaşık yüzde üçü ya da beşi. Bu, Atatürk Barajı'nın üretim kapasitesinin üstünde. Ayrıca, toplam gücü 2800 MW'a kadar yükseltecek ikinci bir ünite opsiyonu da değerlendirildi.

Nükleer enerji santralleri, ucuz işletimlerine karşılık ilk yatırım maliyetleri büyük olan girişimler. Dolayısıyla peynir ekmek gibi satılan şeyler değil. Böyle bir santral inşa edebilmek için karmaşık bir teknolojiyi geliştirip korumak, yüksek uzman ve personel giderlerini göze almak gerekli. Bu nedenle yapımçı firmalar, bir kontrat kapabilmek için kıyasıya bir rekabet içinde bulunuyorlar. Kaçınılmaz olarak teknolojik öğelerin yanı sıra, işin içine firmaların ulusal hükümetleri aracılığıyla devreye soktuğu siyasi baskılar da giriyor. Bu hükümetler, santral ihalesi açan hükümete, önemli konularda ülkeye sağladıkları siyasi desteği hatırlatıyorlar. İhale sahibi ülke de enerji gereksinimleri yanında, seçeneklerin sağlayacağı siyasi yarar ve zararları da hesaba katmak zorunda kalıyor.

Farklı Teknolojiler, Farklı Avantajlar

Türkiye'nin ilk nükleer enerji santrali için üç uluslararası konsorsiyum teklif verdi. Bunlar, (alfabetik sırayla) şöyle sıralanıyor. Birinci sırada Atomic Energy of Canada Ltd. (AECL), Hitachi (Japonya), Itochu (Japonya), Gama Endüstri (Türkiye), Gürış İnşaat (Tür-

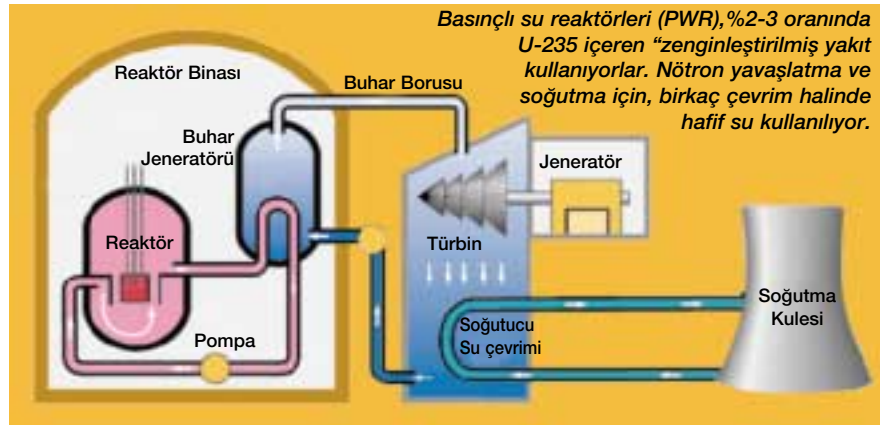
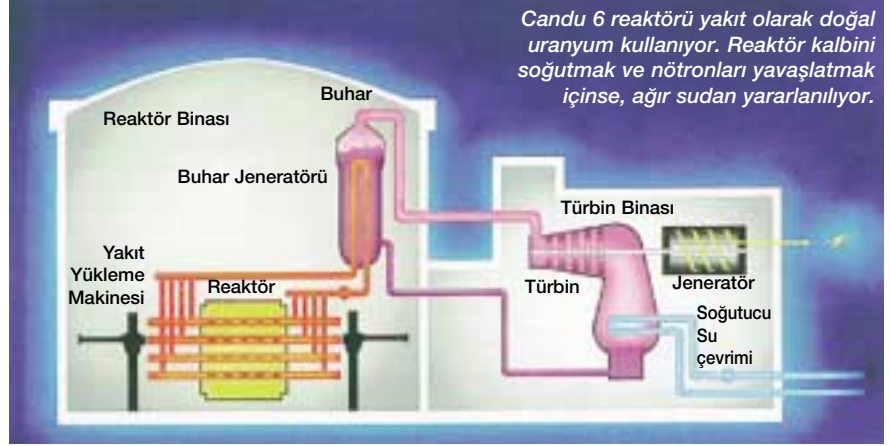
kiye) Ansaldo (İtalya) ve Daewoo (Güney Kore) yer alıyor. Grup, Kanada tarafından geliştirilen, yan yana kurulacak ve herbiri 650 Megawatt gücünde Candu-6 tipinde santral öneriyor.

İkinci Konsorsiyumsa NPI. Bu, Siemens (Almanya) ve Framatome (Fransa) tarafından Türkiye'deki santral projesi için oluşturulan bir ortaklık. Konsorsiyumda ayrıca Hochtief (Almanya), Gec-Alstom (Fransa), Campenon Bernard (Fransa), Garanti-Koza İnşaat (Türkiye) ve Tekfen İnşaat (Türkiye) de bulunuyor. NPI'nın önerisi, Siemens'in alt kuruluşu Kraftwerk Union (KWU) tarafından geliştirilmiş Convoy 412 modeli bir reaktör.

Üçüncü grupsa, Westinghouse (ABD), Mitsubishi Heavy Industries (Japonya- reaktörü yapacak), Raytheon (ABD), Duke (ABD) Enka İnşaat (Türkiye)'den oluşuyor.

Önerilen santrallerin hepsinin farklı avantaj ve sorunları var. Temel farklılık, AECL'nin önerdiği Candu modeliyle ötekiler arasında. Firmanın vurgulamaya özen gösterdiği avantaj, doğal uranyum kullanması. Buna karşılık, reaktörde üretilen nötronlar, tepkime verimini arttırmak için bildiğimiz (hafif) su yerine, ağır hidrojen izotopu döteryum bakımından zengin "ağır su" tarafından yavaşlatılıyor. Zenginleştirilmiş yakıt kullanan öteki reaktörlere karşı avantajı, yakıt sağlamada ileride karşılaşılabilecek (siyasi ya da başka kaynaklı) darboğazları ortadan kaldırması. Çünkü doğal uranyum rezervleri, henüz geliştirilmemiş de olsa ülkemizde var. Ancak en azından şimdilik pahalı: Kilogramı 140 dolar civarında. Oysa dünya piyasalarında uranyumun satış fiyatı 60-70 dolar. Modelin sorunu, reaktörün, öteki tiplere kıyasla dört kat daha fazla yakıt kullanması. Türkiye'nin istediği, yaklaşık 1400 MW gücünde bir santral için reaktöre "ilk dolmuş" olarak 100-120 ton uranyum yüklenmesi ve her yıl bunun üçte birinin yenilenmesi gerekiyor. Daha çok yakıt, daha yüksek hacimde radyoaktif atık anlamına geliyor.

Öteki konsorsiyumlarsa, zenginleştirilmiş uranyum kullanan ve hafif suyla soğutulup yavaşlatılan Basınçlı Su Reaktörü (PWR) önerdiler. NPI'nın önerdiği Convoy, güvenlik sistemlerinin üstünlüğüyle tanınan bir model. Sorununun görece yüksek fiyatı olduğu



anlaşıyor. Westinghouse önderliğindeki konsorsiyumun önerdiği PWR ise, Mitsubishi firması tarafından üretiliyor. Japon nükleer reaktör yapımcıları, depreme dayanıklılık konusuna verdikleri önemi vurguluyorlar.

Sıcak Sorular

Santralin yeri hazır bile. Mersin yakınlarında, Akkuyu kasabasının biraz ilerisinde bir koy. Daha şimdiden altyapı çalışmaları için 100 milyon dolar harcanmış. Kamuoyuysa, olumsuz çağrışımlar yaptıran yabancı bir teknolojiye kucak açmaya hazır görünmüyor. Neredeyse yarım yüzyıl bir gecikmeyle girecek teknoloji, ülkemize bu geçen sürenin biriktirdiği tartışmaları beraberinde getiriyor. Enerjiye doymuş endüstri toplumlarında gelişen çevreci hareket, kültür alışverişinin globalleştirdiği dünyamızda ister istemez yankı buluyor. Buna karşılık büyüyen enerji açığı, acil çözümleri zorluyor. Nükleer enerji karşıtları, öteki seçeneklerin altını çiziyorlar. Kimisi, Türkiye'nin hidroelektrik potansiyelinin yeterince değerlendirilmediği görüşünü savunuyor. Karşı görüştekiler, ülkemizin büyük baraj

olanaklarını neredeyse tükettiği, küçük barajların da Fırtına Deresi'nde planlanan hidroelektrik santral gibi ekolojik sorunlar yarattığı görüşünde. Termal santraller de sorunlu. Ülkemizde çıkarılan linyit genellikle düşük kalorili. Bu nedenle bazı santrallerin ithal kömürle çalışması gerekiyor. Bu da, santrallerin liman kentlerinde yapılmasını ya da kendileri için özel liman inşasını gerektiriyor. Sonuç, bacalardan çıkan dumanın yol açtığı hava kirliliğinin yanı sıra, deniz kirliliği. Nükleer enerji karşıtları, başka bir seçenek olarak doğal gazı gösteriyorlar. Türkiye de çabalarını bu yönde yoğunlaştırmış bulunuyor. Ancak ülkemiz, Orta Asya'nın zengin doğal gaz ve petrol yatakları için bir ihrac terminali olmayı hedeflese de, düşlenen ucuz ve temiz enerji bolluğu hemen yarın gerçekleşecek gibi görünmüyor. Oysa giderek büyüyen bir enerji açığıyla baş edilmesi gerekiyor. Geçen yıl 125 milyar kilowatt saat olan enerji gereksiniminin, bu yıl 134 milyar kWh'e yükselmesi, 2005 yılında 199 milyar, 2010'da 290 milyar ve 2020 yılında da 547 milyar kWh'e çıkması bekleniyor. Kurulu güç diye adlandırılan elektrik üretim potansiyelinin ge-

lişme projeksiyonuysa daha yavaş. 2000 yılında 30 000 Megawatt - MW) olan kurulu gücün, 2010 yılında 59 000 MW, 2020 yılında 109 000 MW olması bekleniyor. Ancak kurulu gücün, enerji gereksinmesiyle ilgili sayılarla örtüşmesi durumunda bile bu, kurulu kapasitenin gereksinimleri karşılayabileceği anlamına gelmiyor. Nedeni, bakım sorunları, enerji iletim hatlarının durumu ve kaçak kullanım nedeniyle, uğranılan ve yüzde 22-23 düzeylerine kadar vardıgı söylenen enerji kaybı. Uzmanlar, Avrupa ve ABD’de bu kaybın %3-5 düzeylerinde olduğunu söylüyorlar. Doğal ki bu durum, çevreci kuruluşlara kolayca bir kenara itilemeyecek bir argüman



Çernobil’de patlayan grafit soğutmalı reaktörün bir benzeri

sağlıyor. Önerilen, pahalı nükleer santraller yapılarak toplam kurulu güçte çok küçük bir artış sağlanacak yerde, yatırımın, iletim ve dağıtım şebekesinin iyileştirilmesine harcanması.

Zararsız Çay Sendromu

Üzerinde durulan bir başka önemli boyut da santralin fiziksel güvenliği, ve daha da önemli olarak bir kazanın yol açabileceği felaket. Nükleer enerji karşıtları, çevreye radyasyon sızması durumunda halkın bölgeden uzaklaştırılması için ne bir plan, ne de gerekli ulaştırma ve taşıma alt yapısının bulunduğunu öne sürüyorlar.

Türkiye Elektrik üretim ve İletim A.Ş. (TEAŞ) yetkilileri bunun haksız ve dayanaksız bir suçlama olduğu görüşünde. Ancak 1986 yılında Ukrayna’daki Çernobil nükleer enerji santralinde meydana gelen patlamadan sonra felaketin boyutlarının duyurulması ve önlemlerin belirlenmesi konusunda ülkemiz yetkililerinin aldığı olumsuz karar, nükleer enerji konusundaki önyargıların kolaylıkla aşılmasına elvermiyor. Türkiye’nin, derin kökler salmış uyuşmazlıkların ve çıkar kavgalarının bölge ülkeleri arasında sıcak çatışmalara bile yol açtığı hareketli bir coğrafya üzerindeki konumu, ister istemez santralin fiziksel güvenliği konusundaki endişeleri de körüklüyor. Gerçi TEAŞ, santralin "uçak çarpmalarına" dayanıklı inşa edilmesini şart koşmuş bulunuyor. Elbette uçak çarpmasından herkesin anladığı, santralin bir sıcak çatış-

Nükleer Santral Güvenliği ve Yer Seçimi

Mehmet Ceyhan, Ayhan Altınyollar
Türkiye Atom Enerjisi Kurumu

Türkiye’de bir nükleer tesis kurmak ve işletmek için TAEK’ndan lisans alınması zorunlu. Bunun için, nükleer santral kurucusu (bizde TEAŞ), TAEK Başkanlığına aşağıdaki bilgileri içeren bir yer raporu içeren “yer lisansı başvurusu” yapar.

Raporda, kurulacak nükleer reaktör tesisinin kullanılma amacı, yaklaşık gücü, seçilen yerin coğrafi durumu, reaktör yakın çevresinin ayrıntılı haritaları, seçilen yerin topografik, jeolojik, jeoteknik, hidrolojik, sismolojik ve meteorolojik özelliklerine ilişkin bilgi ve incelemeler yer alır. Ayrıca seçilen yerin deprem, sel baskını, fırtına gibi doğal olaylar ve bunların ikincil etkileri yönünden değerlendirilmesi, seçilen yerin uçak düşmesi, yangın, patlama, baraj çökmesi gibi olaylar sonucu meydana gelebilecek dış tehlikelere karşı değerlendirilmesi, yöre halkının, olağan ve olağanüstü işletme koşullarıyla kaza hallerinde çevreye salınan sıvı ve gaz radyoaktif atıklardan radyolojik yünden etkilenmelerine ilişkin ön incelemelere de yer verilir. Nihayet, seçilen yerin ulusal elektrik sistemine bağlantısı ve dış besleme sisteminin güvenilirliğiyle ilgili bilgiler de eklenir.

Eğer TAEK’in görüşü olumlu ise kurucuya yer lisansı verilir.

Kurucu, yer lisansını aldıktan sonra, yerin düzenlenmesine, yol, su, elektrik, liman, vb. nükleer reaktör tesisi dışındaki bina ve tesislerin yapımına başlayabilir.

Santralin kendisinin yapımına başlanmadan önce, santralin teknik bilgilerinin ve normal işletme ve olabilecek kaza durumlarında çevreye ve çalışanlara yapabileceği etkilerin bulunduğu bir Ön Güvenlik Analizi Raporu hazırlanır. Bunda, yer raporunun verilmesinden sonra elde edilen yeni bilgiler, projelendirme, inşaat, tesisin hizmete sokulması, işletilmesi ve hizmetten çıkarılması için önerilen güvenlik önlemleri, tesisin genel özellikleri, yerleşim planları ve projelendirme esasları, yapıla-

şın, sistemlerin ve bileşenlerin sismik, güvenlik ve kalite sınıflandırmaları, tesisin ana ve güvenlik sistemlerinin projelendirilmeleriyle ilgili bilgiler bulunur. Ayrıca radyasyondan korunma, radyoaktif atık sistemleri, işletme sırasında denetim, bakım ve hizmetten çıkarma konularında alınacak önlemler, tesisin olağan ve olağanüstü işletme olayları ve kaza koşulları için yapılan güvenlik analizleri de raporda yer alır.

İlk değerlendirme sonucunda korunma önlemlerinin yeterliliği, tesisin çevre halkının güvenliğine ve sağlığına zarar vermeden çalıştırılabileceği kanısına varılırsa, sınırlı çalışma izni verilir.

Sınırlı çalışma izni alan kurucu, güvenlikle ilgili olmayan yapı, sistem ve bileşenlerin yapımına, reaktör ve çevre güvenliğiyle ilgili bina ve tesislerin ise sadece temel yapımına başlayabilir.

İnşaat lisansını alan kurucu santralin inşaatını ve ekipmanların montajını tamamlar. Bundan sonra kurucunun tesisi işletmek için TAEK’ndan bu kez işletme lisansı alması gerekir.

İnşaat lisansı almış olan kurucu, nükleer güvenlik ve çevre güvenliği yönünden özel önem taşıyan, belirli bileşen ve sistemlerin hizmete sokulmasından en az altı ay önce, hizmete sokma izni için Kuruma başvurur.

Hizmete alma iznini alan kurucu, yakıt yükleme ve deneme işletmelerine başlama izni almak için TAEK’na, tesisin kurulu durumunu gösterecek biçimde “son güvenlik analizi raporunu” sunar.

İstenilen belgelerle bileşen ve sistemlerin hizmete sokulmaları sırasında yapılan denetimlere ilişkin raporların değerlendirilmesinden sonra, TAEK Başkanlığına yakıt yükleme ve deneme işletmelerine başlama izni verilir.

Deneme işletmelerini tamamlayan kurucu, tam güçte çalışma izni ve işletme lisansı almak için, yakıt yükleme, kritiklik ve deneme işletmeleri sırasında yapılan denemelerin sonuçları ve değerlendirilmeleri, işletme sınırları ve koşullarıyla ilgili son bilgileri de ileterek TAEK’e başvurur.

TAEK yetkili organları, istenen belgeler ve deneme işletmesi süresince yapılan denetimlere ilişkin raporları inceleyerek, kurucuya tam güçte çalışma izni verebilir. Eğer santralin tam güçte çalıştırılması santralin güvenliğini etkileyebileceyse bu durumda sınırlı güçte çalışma izni de verilebilir.

Lisansın İptali :

TAEK, nükleer reaktör tesisinin lisans koşullarına, güvenlik gereklerine ve mevzuatına uymadığını, radyasyon sızıntılarının ve tesis içindeki radyasyon düzeylerinin kabul edilebilir sınırları aştığını, özel nükleer maddelerle radyoaktif artıkların gerektiği biçimde işlem görmediğini ya da tesisin fiziksel korunmasının yeterli biçimde sağlanmadığını saptarsa, ihmali görülen işletme personelinin lisansı, geçici ya da sürekli olarak iptal edilebilir; nükleer reaktör tesisinin güç üretim düzeyi sınırlandırılabilir ya da verilen işletme lisansı, geçici ya da sürekli olarak iptal edilebilir. Tesisin kapatılması gerektiğinde, TAEK’nun karar organı olan Atom Enerjisi Komisyonu kararıyla Başbakan’a öneride bulunulur.

Yer Seçimi

Nükleer güvenlik açısından yer seçimindeki asıl amaç normal işletme sırasındaki veya herhangi bir kaza durumundaki radyoaktivite salınımının radyolojik etkilerine karşı halkı ve çevreyi korumaktır. Güvenlik açısından sahanın uygunluğunu etkileyecek tüm saha özellikleri saha incelemesi aşamasında değerlendirilir. Bunlar santralin çevre üzerindeki muhtemel radyolojik sonuçlarını etkileyebilecek hususları (örneğin nüfus dağılımı, sahadaki hava ve suyun dağılıma karakteristikleri) ve saha için tanımlanan ve santral üzerinde etki oluşturabilecek şiddetli ve muhtemel dış olayları (örneğin sahadaki depremsellik, su baskını, uçak çarpması veya kimyasal patlamalar) içerir.

Önce ilgililenen bölgeye ait mevcut bilgiler, ileri bir değerlendirme yapmadan bölgenin büyük bir kısmını bertaraf etmek üzere kullanılır. Ayrıca bazı basit reddetme kriterleri de kullanılabilir (Örneğin

ma durumunda bomba ve füzele-
rin hedefi olması. Ülkemizin, "ya-
kın dostlar" sınıfı-
na giremeyecek
komşularla çevrili
olduğu, Suriye,
Irak ve İran'ın
gizli ya da açık or-
ta menzilli taktik
füzeler üretme
programları geliştirdiği, Kıbrıs

Rum Yönetimi'nin Rus yapısı orta menzilli S-300 füzele-
rini adada konuş-
landırmak için fırsat kolladığı bir or-
tamda bir nükleer santral kurdurulma-
sı, önde gelen bir nükleer enerji karşıtı
olan Profesör Hayrettin Kılıç'ın deyi-
miyle "Türkiye'nin başını giyotine
uzatması" anlamına geliyor. Gerçi iha-



Batı teknolojisinde nükleer santrallerin tümü "reaktör kabı" denen kalın beton çerçevelerle korunuyor.

ve enerji üreten nükleer tepkimelerin oluştuğu bölmenin herhangi bir ne-
denle açığa çıkması halinde oluşacak
muazzam sıcaklığı ve radyasyonu dışa-
rı bırakmamak. Ama tabii sorun reaktör
kalbinin korunmasıyla bitmiyor. Profe-
sör Kılıç'a göre, bırakın bombaları, fü-
zeleri, uçakları, bir terörist saldırısı bile

leye katılan kon-
sorsiyumların
önerdiği modelle-
rin tümünde sant-
ralın reaktör bölü-
mü, koruma kabı
denen kalın bir
beton yapıyla ko-
runuyor. Reaktör
kabının kalınlığı,
tabanda 5, tavan-
daysa 2 m kalınlı-
ğında. Amacı, re-
aktör kalbi denen

bir nükleer felakete yol açabilir. Bir
buhar borusunun, hatta soğutma suyu
taşıyan bir borunun patlatılması, reak-
tör kalbinin kontrol dışı kalmasına yol
açabilir. Buna karşılık, bir nükleer re-
aktörün, özellikle Türkiye gibi bir ül-
kenin koşullarında, en iyi korunacak
yapılardan biri olacağı kuşkusuz. Aslın-
da bırakın şimdiyi, daha yıllar öncesin-
den bile seçilen santral arazisinin yanı-
na yaklaşabilmek herkesin harcı değıl-
di. Kaldı ki, uzmanlar, buhar ya da so-
ğutma sistemlerinde herhangi bir ne-
denle bir aksaklık olsa bile, reaktörü
devre dışı bırakacak birkaç kademeli
teknik güvenlik sistemleri bulunduğunu
vurguluyorlar. TEAŞ ayrıca, ihaleye
katılan firmalardan yalnızca reaktör de-
ğıl, santralin güvenlik açısından hassas
öteki birimleri için de "uçak çarpması-
na" dayanıklı fiziksel bir koruma için
opsiyon istemiş bulunuyor.

nüfus yoğunluğu, yüzey faylanması, volkan ve böl-
gesel depremsellik). Bu aşamada güvenlikle ilgi-
li olmayan hususlar da (örneğin soğutma suyu var-
lığı, elektrik yükü ve dağıtım hususları) bazı alanla-
rın reddedilmesine neden olabilir. Bölgesel analiz
sonucunda ilgililenen bölge içindeki reddedilme-
yen alanların altı çizilir ve bu alanlarda birkaç kilo-
metre karelik sahalara "muhtemel sahalara" olarak
tanımlanır.

Sonuçta birkaç aday saha belirlenir ve bütün
veri ve analitik çalışmalar belgelendirilerek bir rapor
hazırlanır.

Tercih edilen aday sahalarda seçiminde bütün
saha ile ilgili özellikleri dikkate alınır. Değerlendi-
rmede, yüzey faylanması, depremsellik, saha ze-
minin uygunluğu, volkan, su baskını, aşırı mete-
orolojik olaylar (kasırga ve fırtına), insan kaynak-
lı olaylar, havadaki dağılım, sudaki dağılım, nüfus
dağılımı, acil yardım planlaması, arazi kullanımı,
soğutma suyu gibi özellikler dikkate alınır.

Ayrıca dağıtım ile ilgili hususlar, taşıma rotası,
topografya, endüstri merkezlerine olan uzaklık,
çevresel hususlar, sosyo-ekonomik özellikler gibi
güvenlikle doğrudan ilgili olmayan öğeler de de-
ğerlendirilir.

Akkuyu Sahası

Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) (yeni adıyla Tür-
kiye Elektrik Üretim İletim A.Ş.-TEAŞ) bu kriterleri
dikkate alarak yaptığı incelemeler sonucu ilk nü-
kleer santral yeri olarak Akkuyu'yu seçmiş bulun-
yor. Akkuyu sahası, İçel ilinin Gülnar ilçesi sınırları
içerisinde, Anamur ilçesinin doğusunda, Silifke il-
çesinin batısında, Akdeniz kıyısında yer alıyor. Et-
rafı 200 m yüksekliğindeki küçük tepelerle
çevrili olan Akkuyu sahası doğal olarak
çevresinden ayrılmış durumdadır.

Akkuyu nükleer santralını etkileyebile-
cek olan dış olaylardan birinci grubu, in-
sanlardan kaynaklanan olaylar oluşturuyor.
Bunlar uçak çarpması, kimyasal patlama-
lar, sabotaj ve gemi çarpması gibi olaylar.
Bunların Akkuyu sahasında gerçekleşme
olasılıkları ile ilgili çalışmalar TEK tarafından
yürütülmüş bulunuyor. Saha yakınlarında

bir sanayi tesisinin bulunmaması kimyasal patlama
olasılığını oldukça azaltıyor. Büyük bir ticari limanın
yakınlarda olmaması nedeniyle ise tesise bir gemi
çarpması olasılığı çok düşük.

Türkiye'nin depremden en çok zarar gören ül-
kelerden biri olması nedeniyle Akkuyu sahasının
deprem riski bir çok kişinin ilgisini çekiyor.

Ancak, Akkuyu sahası Türkiye'nin sismik ola-
rak en az tehlikeli bölgesinde yer alıyor. Türkiye'nin
deprem bölgeleri haritasında, Akkuyu sahası 5.
bölge içinde gösteriliyor (risksiz bölge). Buna kar-
şın Nükleer Santral Tasarımlarında daha sıkı krite-
lerin uygulanıyor olması nedeniyle saha ile ilgi-
li çok daha detaylı bir çalışma da yapılmış bulun-
yor.

Nükleer Güç santralleri, aktif fay hattının tam
üzerinde olmamak koşuluyla değişik düzeylerde
deprem riski taşıyan sahalarda inşa edilebilir. ABD
ve Japonya gibi pek çok ülkede, deprem riski yük-
sek bölgelere inşa edilmiş bir çok nükleer güç
santrali var (Örneğin A.B.D.'de Diablo Canyon
santrali 0.75 g, Richter ölçeğine göre 7.35 büyü-
klüğündeki bir depreme dayanacak şekilde tasan-
rılmış). Bu santraller bir çok depreme, nükleer
reaktörde herhangi bir hasar olmaksızın karşı koy-
muş bulunuyorlar. Deprem değerlerine göre tasan-
rılan ve işletilen santrallerde ana felsefe; olası
en büyük depremden dahi, tesisin güvenli bir şekil-
de durdurulması ve gerek tesisin gerekse çevrenin
hiçbir şekilde olumsuz etkilenmemesinin sağlan-
masıdır.

Tarihsel ve aletsel deprem verilerinin ve yapılan
bölgesel jeolojik etüdlerin uluslararası standartlara

ve güvenlik kriterlerine göre değerlendirilmesiyle
yapılan çalışmalarda; Akkuyu ve çevresinde M.S.
53-1988 yılları arasında meydana gelen depremler
incelenmiş, 1513-1988 yılları arasında meydana
gelen şiddetli yer hareketlerinin değerlendirilmesi
sonucunda Akkuyu'daki olası en büyük deprem
büyüklüğü Richter ölçeğine göre 6.4 olarak he-
saplanıyor. Ancak sahada, 80 km yarıçaplı dairesel
bir alan içinde sismotektonik kaynaklardan aletsel
olarak kaydedilen deprem verilerinde Richter ölçe-
ğine göre 4.7 büyüklüğünden daha büyük bir de-
preme rastlanmamış değil. Kıbrıs adası depremleri için,
odak derinliği ve magnitudü sırasıyla 60-100 km
ve M=8 kabul ediliyor. Akkuyu sahası için yapılan
hesaplamalardaki kabullerde, bu depremin saha-
nın güneyinde 60 km uzaklıkta olduğu kabul edil-
miş ve odak derinliği 60 km olarak alınmış bulun-
yor (Bu bölgede 15 Eylül 1961 tarihinde meydana
gelen depremin dış merkezinin Akkuyu sahasına
uzaklığı 80-90 km, odak derinliği 91 km, Richter
ölçeğine göre Magnitudü 6.0 olduğu belirlenmiş
durumda). Bölgede, çapı yaklaşık 320 km olan bir
alan içinde yapılan sismotektonik araştırmalar, Ak-
kuyu'dan aktif bir fay hattının geçmediğini, en ya-
kın fayların; Karaman-Mut (50-55 km), Kozağaç
(30-35 km) ve Silifke'deki Korkiros kentinde (35
km) olduğunu ortaya koyuyor. Bu fayların aktif ol-
duğunu gösterir herhangi bir jeolojik ve mikro-sis-
mik bulgu da yok. Akkuyu sahasına en yakın aktif
fay hattı ise yaklaşık 150 km uzaklıktaki Ecemiş fay
hattı.

Deprem etkileri uzak mesafelere ulaşmakla be-
raber, Doğu Anadolu Fayı'nın etkileri Akkuyu'da
tarihsel olarak da hiçbir zaman gözlenme-
miş. Daha önceki depremlerde olduğu gibi bu
depremlerde de santral sahasındaki sis-
mik ölçüm cihazlarında 0.01g (sismik öl-
çüm cihazının kayıt alabileceği minimum
değer) değeri dahi ölçülebilmemiş değil.

Üstelik, Akkuyu sahası tasarım dep-
rem değeri için, 100 000 yılda bir olan en
büyük deprem yer hareketi büyüklüğü de-
ğerine karşılık gelen 0.25g'lık yer ivmesi
dikkate alınmış bulunuyor.



Radyasyon Erken Uyarı Sistemi Ağı-Resa

Ülkemiz, komşularımız topraklarında kurulu bulunan nükleer reaktörlerden kaynaklanabilecek kaza riskleri ile karşı karşıyadır. Bu reaktörlerden Ermenistan - Metsamor Nükleer Güç Reaktörü sınırımıza sadece 16 km. uzaklıkta, Bulgaristan - Kozloduy ve Romanya - Çernavoda Nükleer Güç Reaktörleri ise sınırımıza yaklaşık 300 km. uzaklıktadır. Bunların dışında çevremizde bulunan diğer reaktörler de şekil üzerinde gösterilmektedir.

Nükleer kaza etkileri, mesafeye bağlı olarak değişmektedir. Sonuçların hesaplanmasında pek çok formülasyon eşzamanlı kullanılmakta, kazanın gelişiminden başlayarak öncelikle etrafa yayılabilecek radyoaktif madde miktarı hesaplanmakta, atmosferik dağılım modelleri kullanılarak meteorolojik parametrelere bağlı radyoaktif bulut/bulutların hareketi simüle edilmekte, hareket boyunca, radyoaktif bozunma olmakta, yeni radyoaktif ürünler oluşmakta, aktivite değişmekte, yağış ve hava durumuna göre hava/toprakta birikim olmaktadır. Sonuç olarak, radyoaktif bulutun geçtiği bölgeler boyunca, zamana bağlı olarak radyoaktif maddenin birikimi ve buna bağlı çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkiler hesaplanmaktadır. Kaza seyrine ve meteorolojik parametrelere bağlı (kaçınılmaz) belirsizlikler ile sonuçlar hesaplanabilmektedir. Son yıllarda kazaların seyrine bağlı olarak öncelikle, insan sağlığının korunması için acil önlemler alınarak kaza yönetimi uygulamaları, hesaplama tekniklerine göre ön plana çıkmaktadır. Yine bu kapsamda, bilgi aktarılmasında olası problemler düşünüldüğünde, ülkeler arasında ikili anlaşmalar yapılması ve ölçüm sistemlerinin geliştirilmesi ile gerekli acil durum hazırlıklarının yapılması ön plana çıkmıştır.

Çernobil nükleer santral kazasından sonra, nükleer reaktörlerde olabilecek tehlikelerin erken haber alınabilmesi için uygun yerlerde ölçüm istasyonlarının kurulması yönünde tüm dünyada yoğun bir çalışma başlamıştır. Esasen nükleer santral çevresinde zaten ölçüm sistemleri varol-



masına rağmen buradan alınan sonuçlar, reaktör işleticisinin sorumluluğunda olup bu bilgilerin ülkenin lisans konusunda yetkili makamlarına aktarılmasının ötesinde buradan ihtiyaç duyacak diğer ülkelere aktarılması ülke politikaları ve güvenlik felsefeleri yönünde değerlendirildiği için bu konuda da zaman zaman sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu nedenle ülkelerin kendi topraklarında ölçüm istasyonları kurması ve buradan alınan bilgileri diğer ülkelerle paylaşmaları (örneğin: EURDEP-Avrupa Birliği Radyolojik Veri Değişim Programı vb) önem kazanmaktadır.

Ülkemizin potansiyel nükleer tehlikelere karşı önceden hazırlıklı olması yönündeki esaslar doğrultusunda, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu tarafından, 1986 yılından başlamak üzere, Radyasyon Erken Uyarı Sistemi (RESA) adı verilen bir sistem kurulması çalışmalarına başlanmıştır. Ülkemizi etkileyebilecek düzeyde radyasyon sızıntısı olması durumunda uyarı verecek olan sistem; havadaki gama radyasyon düzeyindeki artışın algılanması esasına dayanır.

Bu kapsamda, meteorolojik şartlar gözönüne alınarak, özellikle sınırlarımız çevresinde ölçüm istasyonları kurulması yönüne gidilmiştir. İstasyonlarda, gama radyasyon doz hızı ölçümleri yapılması amacıyla, Geiger-Müller dedektörü kullanan portatif radyasyon ölçüm cihazları yerleştirilmiştir. Üretilen yeni cihazların laboratuvar testleri, (malzeme, sistem, sıcaklık, nem) yapıldıktan sonra arazi uygulamaları gerçekleştirilmiş, daha sonra pilot bölge uygulamaları ile ortam deneyleri yapılmıştır. Bu aşamadan sonra 1999 yılı içerisinde 15 adet istasyon online bilgisayar kontrollü çalışma ile aktif kullanıma sunulmuştur.

Harita üzerinde, blok olarak gösterilen istasyonlar, Ankara merkez istasyonu dahil olmak üzere online bilgisayar kontrollü olarak çalışmaktadır.

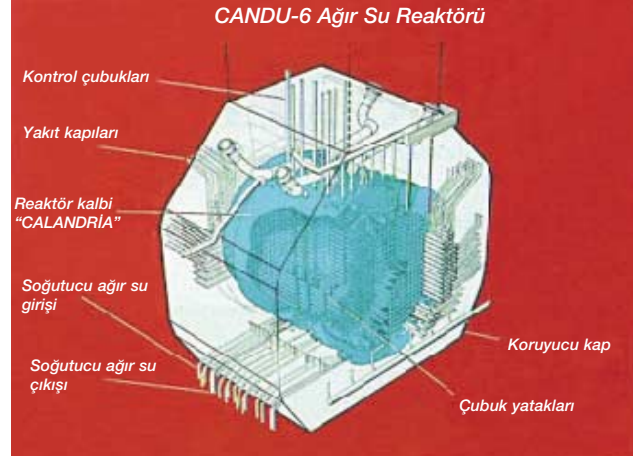
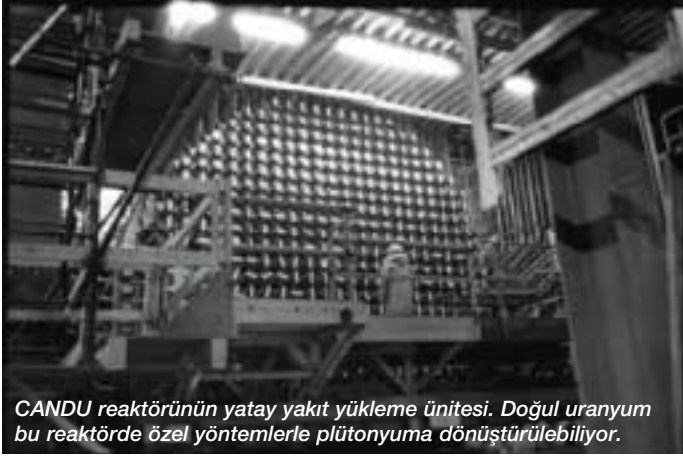
Diğer istasyonların da, otomatik çalışan istasyonlar ile değiştirilmesi kademeli olarak gerçekleştirilecek ve bir program dahilinde istasyon sayısının artırılması sağlanacaktır. Harita üzerinde görüldüğü gibi istasyonlar yukarıda adı geçen Bulgaristan ve Romanya'da bulunan reaktörlere yönelik olarak Trakya Bölgesinde ve acil önlemlerin alınması açısından büyük öneme sahip, Doğu Anadolu Bölgesinde sıkça yerleştirilmiştir.

Sistem, yapısal olarak iki ana parçadan oluşmaktadır. Bina dışında yerleştirilen ölçüm ünitesi, bina içerisinde yerleştirilen kesintisiz güç kaynağı ve modemi içeren bir kasa istasyonlara yerleştirilmektedir. Bu bileşenler ile kontrol merkezi fotoğraflarda gösterilmektedir.

Yusuf Gülay
Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği Dairesi

Deprem Düşündürüyor

Santralin güvenliğini yakından ilgilendiren ve kamuoyundaki tartışmalara kritik sıcaklıkta yakıt sağlayan bir başka konu da deprem olasılığı. Geçen yıl art arda yaşanan büyük depremler, bu konudaki duyarlılığı daha da arttırmış durumda. TEAŞ ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) yetkilileri, Akkuyu bölgesinin, depremlerin görece az görüldüğü, ülkemizin en "sağlam" birkaç bölgesinde bulunduğunu vurguluyorlar. Ancak bu konuda yükselen farklı sesler de var. Santral sahası ile ilgili olarak uzun yıllar sürdürülen ön çalışmalarda, bölgenin sismolojik tarihi neredeyse 2000 yıllık bir süreyi kapsayacak biçimde incelenmiş, Doğu Anadolu Fayı üzerinde meydana gelen depremlerden etkilenmediği ve son 40 yıl içinde de büyük sayılabilecek bir deprem üretmediği belirlenmiş. Gene de ihale şartnamesinde, yapılacak nükleer santralin Richter ölçeğinde 6.5 büyüklüğünde bir depreme karşılık gelen 0.25 g ivmeye dayanıklı tasarımda yapılması istenmiş. Tabii insanın aklı ister istemez İzmit ve Düzce depremlerinin 7.4 ve 7.2 olarak belirlenen büyüklüklerine gidiyor. Neden santral binalarının daha da dayanıklı olması şart koşulmamış? Yetkililer, 6.5 büyüklüğündeki bir depreme dayanıklılığın, bölgenin sismolojik verileri temelinde yeterli bir güvenlik tavanı oluşturduğu, ve daha üst limitlerin santral maliyetini gereksiz biçimde yükselteceği görüşündeler. Uzmanlar, deprem senaryolarının titizlikle oluşturulduğunu, 150 km uzaklıktaki Ecemiş Fayı'nın karada sönümlenmesinin, santral sahasının tam altında 30 km derinlikte gerçekleşecek bir depremin ve 60 km uzaklıktaki Kıbrıs Fayı'nın 8 büyüklüğünde oluşturacağı bir depremin etkilerinin de hesaplandığını vurguluyorlar. Oysa bazı bilim adamları, adı geçen fayın, santralin hemen yakınından geçerek denize girdiğini ve Kıbrıs'a kadar uzandığını öne sürüyor. Ayrıca olası bir deprem, yüzeye daha yakın derinliklerde de meydana gelebilir. Buna karşılık nükleer endüstri temsilcileri, ABD'deki Diablo santralinin, ünlü San Andreas fayının hemen yanında kurulu olmasına işaret ederek, yeterli tasarımda bir reaktörün, büyük de olsa bir depremde

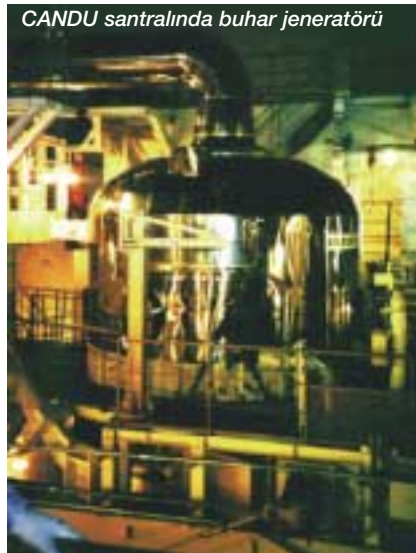


kolay kolay hasar görmeyeceğini belirtiyorlar. Tabii soğutma ve buhar çevrimlerindeki borular, büyük bir depremin yol açacağı titreşimlere, reaktör kadar dayanıklı değil. Ama uzmanlar, Akkuyu sahasının depremselliği konusunda yeterince güvenli görünüyorlar.

Bomba Yok

Özellikle yurtdışı gruplar ve anti-nükleer lobilerce dile getirilen bir başka kuşku da, Türkiye'nin, enerji gereksiniminin ancak çok küçük bir bölümünü karşılayacak pahalı bir nükleer seçeneği, gerçekte gizli bir askeri program çerçevesinde istediği. Daha açık bir ifadeyle, Türkiye'nin nükleer santraldan sağlanacak yakıt atıklarından, atom bombası yapmak istediğinden kuşku duyanlar var. Uzmanlarsa, bu tür iddiaları gülümsemeyle karşılıyorlar. Nedeni, nükleer bomba yapımında kullanılan plütonyum izotopunun (Pu 239) saf olarak, yani %100 zenginleştirilmiş olması gerekiyor. Oysa nükleer enerji santrallerinde yakıt olarak kullanılan uranyumda parçalanabilir (fisil) izotoplar son derece az. "Zenginleştirilmiş" santral yakıtı bile bu izotoplar bakımından çok fakir. Doğal uranyum, büyük ölçüde kararlı U-238 izotopundan oluşuyor. Kararsız ve kolayca parçalanabilen U-235 izotopunun reaktör yakıtındaki oranı yalnızca binde yedi. En yaygın olarak bulunan ve bildiğimiz (hafif) suyla soğutulan Basınçlı Su Reaktörlerinde (Pressurised-Water Reactor – PWR) kullanılan zenginleştirilmiş yakıtta ancak yüzde 2-3 oranında U-235 içeriyor. Reaktör kalbini ısıtarak enerji üreten yakıt, bu süreç içinde bir ölçekte Pu-239 izotopu da üretiyor. Ama atıktaki plütonyum oranı son de-

rece düşük. Bu parçalanabilir plütonyum değerlendirerek, daha fazla plütonyum üreten ve tükettiğinden daha fazla yakıt ürettiği içinde "üretken" diye sınıflanan enerji reaktörü tipleri de var, ama, bunlar karmaşık teknolojide ve son derece pahalı. Üstelik bu tür reaktörlerde bile askeri amaçlara uygun safılık ve yoğunlukta plütonyum elde etmek güç. Çünkü yakıt reaktör kalbinde ısı üretirken, bir bölümü gerçekten de Pu-239'a dönüşüyor. Ancak bir bölümü de atık yakıt içindeki plütonyum bombamalzemesi olarak kullanılamayacak duruma getiren başka izotoplara dönüşüyor. Yakıt, reaktörde yan ürün olarak plütonyum üretirken, aynı zamanda Pu-240 da üretiyor. Bu plütonyum izotopu yalnızca son derece kararlı, bölünemez bir izotop olmakla kalmıyor, bunu parçalanabilir Pu-239'dan ayırmak da olanaksız. Reaktör Pu-241 ve Pu-242 izotopları da üretiyor. Bunlar da bomba malzemesi olarak kullanılmaya uygun değil. Üstelik Pu-242 kendiliğinden ısı üretiyor. Bu ne-



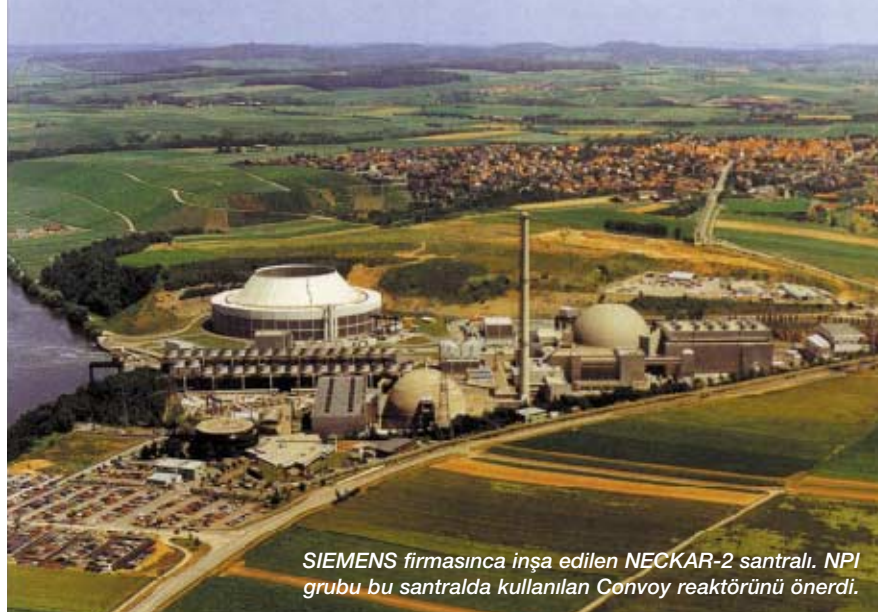
denle patlama tehlikesi yüzünden depolanması olanaklı değil.

Gene de gizlice bomba yakıtı üretme olanağı yok değil!...Bunu, Kanada'nın önerdiği, Candu tipi nükleer reaktörle yapmak mümkün. Yapacağınız, yalnızca reaktöre yakıt doldurup 24 gün süreyle kapağını hiç açmadan "pişirmek". Sonuçta, öteki plütonyum izotoplarıyla kirlenmemiş, Pu-239 oranı yüksek bir yakıt elde edebiliyorsunuz. Ancak günümüzde böyle dolambaçlı yollarla, kimseye sezdirmeden askeri amaçlı bir nükleer programı yürütebilmek olanaksız. Bir kere Türkiye, nükleer santraller için ihale açmadan önce, bunun için gerekli koşulu yerine getirerek Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Antlaşmasına imza koymuş bulunuyor. Kaldı ki, kendisi bir NATO ülkesi ve Avrupa Birliği üyeliğine hazırlanıyor. Bu nedenle kendisini hem müttefikleri, hem de Batılı dostlarına karşı güç duruma düşürecek bir askeri program yürütmesi olası görünmüyor. Zaten gizli nükleer silah programlarını önlemek için yeryüzünde ve uzayda duyarlı ölçüm ağıtlarıyla nükleer santralleri gözleyen ve her an sürpriz denetlemeler yapma yetkisi olan Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA), özellikle Pakistan ve Hindistan'ın iki yıl önce gerçekleştirdiği nükleer denemelerin ardından gözünü dört açmış bulunuyor. Kaldı ki, reaktör için yakıt satan ülkeler de sattıkları yakıtın ne kadarının reaktöre girdiğini ve ne kadarının atık olarak çıkıp depolandığını gramı gramına denetlemekle yükümlü.

Havuz Şimdilik Boş

Nükleer enerji tartışmalarının ana konularından bir tanesi de, radyoaktif

atıkların depolanma sorunu. Bu atıkların çevreye ve yakınlardaki yerleşim merkezlerinde yaşayan insanlara zarar vereceğinden korkuluyor. Oysa TEAŞ yetkililerine ve nükleer endüstri temsilcilerine göre, bu atıkların Türkiye gibi sınırlı ölçekte nükleer enerji kullanmayı tasarlayan bir ülke için daha uzun bir süre sorun olması söz konusu değil. Bir nükleer santralde, reaktörden çıkarılan işlenmiş yakıt üniteleri, önce santral binası içindeki bir soğutma havuzunda depolanıyor. Nedeni, bunların hala çok sıcak ve radyoaktif olmaları. Havuzdaki suyun iki işlevi var: Birincisi, henüz dışarıya çıkarılamayacak kadar sıcak olan atık yakıtları soğutmak, ikincisi, bunlardan yayılan nötronları tutarak santral personeline zarar vermelerini önlemek. Havuzlar, genellikle 15 metre derinliğinde oluyorlar. En alt 5 metrede, reaktörden çıkarılan yakıt çubuklarının istiflendiği raflar bulunuyor. Bunun üzerinde 2.5 metre kalınlığında bir su katmanı, çubuklardan yayılan ışınmayı, sağlığa zararlı ölçeklerin altında tutmak için yeterli oluyor. Ancak santral tasarımcıları, güvenlik için bunun üzerine 7.5 metre kalınlığında bir su örtüsü daha ekliyorlar. Havuzdaki suyun sıcaklığı 70-80 derece kadar oluyor. Havuz da ayrıca denizden ya da başka kaynaklardan sağlanan bir su çevrimiyle soğutuluyor. Atıkların sıcaklığı, 6 yıl içinde artık santral dışına çıkar-



SIEMENS firmasının inşa edilen NECKAR-2 santrali. NPI grubu bu santralde kullanılan Convoy reaktörünü önerdi.

ılıp havayla soğutmaya elverecek kadar düşüyor. Ama istenirse 20 yıl kadar havuzda tutulabilir. Havuzun dolması kolay değil. Nedeni, uranyumun son derece yoğun bir madde olması (demin üç katı). Bu nedenle atık hacmi küçük oluyor. TEAŞ yetkililerine göre toplam 15 000 MW gücünde 20 nükleer santralin ürettiği 15 bin ton atık yakıt, olimpiik ölçülerde bir yüzme havuzuna sığabiliyor. Yakıtlar daha sonra betonla kaplı, 5 metre yüksekliğinde ve 3 metre çapında özel koruma kaplarına alınarak, santral sahasında açık bir depolama yerinde havayla soğumaya bırakılıyor. Otuz yıl kadar süren bu işlemden sonraysa, atıklar camlaştırılarak yerin, 1000-1500 metre altında galerilere gömülüyor.

Teknoloji Gerekli

Türkiye'nin böylesine karmaşık ve riskler içeren bir teknolojiyi yönetebilecek eğitim, örgütlenme ve kültür altyapısı bulunmadığı, 50 yıldır nükleer enerji deneyimi bulunan Rusların bile

bu konuda başarılı olamadıkları biçimindeki uyarılar, nükleer enerji yanlılarınca ciddi bulunmuyor. Hükümet yetkilileri ve TEAŞ, Türkiye'nin yeni binyılda bu teknolojiyi kazanmak için ilk adımları atması gerektiğine inanmış görünüyorlar. Bu, daha sonra kurulacak santrallarda Türk sanayi ve teknolojisinin katkılarını arttırmak için önemli. Nükleer endüstri temsilcilerine göreyse, bu ilk adımı daha sonrakiler izleyecek. Çünkü bir firma yetkilisine göre bir nükleer programı 1400 ya da 2800 MW ile sürdürmek anlamlı değil. "Avantajlar göründükçe yeni siparişlerin verilmesi kaçınılmaz." diyor aynı yetkili. "Tüm Asya'da gerçekleşmekte olan süreç bu."

Karşıtların dikkat çektikleri bir nokta da bazı Avrupa ülkelerinin nükleer santralleri kapatma planları. Yetkililerse, bu ülkelerin nüfus artışlarının durduğunu, hatta azalmaya başladığını, bu nedenle enerji gereksinimlerinin de düştüğünü görüşünü savunuyorlar.

Ancak, öyle görünüyor ki, Türkiye'nin kararı hangi doğrultuda olursa olsun. Nükleer santraller konusundaki tartışmalar kamuoyunda yankı bulmaya devam edecek. Tartışmaların, daha anlamlı, daha verimli hale gelmesi içinse, herhalde nükleer enerji konusundaki temel bilgilerimizi geliştirmek, bir atom çekirdeği içinde neler olup bittiğini daha yakından görmemiz gerekecek...

Raşit Gürdilek



Santral içinde atık havuzu.



Santral sahasında açık hava depolaması.



Atıkların son durağı olan yeraltı depoları

Kaynaklar
Sarıcı, E.L., Savruk N., Erdemir Z., Soru ve Cevaplarla Nükleer Santraller ve Çevre, TEAŞ Nükleer Santraller Daire Başkanlığı, Ocak 1999.
Gürdilek, R., Stepping Across the Threshold, Turkish Daily News, 30 Ocak 1997
Gürdilek R., Problems, Doubts Surround Turkey's Nuclear Program, Turkish Probe, 26 Nisan 1996
<http://www.cannon.net>



Dostumuz mu, Düşmanımız mı? Nükleer Enerji

Enerji çağdaş yaşamın stratejik gir-dilerinden birisi. Metabolizmik bir benzetmeyle, toplumsal organizmanın kanındaki şekeri andırıyor. Nasıl ki kanındaki şeker miktarı azalan insan halsiz düşerse, az enerji tüketen toplumlar da benzeri şekilde letarjik, çok ve akılcı enerji tüketenler ise dinamik, üretken ve enerjik oluyorlar. Enerji tüketebilmek içinse önce onu üretebilmek gerekiyor. En ciddi üretim seçeneklerinden birisi de nükleer enerji.

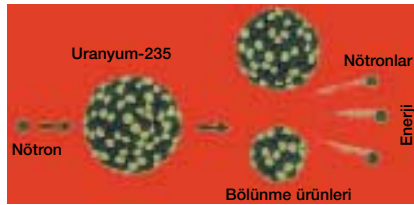
Nükleer enerji, atomun çekirde-ğiyle ilgili bir olay. İki şekilde elde edilebiliyor. Birincisi, iki küçük çekir-değin birleştirilmesi, yani füzyon, ikincisiyse büyük bir çekirdeğin par-çalanması, yani fisyon. Her iki halde de, tepkimeden açığa çıkan enerji ısıya dönüştürülebilir, bu enerjiyle su kaynatılıp buhar elde edilebilir. Sonra da bu buhar, tıpkı termik santrallarda olduğu gibi, yüksek basınç altında bir türbine gönderilir ve türbin dönerken, kendisine bağlı bir elektrik jeneratör-rünü de döndürünce, elektrik enerjisi üretilir.

Mühendislik bilimleri aslında, nükleer enerjiyi terbiye etmeyi başarmış bulunuyor. Fakat bunu füzyon yo-luyla değil, öteki tepkime biçimi olan fisyon, yani büyük bir çekirdeğin par-çalanmasıyla gerçekleştirdi.

Kolayca parçalanıp fisyona uğrayan ve bu arada enerji açığa çıkaran çekir-deklerin "fisol" (parçalanabilir) olduk-ları söylenir. Doğada bulunan uran-yum, hemen tümüyle, iki tip izotoptan oluşuyor. Birindeki proton ve nötron-ların toplam sayısı 235, ötekidekiler-

se 238. Dolayısıyla bu çekirdekler, U-235 ve U-238 diye tanımlanıyor. İki-sinde de proton sayısı aynı (92). Fakat ikincisindeki nötron sayısı, birinciden üç adet daha fazla. Biz bu teknik no-tasyonla uğraşmak yerine, U-235'lerin "kırmızı", U-238'lerin de "siyah" ol-duklarını düşünelim. Kırmızılar bir nötron çarptığında parçalanmaya çok daha yatkınlar. Parçalandıklarında iki ya da üç de nötron çıkarırlar.

Dolayısıyla, bir uranyum kütlesi düşüncecek olursak ve bu kütlenin içi-ne bir avuç nötron salarsak; bu nötron-lar "kırmızı" uranyumlara çarpıp, bu



Bir uranyum çekirdeğine çarpan nötron, çekirdeği daha küçük parçalara bölerken, ortaya çıkan yeni nötronlar, zincirleme tepkimeye yol açıyorlar.

izotopların parçalanmasına yol açacak, parçalanmalardan açığa çıkan nötron-lar, gidip başka kırmızılara çarpacak, buradan yine nötronlar çıkacak ve bu böyle sürüp gidecek. Yani kütle uygun büyüklükte seçilirse, içinde bir zincir-leme tepkime gerçekleşecek ve sürekl-i olarak açığa enerji çıkacak. Kütlenin uygun büyüklük ve kompozisyonda seçilmesi önemli. Çünkü fisyonlardan açığa çıkan nötronların bir kısmı, ilgi-siz çekirdeklerde yutulur ya da küt-lenin kenarından dışarı kaçarak, bir bakıma ziyan oluyor. Kütle küçükse,

nötron kaçakları çok fazla oluyor ve zincirleme tepkime, daha başlayama-dan duruyor. Öte yandan yeterince büyük bir uranyum kütlesinin içine, dışardan nötron atmak da gerekmiyor. Çünkü kırmızı izotoplar, kendilerine çarpan nötronlar bulunmadığı zaman dahi, durup dururken parçalanıyorlar. Çok yavaş bir şekilde de olsa, kendi-liklerinden fisyona uğrayıp nötron salı-yorlar.

Bir nükleer reaktördeyse bu zincir-leme tepkime, yavaş ve kontrollü ola-rak gerçekleşiyor. Reaktörün yapısı bi-raz karmaşık ve uranyum dışında, bazı destek unsurları da barındırıyor. Örne-ğin, fisyon sonucu açığa çıkan nötron-lar hızlıdır. Oysa yavaş hareket eden nötronlar, her ne kadar tuhaf görünsede, kırmızı çekirdekleri daha kolay parçalayabiliyor. Bu nedenle hızlı nöt-ronların yavaşlatılması gerekiyor ve bunu da, reaktör kalbine konulan su-daki hidrojen atomları gerçekleştiriyor. Hidrojenlerle çarpışan hızlı nöt-ronlar yavaşlar. Bu durumda, fisyon-dan yeni çıkmış olan hızlı nötronun, yavaşlamak için hidrojen atomlarıyla çarpışması, bunun için de, doğduğu uranyumdan çıkıp, bir süre su içinde dolaşması gerekiyor. Bu amaçla uran-yum metali, çubuklar halinde bir araya getirilip aralarından su geçiriliyor. Hidrojen içeren su, bir "yavaşlatıcı" iş-levi görüyor. Ayrıca, fisyon sonucu açığa çıkan enerjiyi soğutmak için de so-ğutucuya gereksinme var. Su, bu işlevi de üstleniyor. Böylelikle bir taşla iki kuş vurulmuş, hem nötronlar yavaşla-tılıp hem de reaktör kalbi soğutulmuş

oluyor. Aslında aynı işi sudan başka, karbondioksit ya da helyum gibi gazlar da yapıyor. Hangi tür yavaşlatıcı ve soğutucunun kullanıldığı, reaktörün tipine göre değişiyor. Fisyondan çıkan hızlı nötronların yavaşlatıldığı reaktörlere, "yavaş" anlamında, "termal" reaktör denir. Bu sıfat aslında reaktörün değil, kalbin içinde hareket eden nötronların yavaş olduğunu ifade ediyor.

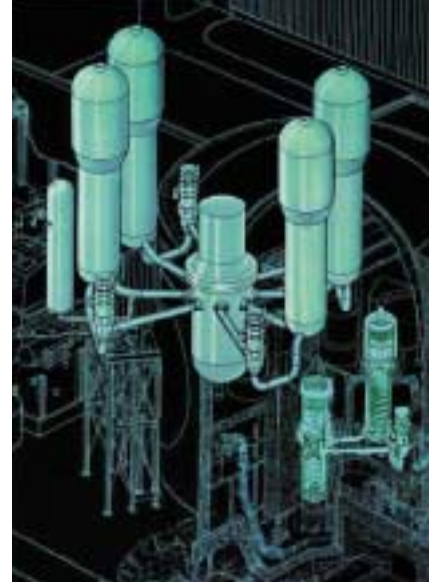
Ayrıca, reaktör kalbine konulan uranyum, çoğu kez doğada bulunan uranyumdan farklı. Çünkü doğal uranyumda, az miktarda fisil izotop, yani benzetmemize göre kırmızı çekirdek bulunuyor. Şöyle ki; doğal uranyumun her bin atomundan yalnızca, yaklaşık 7'si fisil oluyor. Böyle olunca da, zincirleme tepkime için gerekli olan nötron üretim hızlarına erişmek güçleşiyor ve doğal uranyumun zenginleştirilmesi gerekiyor. Bu, bir parça doğal uranyum alıp, içindeki siyah çekirdekleri ayıklayıp atmaya ve geride, siyahlara oranla daha fazla sayıda kırmızı çekirdek bırakmaya benziyor. Fakat söz konusu "izotop zenginleştirme" işlemi, o kadar da basit değil; yavaş çalışan pahalı işlemler gerektiriyor.

Demek ki doğal uranyumun yalnızca binde birinden azı, nükleer enerji üretimi açısından işe yarayan "fisil" çekirdeklerden oluşuyor. Bu çekirdeklerin 1 gramı, yaklaşık 2.5 ton kömürünkine eşdeğer enerji potansiyeline sahip. Fakat uranyum, "nadir toprak metalleri" sınıfında yer alıyor. Yani yer kabuğunda varolan, işletme açısından ekonomik olan miktarı, "nadir" denecek kadar az. Dolayısıyla, dünyamızın "fisil uranyum çekirdeği" stoku, enerji gereksinmemizi uzun bir süre karşılayabilmekten uzak; yaklaşık 200 yıl yetecek kadar. Ancak fisil olmayan "siyah" çekirdekler, tümüyle işe yaramaz değil. Çünkü bir nötron yutmaları halinde, radyoaktif hale geliyorlar ve iki ışımadan sonra, fisil olan bir başka izotopa, plütonyuma dönüşebiliyorlar. Ohalde, zenginleştirme işlemi sırasında ayıklanan siyah çekirdekler, bir köşeye atılmayıp, reaktör kalbinde uygun bir yere konabilir ve nötron yutarak kırmızılaşmaları sağlanabilir. Eğer reaktör kalbindeki nötron üretim hızı yeterince yüksek ise, hem kırmızı çekirdeklerin parçalanması sonucu enerji üretmek, hem de siyah çekirdekleri kırmızıya dönüştürmek

mümkün. Hatta uygun bir tasarımla reaktör, birim zamanda tükettiğinden daha fazla kırmızı çekirdek üretebilir. Bu durumda reaktörün, net olarak yakıt ürettiği söylenir. Yani reaktör "üretken"dir. Bu işlem, yavaş nötronlar yerine hızlı nötronlarla daha kolay başarılabiliyor. Bu yüzden de "üretken" reaktörlerdeki nötronlar, fisyon- dan çıktıktan sonra yavaşlatılmazlar. Suyun yavaşlatıcı etkisinden kaçınmak için soğutucu olarak, su yerine sıvı sodyum kullanılır ve böyle reaktörler "hızlı üretken" reaktör adını alır. Hızlı üretken reaktörler sayesinde Dünya kabuğundaki uranyumun, binde birinden azı yerine tümü, nükleer enerji elde etmek amacıyla kullanılabilir. Ancak hızlı üretken reaktör yakıtlarının, önce termal reaktörlerde üretilmesi gerekiyor. Böyle bir "termal-hızlı üretken" reaktör programı, dünya uranyum rezervlerinin enerji potansiyelini 100 misli kadar arttırır ve bu potansiyelin yeterlilik süresini, 200 yıldan 9000 yıla çıkartır.

Zincirleme fisyon tepkimeleri termonükleer füzyon tepkimelerinden önce terbiye edildi. İlk fisyon reaktörü 2 Aralık 1942 tarihinde, İtalyan asıllı Amerikalı fizikçi Enrico Fermi liderliğindeki bir grup tarafından, Chicago'da kritik hale getirildi. Bu reaktörde yavaşlatıcı olarak, saf karbon ya da grafit kullanıldı; yani nükleer çağ bu "grafit yığını" ile açıldı. Nükleer endüstri hızla gelişerek büyük adımlar attı ve dünyanın her yanında reaktörler kurulmaya başlandı. 1 gram uranyum, 2.5 ton kömüre eşdeğer enerji üretebildiğine göre, nükleer bir santralin yakıt masraflarının yok denecek kadar az olacağı, bir kez kurulduktan

Nükleer santrallarda reaktörün durumu modern kontrol odalarında sürekli biçimde izleniyor.



Bir nükleer santralin reaktör kalbinde oluşturulan yüksek sıcaklık, buhar jeneratörleri aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülüyor.

sonra, santralin neredeyse bedavaya çalıştırılacağı sanıldı. Nükleer endüstri bu nedenle, bol ve ucuz elektrik enerjisi vaad etti; hatta bir süre sonra evlere elektrik sayacı takmaktan vazgeçileceği söylendi. Nükleer endüstri bu ütöpik vaadi ile ilk hatasını yapmış oldu. Çünkü kazın ayağı hiç de öyle çıkmadı.

Radyoaktivite, Radyasyon ve Etkileri

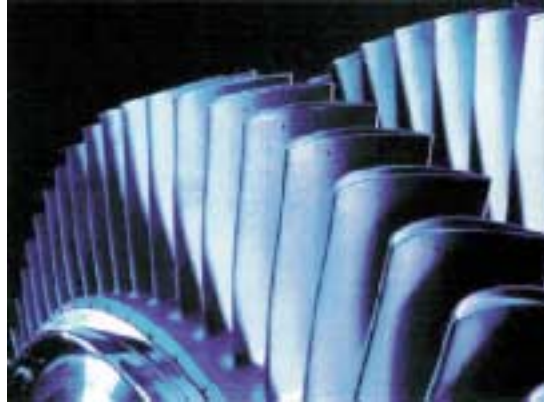
Reaktör kalbinde parçalanmış uranyum çekirdekleri, daha küçük iki çekirdeğe dönüşür ve "fisyon ürünleri" denilen bu yeni çekirdekler, yüksek enerjilerle doğar. İçinde bulundukları malzeme tarafından sonunda durdurulurlar, ancak bu arada, çevredeki çekirdeklerle çarpışarak epeyce hasar yaratırlar. Ayrıca kararsız olduklarından, oluşumlarından belli bir süre sonra, başka çekirdeklere dönüşürler. Bu arada, gama ışınları denen yüksek enerjili elektromanyetik ışınım ya da elektron ve pozitron gibi tanecikler yayımlarlar. Böyle bir etkinlik gösteren çekirdeklerin, "radyoaktif" oldukları söylenir. Radyoaktif çekirdeklerin bozunması çoğu kez, öteki radyoaktif çekirdeklerin oluşumuyla sonuçlanır. Bunlar da bozunduklarında, daha başka radyoaktif çekirdeklere dönüşebilir. Kısacası, işletmeye alındıktan bir süre sonra bir nükleer reaktörün kalbinde

800 kadar farklı radyoaktif çekirdek türü birikir. Bu çekirdeklerin tümünün sahip olduğu "ışınlama gücü"ne, "radyoaktivite envanteri" deniyor. Radyoaktif envanter, reaktör kapatıldıktan, yani zincirleme fisyon tepkimeleri durdurulduktan sonra da ısımasına devam eder. Gerçi bu ısıma zamanla azalır. Herhangi bir radyoaktif izotopun, başlangıçtaki sayısının ve dolayısıyla da ısıma gücünün yarıya inmesi için gereken süreye "yarı ömür" deniyor. Bu süre çekirdekten çekirdeğe değişir. Bazıları için saniyenin küçük bir kesiri, bazıları için ise binlerce yıl. Birkaç yüz MW gücündeki bir reaktörde, kapatıldıktan hemen sonra, saniyede milyarlarca kere milyarlarca bozunum meydana geliyor. Buysa reaktörün çalışma halinde ürettiği enerjinin %10 kadarının üretilmeye devam etmesi demek. Bu "bozunum ısısı"nın azalması için zaman geçmesi gerekiyor. Bir başka deyişle, kömüre dayalı bir termik santral kapattığınızda, kazanına kömür atmayı durdurur ve enerji üretimine son verirsiniz. Halbuki bir nükleer santral, kapatılsa dahi, normal gücünün %10'u kadar enerji üretmeye devam eder. Bu durumda reaktörü soğutmayı sürdürmek zorundasınız: Ta ki "bozunum ısısı" önemsiz düzeylere inene kadar... Yoksa reaktör kalbindeki uranyum yakıt elemanları eriyebilir, çok yüksek sıcaklıkta sıvı bir kütle oluşturup, önüne gelen herşeyi eritebilir. Uranyum ağır bir metal olduğundan, erittiği kütlenin dibine çöker ve yeni konumunda neyle karşılaşırısa eritmeye devam eder. Reaktör binasının beton temelini dahi eritip, toprağa ulaşabilir. Bundan sonra, varsayımsal olarak; ABD'deki bir reaktör kalbi toprağı, dünya eksenini boyunca eriterek, dünyanın öbür tarafından, Çin'den çıkabilir. "Çin Sendromu" denilen bu senaryo, elbetteki gerçekçi değildi. Ancak, bir "soğutucu kaybı kazası" sonucu reaktör kalbinin erimesinin olası sonuçları, son derece ciddi.

Radyasyon parçacıkları, mikroskopik birer mermi gibi, önlerine çıkan malzeme içerisinde durdurulup soğutulana kadar, o malzemeye enerji aşırlar. Malzeme, tıpkı üzerine bir tabanca ile defalarca ateş edilen çelik bir

levha gibi ısınır. Bundan öte, radyasyon parçacıkları, yolları üzerindeki moleküler bağları kırarak, maddenin yapısında değişiklikler de yaratır. Eğer malzeme uzun molekül zincirlerinden oluşuyorsa, ışıının kırıldığı molekül parçaları bazen de, yine radyasyon ışınlarının etkisi sonucu, gelişigüzel yerlerinden birbirlerine bağlanır. Yani radyasyon, tıpkı bir oksijen tüpünün ucundaki alev gibi uzun çubukları bazı yerlerinden eriterek kesmekte, başka yerlerinden de, parçaları birleştirmektedir. Bu olguya "radyasyonla polimerizasyon" denir ve bazı plastik türleri bu yolla sertleştirilir. Ancak bu olay canlı bir organizmada zararlı sonuçlar verir.

Yeniden nükleer reaktörlere dönelim: Fisyon sonucu oluşan bazı radyoaktif izotopların, reaktör kalbini soğutan suya karışması mümkün. Kaldı ki;



Dev türbinler, buharı elektrik enerjisine dönüştürüyor.

suyun içerisinde nötronlar dolaşmakta, suyu oluşturan çekirdekler tarafından yutulmakta. Örneğin hidrojen, bir nötron yutup döteryum, döteryum bir nötron daha yutup trityum olabiliyor. Her iki ürün de radyoaktiftir. Keza, sudaki oksijen bir nötron yutup radyoaktif bir izotopa dönüşebilir. Dolayısıyla, soğutma suyu, reaktör içerisinde dönmüş durdukça radyasyon biriktirir ve dışarı sızması gerekir. Halbuki her endüstriyel girişim, bazı kaza olasılıklarını da beraber getirir. Nükleer reaktörlerin de, ufak tefek kazalar sonucu radyoaktivite sızdırması, çevrede sağlık sorunlarına neden olması kaçınılmaz gibi. Nitekim en gelişmiş ülkelerdekiler de dahil olmak üzere, dünyanın çeşitli yerlerinde inşa edilen yüzlerce nükleer santralde ortaya çıkan radyasyon sızıntılarının sayısı, yüzleri

bulmuş durumda. Nükleer endüstri ikinci hatasını burada yaparak, bütün bu kazaları saklamaya çalıştı; saklamadıklarını yalanladı.

Çünkü dünya kamuoyu, o dönemde tırmanan Soğuk Savaş'la birlikte, nükleer silahlar karşısında dehşete kapılmış, radyasyonun olası zararları anlaşıldıkça da, nükleer santrallara karşı güvensizlik duymaya başlamıştı. Nükleer endüstri kendisini savunmaya çalışırken, teknolojisini sanki kazalardan muafmış gibi göstermiş, "soğutucu kaybı" gibi ciddi bir kazanın asla olmayacağını iddia etmişti. Endüstri üçüncü hatasını da burada yaptı; bu savı da yanlış çıkınca, ağır töhmet altında kaldı.

Çünkü 1979 yılında ABD'nin "Three Mile Island" nükleer santralindeki ünitelerden birinde, olası en kötü kaza gerçekleşti; soğutucu kaybı sonucu reaktör kalbi eridi. Gerçi kaza esnasında ölen olmadı, çevreye de fazla radyasyon salınmadı. Ancak, Amerikan kamuoyu, nükleer endüstrinin "olmaz" dediği kazayı yaşamış oldu ve bu alternatifi ciddi bir şekilde sorgulamaya başladı. Elektrik üretim şirketleri yeni siparişler vermeyi durdurdu; daha önceki siparişlerini iptal edenler de oldu. Bu nedenle nükleer endüstrinin girdiği darboğaz, birden bire çok daha ciddi bir sorun nedeniyle daha da ağırlaştı: 1986 yılında Sovyetler Birliği'nin Çernobil nükleer santralındaki ünitelerden birisi, aynı kazaya uğradı. Ancak, bu sefer kaza kontrol altına alınamadı. Oluşan radyasyon bulutu haftalarca, Türkiye dahil Avrupa üzerinde dolaştı; yağmurlarla birlikte besin zincirine karıştı. Kazadan dolayı 30'dan fazla insanın öldüğü biliniyor. Radyasyona maruz kalmış olup da kanser riski artarlarsa, onbinlerle ölçülüyor. Sonuçta nükleer endüstrinin imajı ağır bir yara daha almış, kamuoylarının nükleer enerjiye güveni sarsılmış oldu. Fakat dile getirilen endişelerde, psikolojik boyut ağır basar görünüyor.

Risk ve Ödül

Çünkü nükleer santrallarda ortaya çıkan kazalar, "işletme riskleri" kapsamında bulunuyor ve nükleer endüstrinin bu açıdan performansı aslında, ol-

dukça saygın. Yaklaşık 10 bin “reaktör yıl”lık işletme deneyimi sırasında meydana gelen ciddi kazaların sayısı bir elin parmaklarını geçmiyor. Bu kazalarda ölenlerin sayısı da 50’yi ancak bulmuş durumda. Tabii ki çevreye salınan radyasyon, zamanla kanser vakalarında artışlara yol açacak ve bunun sonucu olarak, pek çok insanın ömrü kısalacak. Ancak teknolojik yaşam, ödüllerin yanında bazı riskler de getiriyor. “Her nimetin bir de kulfeti olması” kuralı, öteki sanayi kolları için de geçerli. Örneğin 1974 yılında, Hindistan’ın Bhopal eyaletinde, Union Carbide şirketine ait bir gübre fabrikasında yer alan siyanid gazı kaçağı, 3,400 insanın zehirli buharlar soluyarak ölmesine yol açtı. Fakat kimya endüstrisi bu nedenle kapanmadı. Ülkemizde kömür madenlerinde, her yıl ortalama 60 işçi ölüyor. Ancak hiç kimse kömür madenlerinin bu yüzden kapatılmasını istemiyor. Keza trafik kazaları nedeniyle Türkiye’de yılda, 7,000’e yakın insan ölüyor; 60,000 kadarı da sakat kalıyor. Fakat otomobil kullanımının yasaklanmasını isteyen yok. Çeşitli iş kollarında meydana gelen kazalarda ölenlerin bir yıllık dökümü belki de, şimdiye kadarki tüm nükleer kazalarda ölenlerin sayısından fazla. Bu riskler olağan sayılırken, nükleer enerjiye karşı sert tepki gösteriliyor. Demek ki kamuoyları, “toplumsal risk sıralaması”nda önyargılı davranıyorlar. Bunun bir nedeni, nükleer santrallerin nükleer silahları çağrıştırması. Bir başka neden de, sözkonusu radyasyon riskinin görünmez, neredeyse “mistik” bir tehlike olması. Uzmanlar durumu kamuoyuna anlatmaya çalışıyor; ancak, endüstri güvenliğini yitirmiş olduğundan, aradaki diyalog kopmuş görünüyor.

Halbuki nükleer santrallerin bir nükleer bomba gibi patlaması olanaksız. Hatta nükleer santraller, bir kaza durumunda reaktör kalbi ısınmaya başlayınca, kendi kendilerini kapatıp, zincirleme tepkimeyi durduracak şekilde tasarlanmış bulunuyorlar. Nitekim Three Mile Island ve Çernobil’deki reaktörler de, anormal gelişmeler başlar başlamaz durdular. Zincirleme tepkimenin sona ermiş olmasına karşın kalbin erimesine, buradaki radyoaktivite stokunun ışınlamalarının yol açtığı “bozunma ısı” neden oldu.



Three Mile Island’daki ile aynı kazaya uğramasına karşın, Çernobil’deki kazanın sonuçlarının ağır olmasınaysa bu santralde, Batı standartlarıncı öngörülen bazı güvenlik sistemlerinin bulunmaması yol açtı. Şimdiyse, eski Doğu Bloku ülkelerinde bulunan santraller de Uluslararası Nükleer Enerji Ajansı’nın denetimine açılmış, bu santrallerin, Batı’daki akranlarında var olan güvenlik sistemleriyle donatılmalarına başlanmış bulunuyor.

Tekrarlamak gerekirse; nükleer teknolojinin işletme performansı, her şeye karşın, hiç de fena değil. Fakat nükleer santrallerin, kamuoyumuzda yeni yeni tartışılmaya başlanan bir sorunu daha var: Reaktör kalbinde fisyonu uğratarak enerji üreten uranyum yakıtı, zamanla fakirleşiyor ve belli bir noktadan sonra, değiştirilmesi gerekiyor. Bu “kullanılmış yakıt”lar, kimyasal yöntemlerle parçalanıp, içindeki işe yarar izotoplar alınıyor. Geride kalan kimyasal çözeltilerde, “üst düzeyde radyoaktif” olan ve fakat işe yaramayan çekirdekler kalıyor. Bu “üst düzeyde radyoaktif sıvı atıklar”ın gelişigüzel atılmamaları, çevreye zarar vermemeleri için özenle zırhlı ve saklanmaları gerekiyor; ta ki radyoaktivite zararsız düzeylere inene kadar...

Radyoaktif bir maddenin aktivitesinin yarılanması için gereken zamana “yarı ömür” demiştik. Böyle bir maddenin aktivitesini artık kaybetmiş olduğunu söyleyebilmek içinse, parmak kuralı olarak “10 yarı ömür”ün geçmesi gerekiyor. Nükleer reaktör atıkları arasında; Stronsiyum-90 ve Sezyum-137 gibi çekirdekler en önemli yeri tutuyor. Bunların yarı ömürleri, sırasıyla 28 ve 30 yıl civarında. Dolayısıyla, 300 yıl süreyle, emniyetli bir şekilde sak-

lanmaları gerekiyor. Öteki bazı çekirdeklerin yarı ömürleri ise çok daha uzun. Örneğin plütonyumunki 24,000 yıl kadar. Ancak reaktörde plütonyum, kendisi de fisil olduğundan, az miktarda birikir. Öte yandan, termal reaktörlerde biriken plütonyum, hızlı üretken reaktörlerde yakıt olarak kullanılabilir. Bu yapılmadığı taktirde, bu çekirdeğin de keza, özenle saklanması gerekir. Oysa dünya “hızlı üretken reaktör programı” askıya alınmış olduğundan, termal reaktörlerde üretilen plütonyum birikmeye başlamış durumda. Plütonyum için “10 yarı ömür” 240,000 yılı buluyor. Bu denli uzun bir zamansa insanı ufkunun ötesinde. Güvenli saklanabilmesi için, jeolojik zaman ölçeğinde çalışmak gerektiğinden, tüm radyoaktif atıkların, camlaştırıldıktan sonra, depremlemlerden muaf yeraltı galerilerinde saklanması düşünülüyor. Ancak, çözümlerin sağlıklı olabilmesi için, kamuoyunda geniş bir katılımı tartışılması, kabullenilebilir riskler üzerinde anlaşılması gerekli. Oysa bu konu yeterince tartışılmıyor; nükleer santrallerin işletme sorunları ise, ön planda tutuluyor.

Özetlenecek olursa, termonükleer tepkimelerin terbiye edilebilmesi halinde insanlığın enerji sorunu, neredeyse ebediyen çözülebilecek. Fakat bu gerçekleşene kadar, öteki enerji kaynaklarıyla yetinmemiz gerekecek. Nükleer enerjinin, bu “bol enerjili geleceğe” giden köprüde önemli bir rol oynaması kaçınılmaz görünüyor. Ancak tüm ötekiler gibi bu seçenek de, beraberinde, herkesi ilgilendiren bazı riskler getiriyor. Dolayısıyla konunun kamuoylarında, geniş katılımı tartışılması; riskler, ödülleri ve ödenecek bedeller üzerinde anlaşılması gerekiyor.

Düşük Düzeyde Radyasyonun Zararları

Aykut Kence

Prof. Dr., ODTÜ Biyoloji Bölümü

Nükleer santraller bir kaza anında , örneğin Çernobil kazasında olduğu gibi milyonlarca kişinin düşük dozlu radyasyona maruz kalmasına neden olabilirler. Milyonlarca kişinin maruz kaldığı düşük dozlu radyasyonun toplum açısından bir önemi var mıdır?

İyonlaş-tırıcı radyasyonun en önemli özelliklerinden biri, canlı hücrelerinde kalıtsal bilgiyi içeren DNA molekülünde değiş-iklikler yaparak kuş-aktan kuş-ağa aktarılabilen mutasyonlar oluşturmalarıdır. Canlıların tüm özellikleri genler tarafından belirlendiği için gen mutasyonlarının etkileri fiziksel ve mental sağlığımızın hemen hemen her yönünü içine alırlar. Kalıtsal açıdan, üreme hücrelerinde oluş-an mutasyonlar önem taşı-rlar. Çünkü bu mutasyonlar bir sonraki kuşaklara aktarılabılırler. Vücut hücrelerinde oluş-an somatik mutasyonlar ise kansere neden olabilecekleri için önem taşı-rlar.

Radyasyonun kalıtsal etkileri hakkında yapılan araştırmalar sonucunda kalıtım bilimcilerinin vardığı ortak nokta zararsız olan hiçbir radyasyon dozu olmadığıdır. Öyle ise neden " maximum permissible " doz ya da izin verilen en yüksek doz denen doz sınırları konulmuştur ? Çernobil kazasından sonraki dönemde yetkili ağırlık sık sık " bir insanın hiç bir risk yüklenmeden bir yılda alacağı toplam doz 500 mremdir." -şeklinde açıklamalarda bulunmuşlardır. Bu limitlerin altında da radyasyonun etkileri söz konusudur. Ancak nükleer



enerji üretimi, bilimsel araştı-tırma gibi, toplum için yararlı olabilecek faaliyetlerin sürülebilmesi için, kişinin yaş-amında karşılaşa-bileceği diğer bazı risklerle (örneğin trafik kazaları) kıyaslanabilecek düzeyde risk yükleyen doz limitleri konulmuştur. Bu doz limitleri bir çok ülkede son bilgilere göre gözden geçirilmiş- ve aşağıya doğru çekilmiş-tir (örneğin A.B.D'de yılda 25mrem, Almanya'da 30 mrem, İngiltere'de 100 mrem; Türkiye'de ise bu limit 500 mrem).

Düşük düzeyde radyasyona maruz kalan bir insanda mutasyon oluş-ması olasılığı çok az olabilir, fakat milyonlarca insanın her biri böyle bir doza maruz bırakılırsa mutlaka bazı mutasyonlar meydana gelecektir. Şayet az sayıda insan, düşük dozda radyasyon alıyor iseler bunun bireysel riski oldukça küçüktür.. Ama milyonlarca insan düşük dozlu radyasyona maruz kalıyor iseler, toplumsal risk söz konusudur. Örneğin 50 milyon insanın her biri 500 mremlik doza maruz kalırsa bunun etkileri ve doğuracağı sonuçlar çok önemlidir. Böyle bir dozun genetik sonuçları 25 milyon insanın her birinin 1000 mrem, ya da 250.000 kişinin her birine 100 rem radyasyon vermekle aynıdır. Bu durumda toplum tarafından alınan kolektif doz 25 milyon kiş-i-rem ya da 250.000 kiş-i-sievert olarak ifade edilir. (1-Sievert 100 reme eşittir) . Bu doz yaklaşık-k olarak Hiroşima'da atom bombasından kurtulanların aldığı dozun iki katıdır.

Yapılan bilimsel tahminlere göre 1 milyon kiş-i-remlik bir doza maruz kalma 1200 çekinik mutasyona neden olacaktır. Bir mutasyonun toplumda kalış süresi, ve etkileyeceği kiş-i sayısı mutasyonun zararlı etkileri ile ters orantılıdır.

Bir de toplumda bireyler arasında radyasyona duyarlılık bakımından farklar bulunmaktadıdır. Örneğin Ataxia teleangiectasia adlı hastalık genetik bir hastalıktır ve bir çift çekinik gen tarafından kontrol edilir. Bu geni taşıyan bireylerde DNA onarım sistemi iflas etmiştir. Bu hastalığın toplumda görülme sıklığı 40.000'de birdir fakat bu geni tek olarak taşıyan heterozigot bireyler ise 100 de birdir. 50 milyonluk toplumda 500.000 kişi Ataxia teleangiectasia geni bakımından heterozigottur. Yani geni tek olarak taşı-rlar ve normal görünümündedirler. Fakat bu bireylerin kanser olma riskleri normal insanlara göre 5 kat daha fazladır. DNA onarım sistemi ile ilgili onlarca mutasyon olabileceğini düşünürsek, toplumda radyasyona duyarlı bireylerin sayısının bir hayli yüksek olduğunu görebiliriz.

Çevre politikalarının oluşturulmasında, herhangi bir etmenin çevreye geri dönülmez, onarılmaz bir zararı söz konusu ise, bu konuda yeterli veri yoksa bile, zararın kesin olduğu yaklaşımı geçerlidir. Buna, Tedbirlilik İlkesi (Precautionary Principle) denir. Türkiye'de nükleer santral yapımıyla ilgili çevre politikalarında bu ilkenin gözönünde bulundurulması insan gen kaynaklarının korunması anlamına gelecektir.

Sonuç

Nükleer endüstrinin yakın geleceğe yönelik çalışmalarının hedefi, günümüzdeki reaktörlerin, kamuoyunun istediği güvenlik düzeyine ulaştırılması. Buysa, daha sıkı standartlar ve yatırım gerektirdiğinden, nükleer enerjiyi, alternatiflerine oranla pahalı kılıyor. Aslında enerji fiyatları, petrol şokları nedeniyle genelde artarken, ülkelerin tasarrufa yönelmeleriyle, enerji tüketimi yerinde saymış bulunuyor. Bu da insana, "her işte bir hayır" vardır sözünü hatırlatıyor. Çünkü en temiz ve en ucuz enerji, tasarruf ile sağlanan enerji.

Nükleer endüstrinin orta vadeli çalışmaları, daha güvenli reaktör tasarımlarına yönelik. Çalışmalar, işletme sırasında, istesenez ve uğraşsanız da kalbini eritemeyeceğiniz "ultra güvenli" sistemler üzerinde yoğunlaşıyor. Örneğin bunlardan birisi gaz soğutmalı bir sistem. "Gelişkin gaz soğutmalı reaktör", top şeklinde yakıtlar kullanıyor. Bir başkasının, küçük bir gölün dibine kurulması tasarlanıyor. Bu "ultra güvenli reaktör"ün, hiçbir durumda soğutucu kaybına uğramaması amaçlanıyor.

Nükleer endüstrinin uzun vadeli çalışmalarıysa, "atıkların güvenli depolanmasıyla" ilgili. Üst düzeyde radyoaktivite içeren sıvı atıkların, katı hale getirildikten sonra "camlaştırılmaları" planlanıyor. Böylece, dış kabın delinmesi ve radyoaktif çekirdeklerin çevreye yayılarak besin zincirine girmeleri önlenmiş olacak. Çünkü cam kırılma dahi, yalnızca kırılma yüzeyindeki radyoaktif çekirdekler açığa çıkıyor, cam bünye içindekiler dışarı sızamıyor. Ayrıca bu cam koruyucuların "şok emici" jeolojik tabakalara gömülmesi, böylelikle de deprem şoklarından korunmaları amaçlanıyor. Bu tabakalar geçmişte olduğu gibi, yüzbinlerce yıl değişmeden duracak, radyoaktif atıkları içlerinde saklayacaklar. Ancak, zaman ölçeği uzun olduğundan, olası gelişmeleri tümüyle öngörebilmek güç. Burada da, kamuoyunun yapıcı eleştirilerine gereksinme var.

Kamuoyunu, açık fikirlilikle yürütülecek bir diyaloga davet ederken, göz önünde bulundurulması gereken bir hususu hatırlatmakta yarar var: olmayan enerjinin bedeli, geçmiş kazalarda ödenmiş olanlardan çok daha ağır.

Vural Altın

Prof. Dr., Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi



Dostumuz mu, Düşmanımız mı? Nükleer Enerji

Enerji çağdaş yaşamın stratejik gir-dilerinden birisi. Metabolizmik bir benzetmeyle, toplumsal organizmanın kanındaki şekeri andırıyor. Nasıl ki kanındaki şeker miktarı azalan insan halsiz düşerse, az enerji tüketen toplumlar da benzeri şekilde letarjik, çok ve akılcı enerji tüketenler ise dinamik, üretken ve enerjik oluyorlar. Enerji tüketebilmek içinse önce onu üretebilmek gerekiyor. En ciddi üretim seçeneklerinden birisi de nükleer enerji.

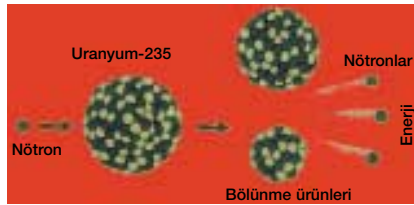
Nükleer enerji, atomun çekirde-ğiyle ilgili bir olay. İki şekilde elde edilebiliyor. Birincisi, iki küçük çekir-değin birleştirilmesi, yani füzyon, ikincisiyse büyük bir çekirdeğin par-çalanması, yani fisyon. Her iki halde de, tepkimeden açığa çıkan enerji ısıya dönüştürülebilir, bu enerjiyle su kaynatılıp buhar elde edilebilir. Sonra da bu buhar, tıpkı termik santrallarda olduğu gibi, yüksek basınç altında bir türbine gönderilir ve türbin dönerken, kendisine bağlı bir elektrik jeneratör-rünü de döndürünce, elektrik enerjisi üretilir.

Mühendislik bilimleri aslında, nükleer enerjiyi terbiye etmeyi başarmış bulunuyor. Fakat bunu füzyon yo-luyla değil, öteki tepkime biçimi olan fisyon, yani büyük bir çekirdeğin par-çalanmasıyla gerçekleştirdi.

Kolayca parçalanıp fisyona uğrayan ve bu arada enerji açığa çıkaran çekir-deklerin "fisol" (parçalanabilir) olduk-ları söylenir. Doğada bulunan uran-yum, hemen tümüyle, iki tip izotoptan oluşuyor. Birindeki proton ve nötron-ların toplam sayısı 235, öteki dekiler-

se 238. Dolayısıyla bu çekirdekler, U-235 ve U-238 diye tanımlanıyor. İki-sinde de proton sayısı aynı (92). Fakat ikincisindeki nötron sayısı, birinciden üç adet daha fazla. Biz bu teknik no-tasyonla uğraşmak yerine, U-235'lerin "kırmızı", U-238'lerin de "siyah" ol-duklarını düşünelim. Kırmızılar bir nötron çarptığında parçalanmaya çok daha yatkınlar. Parçalandıklarında iki ya da üç de nötron çıkarırlar.

Dolayısıyla, bir uranyum kütlesi düşüncecek olursak ve bu kütlenin içi-ne bir avuç nötron salarsak; bu nötron-lar "kırmızı" uranyumlara çarpıp, bu



Bir uranyum çekirdeğine çarpan nötron, çekirdeği daha küçük parçalara bölerken, ortaya çıkan yeni nötronlar, zincirleme tepkimeye yol açıyorlar.

izotopların parçalanmasına yol açacak, parçalanmalardan açığa çıkan nötron-lar, gidip başka kırmızılara çarpacak, buradan yine nötronlar çıkacak ve bu böyle sürüp gidecek. Yani kütle uygun büyüklükte seçilirse, içinde bir zincir-leme tepkime gerçekleşecek ve sürekl-i olarak açığa enerji çıkacak. Kütlenin uygun büyüklük ve kompozisyonda seçilmesi önemli. Çünkü fisyonlardan açığa çıkan nötronların bir kısmı, ilgi-siz çekirdeklerde yutulur ya da küt-lenin kenarından dışarı kaçarak, bir bakıma ziyan oluyor. Kütle küçükse,

nötron kaçakları çok fazla oluyor ve zincirleme tepkime, daha başlayama-dan duruyor. Öte yandan yeterince büyük bir uranyum kütlesinin içine, dışardan nötron atmak da gerekmiyor. Çünkü kırmızı izotoplar, kendilerine çarpan nötronlar bulunmadığı zaman dahi, durup dururken parçalanıyorlar. Çok yavaş bir şekilde de olsa, kendi-liklerinden fisyona uğrayıp nötron salı-yorlar.

Bir nükleer reaktördeyse bu zincir-leme tepkime, yavaş ve kontrollü ola-rak gerçekleşiyor. Reaktörün yapısı bi-raz karmaşık ve uranyum dışında, bazı destek unsurları da barındırıyor. Örne-ğin, fisyon sonucu açığa çıkan nötron-lar hızlıdır. Oysa yavaş hareket eden nötronlar, her ne kadar tuhaf görünse de, kırmızı çekirdekleri daha kolay parçalayabiliyor. Bu nedenle hızlı nöt-ronların yavaşlatılması gerekiyor ve bunu da, reaktör kalbine konulan su-daki hidrojen atomları gerçekleştirir-yor. Hidrojenlerle çarpışan hızlı nöt-ronlar yavaşlar. Bu durumda, fisyon-dan yeni çıkmış olan hızlı nötronun, yavaşlamak için hidrojen atomlarıyla çarpışması, bunun için de, doğduğu uranyumdan çıkıp, bir süre su içinde dolaşması gerekiyor. Bu amaçla uran-yum metali, çubuklar halinde bir araya getirilip aralarından su geçiriliyor. Hidrojen içeren su, bir "yavaşlatıcı" iş-levi görüyor. Ayrıca, fisyon sonucu açığa çıkan enerjiyi soğutmak için de so-ğutucuya gereksinme var. Su, bu işlevi de üstleniyor. Böylelikle bir taşla iki kuş vurulmuş, hem nötronlar yavaşla-tılıp hem de reaktör kalbi soğutulmuş

oluyor. Aslında aynı işi sudan başka, karbondioksit ya da helyum gibi gazlar da yapıyor. Hangi tür yavaşlatıcı ve soğutucunun kullanıldığı, reaktörün tipine göre değişiyor. Fisyondan çıkan hızlı nötronların yavaşlatıldığı reaktörlere, "yavaş" anlamında, "termal" reaktör denir. Bu sıfat aslında reaktörün değil, kalbin içinde hareket eden nötronların yavaş olduğunu ifade ediyor.

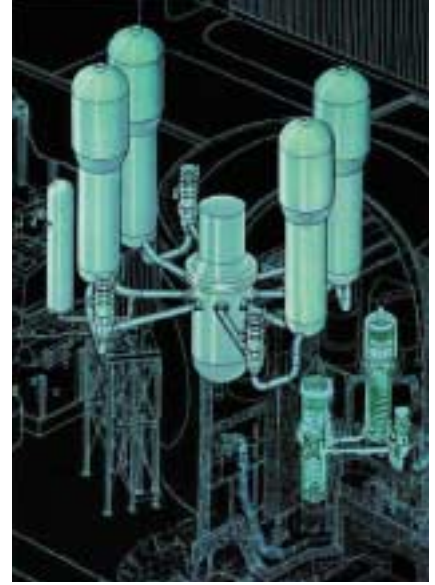
Ayrıca, reaktör kalbine konulan uranyum, çoğu kez doğada bulunan uranyumdan farklı. Çünkü doğal uranyumda, az miktarda fisil izotop, yani benzetmemize göre kırmızı çekirdek bulunuyor. Şöyle ki; doğal uranyumun her bin atomundan yalnızca, yaklaşık 7'si fisil oluyor. Böyle olunca da, zincirleme tepkime için gerekli olan nötron üretim hızlarına erişmek güçleşiyor ve doğal uranyumun zenginleştirilmesi gerekiyor. Bu, bir parça doğal uranyum alıp, içindeki siyah çekirdekleri ayıklayıp atmaya ve geride, siyahlara oranla daha fazla sayıda kırmızı çekirdek bırakmaya benziyor. Fakat söz konusu "izotop zenginleştirme" işlemi, o kadar da basit değil; yavaş çalışan pahalı işlemler gerektiriyor.

Demek ki doğal uranyumun yalnızca binde birinden azı, nükleer enerji üretimi açısından işe yarayan "fisil" çekirdeklerden oluşuyor. Bu çekirdeklerin 1 gramı, yaklaşık 2.5 ton kömürünkine eşdeğer enerji potansiyeline sahip. Fakat uranyum, "nadir toprak metalleri" sınıfında yer alıyor. Yani yer kabuğunda varolan, işletme açısından ekonomik olan miktarı, "nadir" denecek kadar az. Dolayısıyla, dünyamızın "fisil uranyum çekirdeği" stoku, enerji gereksinmemizi uzun bir süre karşılayabilmekten uzak; yaklaşık 200 yıl yetecek kadar. Ancak fisil olmayan "siyah" çekirdekler, tümüyle işe yaramaz değil. Çünkü bir nötron yutmaları halinde, radyoaktif hale geliyorlar ve iki ışımadan sonra, fisil olan bir başka izotopa, plütonyuma dönüşebiliyorlar. Ohalde, zenginleştirme işlemi sırasında ayıklanan siyah çekirdekler, bir köşeye atılmayıp, reaktör kalbinde uygun bir yere konabilir ve nötron yutarak kırmızılaşmaları sağlanabilir. Eğer reaktör kalbindeki nötron üretim hızı yeterince yüksek ise, hem kırmızı çekirdeklerin parçalanması sonucu enerji üretmek, hem de siyah çekirdekleri kırmızıya dönüştürmek

mümkün. Hatta uygun bir tasarımla reaktör, birim zamanda tükettiğinden daha fazla kırmızı çekirdek üretebilir. Bu durumda reaktörün, net olarak yakıt ürettiği söylenir. Yani reaktör "üretken"dir. Bu işlem, yavaş nötronlar yerine hızlı nötronlarla daha kolay başarılabiliyor. Bu yüzden de "üretken" reaktörlerdeki nötronlar, fisyon- dan çıktıktan sonra yavaşlatılmazlar. Suyun yavaşlatıcı etkisinden kaçınmak için soğutucu olarak, su yerine sıvı sodyum kullanılır ve böyle reaktörler "hızlı üretken" reaktör adını alır. Hızlı üretken reaktörler sayesinde Dünya kabuğundaki uranyumun, binde birinden azı yerine tümü, nükleer enerji elde etmek amacıyla kullanılabilir. Ancak hızlı üretken reaktör yakıtlarının, önce termal reaktörlerde üretilmesi gerekiyor. Böyle bir "termal-hızlı üretken" reaktör programı, dünya uranyum rezervlerinin enerji potansiyelini 100 misli kadar arttırır ve bu potansiyelin yeterlilik süresini, 200 yıldan 9000 yıla çıkartır.

Zincirleme fisyon tepkimeleri termonükleer füzyon tepkimelerinden önce terbiye edildi. İlk fisyon reaktörü 2 Aralık 1942 tarihinde, İtalyan asıllı Amerikalı fizikçi Enrico Fermi liderliğindeki bir grup tarafından, Chicago'da kritik hale getirildi. Bu reaktörde yavaşlatıcı olarak, saf karbon ya da grafit kullanıldı; yani nükleer çağ bu "grafit yığını" ile açıldı. Nükleer endüstri hızla gelişerek büyük adımlar attı ve dünyanın her yanında reaktörler kurulmaya başlandı. 1 gram uranyum, 2.5 ton kömüre eşdeğer enerji üretebildiğine göre, nükleer bir santralin yakıt masraflarının yok denecek kadar az olacağı, bir kez kurulduktan

Nükleer santrallarda reaktörün durumu modern kontrol odalarında sürekli biçimde izleniyor.



Bir nükleer santralin reaktör kalbinde oluşturulan yüksek sıcaklık, buhar jeneratörleri aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülüyor.

sonra, santralin neredeyse bedavaya çalıştırılacağı sanıldı. Nükleer endüstri bu nedenle, bol ve ucuz elektrik enerjisi vaad etti; hatta bir süre sonra evlere elektrik sayacı takmaktan vazgeçileceği söylendi. Nükleer endüstri bu ütöpik vaadi ile ilk hatasını yapmış oldu. Çünkü kazın ayağı hiç de öyle çıkmadı.

Radyoaktivite, Radyasyon ve Etkileri

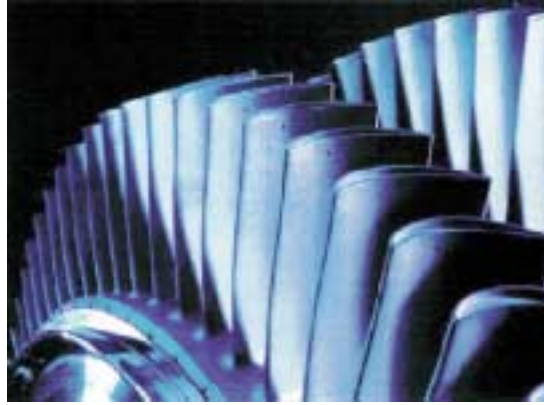
Reaktör kalbinde parçalanmış uranyum çekirdekleri, daha küçük iki çekirdeğe dönüşür ve "fisyon ürünleri" denilen bu yeni çekirdekler, yüksek enerjilerle doğar. İçinde bulundukları malzeme tarafından sonunda durdurulurlar, ancak bu arada, çevredeki çekirdeklerle çarpışarak epeyce hasar yaratırlar. Ayrıca kararsız olduklarından, oluşumlarından belli bir süre sonra, başka çekirdeklere dönüşürler. Bu arada, gama ışınları denen yüksek enerjili elektromanyetik ışınım ya da elektron ve pozitron gibi tanecikler yayımlarlar. Böyle bir etkinlik gösteren çekirdeklerin, "radyoaktif" oldukları söylenir. Radyoaktif çekirdeklerin bozunması çoğu kez, öteki radyoaktif çekirdeklerin oluşumuyla sonuçlanır. Bunlar da bozunduklarında, daha başka radyoaktif çekirdeklere dönüşebilir. Kısacası, işletmeye alındıktan bir süre sonra bir nükleer reaktörün kalbinde

800 kadar farklı radyoaktif çekirdek türü birikir. Bu çekirdeklerin tümünün sahip olduğu "ışınlama gücü"ne, "radyoaktivite envanteri" deniyor. Radyoaktif envanter, reaktör kapatıldıktan, yani zincirleme fisyon tepkimeleri durdurulduktan sonra da ısımasına devam eder. Gerçi bu ısıma zamanla azalır. Herhangi bir radyoaktif izotopun, başlangıçtaki sayısının ve dolayısıyla da ısıma gücünün yarıya inmesi için gereken süreye "yarı ömür" deniyor. Bu süre çekirdekten çekirdeğe değişir. Bazıları için saniyenin küçük bir kesiri, bazıları için ise binlerce yıl. Birkaç yüz MW gücündeki bir reaktörde, kapatıldıktan hemen sonra, saniyede milyarlarca kere milyarlarca bozunum meydana geliyor. Buysa reaktörün çalışma halinde ürettiği enerjinin %10 kadarının üretilmeye devam etmesi demek. Bu "bozunum ısısı"nın azalması için zaman geçmesi gerekiyor. Bir başka deyişle, kömüre dayalı bir termik santral kapattığınızda, kazanına kömür atmayı durdurur ve enerji üretimine son verirsiniz. Halbuki bir nükleer santral, kapatılsa dahi, normal gücünün %10'u kadar enerji üretmeye devam eder. Bu durumda reaktörü soğutmayı sürdürmek zorundasınız: Ta ki "bozunum ısısı" önemsiz düzeylere inene kadar... Yoksa reaktör kalbindeki uranyum yakıt elemanları eriyebilir, çok yüksek sıcaklıkta sıvı bir kütle oluşturup, önüne gelen herşeyi eritebilir. Uranyum ağır bir metal olduğundan, erittiği kütlenin dibine çöker ve yeni konumunda neyle karşılaşırısa eritmeye devam eder. Reaktör binasının beton temelini dahi eritip, toprağa ulaşabilir. Bundan sonra, varsayımsal olarak; ABD'deki bir reaktör kalbi toprağı, dünya eksenini boyunca eriterek, dünyanın öbür tarafından, Çin'den çıkabilir. "Çin Sendromu" denilen bu senaryo, elbetteki gerçekçi değildi. Ancak, bir "soğutucu kaybı kazası" sonucu reaktör kalbinin erimesinin olası sonuçları, son derece ciddi.

Radyasyon parçacıkları, mikroskopik birer mermi gibi, önlerine çıkan malzeme içerisinde durdurulup soğutulana kadar, o malzemeye enerji aşırlar. Malzeme, tıpkı üzerine bir tabanca ile defalarca ateş edilen çelik bir

levha gibi ısınır. Bundan öte, radyasyon parçacıkları, yolları üzerindeki moleküler bağları kırarak, maddenin yapısında değişiklikler de yaratır. Eğer malzeme uzun molekül zincirlerinden oluşuyorsa, ışıının kırıldığı molekül parçaları bazen de, yine radyasyon ışıının etkisi sonucu, gelişigüzel yerlerinden birbirlerine bağlanır. Yani radyasyon, tıpkı bir oksijen tüpünün ucundaki alev gibi uzun çubukları bazı yerlerinden eriterek kesmekte, başka yerlerinden de, parçaları birleştirmektedir. Bu olguya "radyasyonla polimerizasyon" denir ve bazı plastik türleri bu yolla sertleştirilir. Ancak bu olay canlı bir organizmada zararlı sonuçlar verir.

Yeniden nükleer reaktörlere dönelim: Fisyon sonucu oluşan bazı radyoaktif izotopların, reaktör kalbini soğutan suya karışması mümkün. Kaldı ki;



Dev türbinler, buharı elektrik enerjisine dönüştürüyor.

suyun içerisinde nötronlar dolaşmakta, suyu oluşturan çekirdekler tarafından yutulmakta. Örneğin hidrojen, bir nötron yutup döteryum, döteryum bir nötron daha yutup trityum olabiliyor. Her iki ürün de radyoaktiftir. Keza, sudaki oksijen bir nötron yutup radyoaktif bir izotopa dönüşebilir. Dolayısıyla, soğutma suyu, reaktör içerisinde dönmüş durdukça radyasyon biriktirir ve dışarı sızması gerekir. Halbuki her endüstriyel girişim, bazı kaza olasılıklarını da beraber getirir. Nükleer reaktörlerin de, ufak tefek kazalar sonucu radyoaktivite sızdırması, çevrede sağlık sorunlarına neden olması kaçınılmaz gibi. Nitekim en gelişmiş ülkelerdekiler de dahil olmak üzere, dünyanın çeşitli yerlerinde inşa edilen yüzlerce nükleer santralde ortaya çıkan radyasyon sızıntılarının sayısı, yüzleri

bulmuş durumda. Nükleer endüstri ikinci hatasını burada yaparak, bütün bu kazaları saklamaya çalıştı; saklamadıklarını yalanladı.

Çünkü dünya kamuoyu, o dönemde tırmanan Soğuk Savaş'la birlikte, nükleer silahlar karşısında dehşete kapılmış, radyasyonun olası zararları anlaşıldıkça da, nükleer santrallara karşı güvensizlik duymaya başlamıştı. Nükleer endüstri kendisini savunmaya çalışırken, teknolojisini sanki kazalardan muafmış gibi göstermiş, "soğutucu kaybı" gibi ciddi bir kazanın asla olmayacağını iddia etmişti. Endüstri üçüncü hatasını da burada yaptı; bu savı da yanlış çıkınca, ağır töhmet altında kaldı.

Çünkü 1979 yılında ABD'nin "Three Mile Island" nükleer santralindeki ünitelerden birinde, olası en kötü kaza gerçekleşti; soğutucu kaybı sonucu reaktör kalbi eridi. Gerçi kaza esnasında ölen olmadı, çevreye de fazla radyasyon salınmadı. Ancak, Amerikan kamuoyu, nükleer endüstrinin "olmaz" dediği kazayı yaşamış oldu ve bu alternatifi ciddi bir şekilde sorgulamaya başladı. Elektrik üretim şirketleri yeni siparişler vermeyi durdurdu; daha önceki siparişlerini iptal edenler de oldu. Bu nedenle nükleer endüstrinin girdiği darboğaz, birden bire çok daha ciddi bir sorun nedeniyle daha da ağırlaştı: 1986 yılında Sovyetler Birliği'nin Çernobil nükleer santralındaki ünitelerden birisi, aynı kazaya uğradı. Ancak, bu sefer kaza kontrol altına alınamadı. Oluşan radyasyon bulutu haftalarca, Türkiye dahil Avrupa üzerinde dolaştı; yağmurlarla birlikte besin zincirine karıştı. Kazadan dolayı 30'dan fazla insanın öldüğü biliniyor. Radyasyona maruz kalmış olup da kanser riski artarlarsa, onbinlerle ölçülüyor. Sonuçta nükleer endüstrinin imajı ağır bir yara daha almış, kamuoylarının nükleer enerjiye güveni sarsılmış oldu. Fakat dile getirilen endişelerde, psikolojik boyut ağır basar görünüyor.

Risk ve Ödül

Çünkü nükleer santrallarda ortaya çıkan kazalar, "işletme riskleri" kapsamında bulunuyor ve nükleer endüstrinin bu açıdan performansı aslında, ol-

dukça saygın. Yaklaşık 10 bin “reaktör yıl”lık işletme deneyimi sırasında meydana gelen ciddi kazaların sayısı bir elin parmaklarını geçmiyor. Bu kazalarda ölenlerin sayısı da 50’yi ancak bulmuş durumda. Tabii ki çevreye salınan radyasyon, zamanla kanser vakalarında artışlara yol açacak ve bunun sonucu olarak, pek çok insanın ömrü kısalacak. Ancak teknolojik yaşam, ödüllerin yanında bazı riskler de getiriyor. “Her nimetin bir de kulfeti olması” kuralı, öteki sanayi kolları için de geçerli. Örneğin 1974 yılında, Hindistan’ın Bhopal eyaletinde, Union Carbide şirketine ait bir gübre fabrikasında yer alan siyanid gazı kaçağı, 3,400 insanın zehirli buharlar soluyarak ölmesine yol açtı. Fakat kimya endüstrisi bu nedenle kapanmadı. Ülkemizde kömür madenlerinde, her yıl ortalama 60 işçi ölüyor. Ancak hiç kimse kömür madenlerinin bu yüzden kapatılmasını istemiyor. Keza trafik kazaları nedeniyle Türkiye’de yılda, 7,000’e yakın insan ölüyor; 60,000 kadarı da sakat kalıyor. Fakat otomobil kullanımının yasaklanmasını isteyen yok. Çeşitli iş kollarında meydana gelen kazalarda ölenlerin bir yıllık dökümü belki de, şimdiye kadarki tüm nükleer kazalarda ölenlerin sayısından fazla. Bu riskler olağan sayılırken, nükleer enerjiye karşı sert tepki gösteriliyor. Demek ki kamuoyları, “toplumsal risk sıralaması”nda önyargılı davranıyorlar. Bunun bir nedeni, nükleer santrallerin nükleer silahları çağrıştırması. Bir başka neden de, sözkonusu radyasyon riskinin görünmez, neredeyse “mistik” bir tehlike olması. Uzmanlar durumu kamuoyuna anlatmaya çalışıyor; ancak, endüstri güvenliğini yitirmiş olduğundan, aradaki diyalog kopmuş görünüyor.

Halbuki nükleer santrallerin bir nükleer bomba gibi patlaması olanaksız. Hatta nükleer santraller, bir kaza durumunda reaktör kalbi ısınmaya başlayınca, kendi kendilerini kapatıp, zincirleme tepkimeyi durduracak şekilde tasarlanmış bulunuyorlar. Nitekim Three Mile Island ve Çernobil’deki reaktörler de, anormal gelişmeler başlar başlamaz durdular. Zincirleme tepkimenin sona ermiş olmasına karşın kalbin erimesine, buradaki radyoaktivite stokunun ışınlamalarının yol açtığı “bozunma ısı” neden oldu.



Three Mile Island’daki ile aynı kazaya uğramasına karşın, Çernobil’deki kazanın sonuçlarının ağır olmasınaysa bu santralde, Batı standartlarıncı öngörülen bazı güvenlik sistemlerinin bulunmaması yol açtı. Şimdiyse, eski Doğu Bloku ülkelerinde bulunan santraller de Uluslararası Nükleer Enerji Ajansı’nın denetimine açılmış, bu santrallerin, Batı’daki akranlarında var olan güvenlik sistemleriyle donatılmalarına başlanmış bulunuyor.

Tekrarlamak gerekirse; nükleer teknolojinin işletme performansı, her şeye karşın, hiç de fena değil. Fakat nükleer santrallerin, kamuoyumuzda yeni yeni tartışılmaya başlanan bir sorunu daha var: Reaktör kalbinde fisyonu uğratarak enerji üreten uranyum yakıtı, zamanla fakirleşiyor ve belli bir noktadan sonra, değiştirilmesi gerekiyor. Bu “kullanılmış yakıt”lar, kimyasal yöntemlerle parçalanıp, içindeki işe yarar izotoplar alınıyor. Geride kalan kimyasal çözeltilerde, “üst düzeyde radyoaktif” olan ve fakat işe yaramayan çekirdekler kalıyor. Bu “üst düzeyde radyoaktif sıvı atıklar”ın gelişigüzel atılmamaları, çevreye zarar vermemeleri için özenle zırhlı ve saklanmaları gerekiyor; ta ki radyoaktivite zararsız düzeylere inene kadar...

Radyoaktif bir maddenin aktivitesinin yarılanması için gereken zamana “yarı ömür” demiştik. Böyle bir maddenin aktivitesini artık kaybetmiş olduğunu söyleyebilmek içinse, parmak kuralı olarak “10 yarı ömür”ün geçmesi gerekiyor. Nükleer reaktör atıkları arasında; Stronsiyum-90 ve Sezyum-137 gibi çekirdekler en önemli yeri tutuyor. Bunların yarı ömürleri, sırasıyla 28 ve 30 yıl civarında. Dolayısıyla, 300 yıl süreyle, emniyetli bir şekilde sak-

lanmaları gerekiyor. Öteki bazı çekirdeklerin yarı ömürleri ise çok daha uzun. Örneğin plütonyumunki 24,000 yıl kadar. Ancak reaktörde plütonyum, kendisi de fisil olduğundan, az miktarda birikir. Öte yandan, termal reaktörlerde biriken plütonyum, hızlı üretken reaktörlerde yakıt olarak kullanılabilir. Bu yapılmadığı taktirde, bu çekirdeğin de keza, özenle saklanması gerekir. Oysa dünya “hızlı üretken reaktör programı” askıya alınmış olduğundan, termal reaktörlerde üretilen plütonyum birikmeye başlamış durumda. Plütonyum için “10 yarı ömür” 240,000 yılı buluyor. Bu denli uzun bir zamansa insanı ufkunun ötesinde. Güvenli saklanabilmesi için, jeolojik zaman ölçeğinde çalışmak gerektiğinden, tüm radyoaktif atıkların, camlaştırıldıktan sonra, depremlemlerden muaf yeraltı galerilerinde saklanması düşünülüyor. Ancak, çözümlerin sağlıklı olabilmesi için, kamuoyunda geniş bir katılımı tartışılması, kabullenilebilir riskler üzerinde anlaşılması gerekli. Oysa bu konu yeterince tartışılmıyor; nükleer santrallerin işletme sorunları ise, ön planda tutuluyor.

Özetlenecek olursa, termonükleer tepkimelerin terbiye edilebilmesi halinde insanlığın enerji sorunu, neredeyse ebediyen çözülebilecek. Fakat bu gerçekleşene kadar, öteki enerji kaynaklarıyla yetinmemiz gerekecek. Nükleer enerjinin, bu “bol enerjili geleceğe” giden köprüde önemli bir rol oynaması kaçınılmaz görünüyor. Ancak tüm ötekiler gibi bu seçenek de, beraberinde, herkesi ilgilendiren bazı riskler getiriyor. Dolayısıyla konunun kamuoylarında, geniş katılımı tartışılması; riskler, ödülleri ve ödenecek bedeller üzerinde anlaşılması gerekiyor.

Düşük Düzeyde Radyasyonun Zararları

Aykut Kence

Prof. Dr., ODTÜ Biyoloji Bölümü

Nükleer santraller bir kaza anında , örneğin Çernobil kazasında olduğu gibi milyonlarca kişinin düşük dozlu radyasyona maruz kalmasına neden olabilirler. Milyonlarca kişinin maruz kaldığı düşük dozlu radyasyonun toplum açısından bir önemi var mıdır?

İyonlaş-tırıcı radyasyonun en önemli özelliklerinden biri, canlı hücrelerinde kalıtsal bilgiyi içeren DNA molekülünde değiş-iklikler yaparak kuş-aktan kuş-ağa aktarılabilen mutasyonlar oluşturmalarıdır. Canlıların tüm özellikleri genler tarafından belirlendiği için gen mutasyonlarının etkileri fiziksel ve mental sağlığımızın hemen hemen her yönünü içine alırlar. Kalıtsal açıdan, üreme hücrelerinde oluş-an mutasyonlar önem taşı-rlar. Çünkü bu mutasyonlar bir sonraki kuşaklara aktarılabılırler. Vücut hücrelerinde oluş-an somatik mutasyonlar ise kansere neden olabilecekleri için önem taşı-rlar.

Radyasyonun kalıtsal etkileri hakkında yapılan araştırmalar sonucunda kalıtım bilimcilerinin vardığı ortak nokta zararsız olan hiçbir radyasyon dozu olmadığıdır. Öyle ise neden " maximum permissible " doz ya da izin verilen en yüksek doz denen doz sınırları konulmuştur ? Çernobil kazasından sonraki dönemde yetkili ağırlık sık sık " bir insanın hiç bir risk yüklenmeden bir yılda alacağı toplam doz 500 mremdir." -şeklinde açıklamalarda bulunmuşlardır. Bu limitlerin altında da radyasyonun etkileri söz konusudur. Ancak nükleer



enerji üretimi, bilimsel araştı-tırma gibi, toplum için yararlı olabilecek faaliyetlerin sürülebilmesi için, kişinin yaş-amında karşılaşa-bileceği diğer bazı risklerle (örneğin trafik kazaları) kıyaslanabilecek düzeyde risk yükleyen doz limitleri konulmuştur. Bu doz limitleri bir çok ülkede son bilgilere göre gözden geçirilmiş- ve aşağıya doğru çekilmiş-tir (örneğin A.B.D'de yılda 25mrem, Almanya'da 30 mrem, İngiltere'de 100 mrem; Türkiye'de ise bu limit 500 mrem).

Düşük düzeyde radyasyona maruz kalan bir insanda mutasyon oluş-ması olasılığı çok az olabilir, fakat milyonlarca insanın her biri böyle bir doza maruz bırakılırsa mutlaka bazı mutasyonlar meydana gelecektir. Şayet az sayıda insan, düşük dozda radyasyon alıyor iseler bunun bireysel riski oldukça küçüktür.. Ama milyonlarca insan düşük dozlu radyasyona maruz kalıyor iseler, toplumsal risk söz konusudur. Örneğin 50 milyon insanın her biri 500 mremlik doza maruz kalırsa bunun etkileri ve doğuracağı sonuçlar çok önemlidir. Böyle bir dozun genetik sonuçları 25 milyon insanın her birinin 1000 mrem, ya da 250.000 kişinin her birine 100 rem radyasyon vermekle aynıdır. Bu durumda toplum tarafından alınan kolektif doz 25 milyon kiş-i-rem ya da 250.000 kiş-i-sievert olarak ifade edilir. (1-Sievert 100 reme eşittir) . Bu doz yaklaşık-k olarak Hiroşima'da atom bombasından kurtulanların aldığı dozun iki katıdır.

Yapılan bilimsel tahminlere göre 1 milyon kiş-i-remlik bir doza maruz kalma 1200 çekinik mutasyona neden olacaktır. Bir mutasyonun toplumda kalış süresi, ve etkileyeceği kiş-i sayısı mutasyonun zararlı etkileri ile ters orantılıdır.

Bir de toplumda bireyler arasında radyasyona duyarlılık bakımından farklar bulunmaktadıdır. Örneğin Ataxia teleangiectasia adlı hastalık genetik bir hastalıktır ve bir çift çekinik gen tarafından kontrol edilir. Bu geni taşıyan bireylerde DNA onarım sistemi iflas etmiştir. Bu hastalığın toplumda görülme sıklığı 40.000'de birdir fakat bu geni tek olarak taşıyan heterozigot bireyler ise 100 de birdir. 50 milyonluk toplumda 500.000 kişi Ataxia teleangiectasia geni bakımından heterozigottur. Yani geni tek olarak taşı-rlar ve normal görünümündedirler. Fakat bu bireylerin kanser olma riskleri normal insanlara göre 5 kat daha fazladır. DNA onarım sistemi ile ilgili onlarca mutasyon olabileceğini düşünürsek, toplumda radyasyona duyarlı bireylerin sayısının bir hayli yüksek olduğunu görebiliriz.

Çevre politikalarının oluşturulmasında, herhangi bir etmenin çevreye geri dönülmez, onarılmaz bir zararı söz konusu ise, bu konuda yeterli veri yoksa bile, zararın kesin olduğu yaklaşımı geçerlidir. Buna, Tedbirlilik İlkesi (Precautionary Principle) denir. Türkiye'de nükleer santral yapımıyla ilgili çevre politikalarında bu ilkenin gözönünde bulundurulması insan gen kaynaklarının korunması anlamına gelecektir.

Sonuç

Nükleer endüstrinin yakın geleceğe yönelik çalışmalarının hedefi, günümüzdeki reaktörlerin, kamuoyunun istediği güvenlik düzeyine ulaştırılması. Buysa, daha sıkı standartlar ve yatırım gerektirdiğinden, nükleer enerjiyi, alternatiflerine oranla pahalı kılıyor. Aslında enerji fiyatları, petrol şokları nedeniyle genelde artarken, ülkelerin tasarrufa yönelmeleriyle, enerji tüketimi yerinde saymış bulunuyor. Bu da insana, "her işte bir hayır" vardır sözünü hatırlatıyor. Çünkü en temiz ve en ucuz enerji, tasarruf ile sağlanan enerji.

Nükleer endüstrinin orta vadeli çalışmaları, daha güvenli reaktör tasarımlarına yönelik. Çalışmalar, işletme sırasında, istesenez ve uğraşsanız da kalbini eritemeyeceğiniz "ultra güvenli" sistemler üzerinde yoğunlaşıyor. Örneğin bunlardan birisi gaz soğutmalı bir sistem. "Gelişkin gaz soğutmalı reaktör", top şeklinde yakıtlar kullanıyor. Bir başkasının, küçük bir gölün dibine kurulması tasarlanıyor. Bu "ultra güvenli reaktör"ün, hiçbir durumda soğutucu kaybına uğramaması amaçlanıyor.

Nükleer endüstrinin uzun vadeli çalışmalarıysa, "atıkların güvenli depolanmasıyla" ilgili. Üst düzeyde radyoaktivite içeren sıvı atıkların, katı hale getirildikten sonra "camlaştırılmaları" planlanıyor. Böylece, dış kabın delinmesi ve radyoaktif çekirdeklerin çevreye yayılarak besin zincirine girmeleri önlenmiş olacak. Çünkü cam kırılma dahi, yalnızca kırılma yüzeyindeki radyoaktif çekirdekler açığa çıkıyor, cam bünye içindekiler dışarı sızamıyor. Ayrıca bu cam koruyucuların "şok emici" jeolojik tabakalara gömülmesi, böylelikle de deprem şoklarından korunmaları amaçlanıyor. Bu tabakalar geçmişte olduğu gibi, yüzbinlerce yıl değişmeden duracak, radyoaktif atıkları içlerinde saklayacaklar. Ancak, zaman ölçeği uzun olduğundan, olası gelişmeleri tümüyle öngörebilmek güç. Burada da, kamuoyunun yapıcı eleştirilerine gereksinme var.

Kamuoyunu, açık fikirlilikle yürütülecek bir diyaloga davet ederken, göz önünde bulundurulması gereken bir hususu hatırlatmakta yarar var: olmayan enerjinin bedeli, geçmiş kazalarda ödenmiş olanlardan çok daha ağır.

Vural Altın

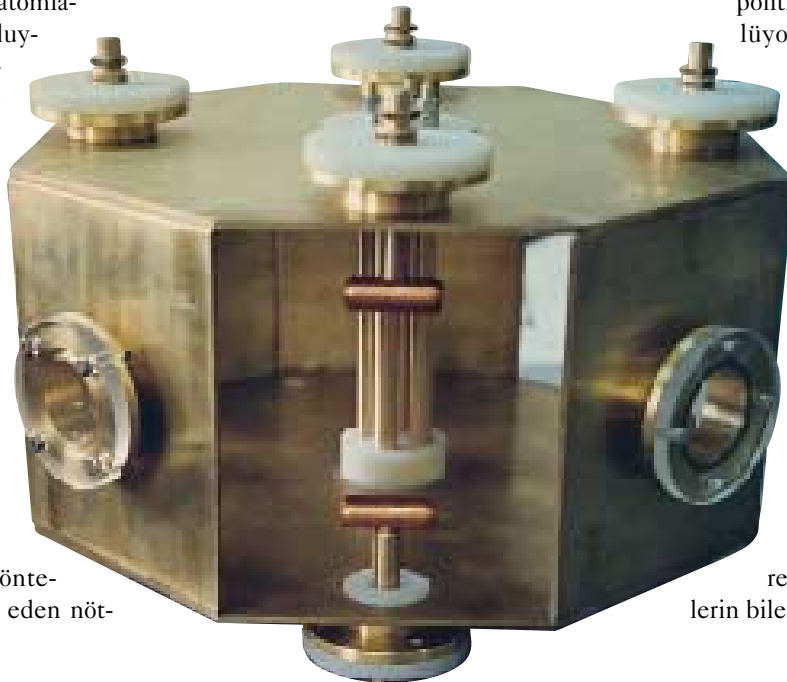
Prof. Dr., Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Füzyonda Türk Modeli

Doğrusunu söylemek gerekirse, insan "Acaba yanlış mı duydum" diye geçiriyor kafasından. Nükleer füzyon teknolojisi ve Türkiye!.. Dünyanın en donanımlı laboratuvarlarında, neredeyse sınırsız parasal ve teknolojik olanaklarla desteklenen seçme bilim adamları, ucuz, temiz ve tükenmez bir enerji kaynağı yaratacak makinelerin tasarımıyla uğraşıyorlar. Yapmaya uğraştıkları, koskoca yıldızları taklit etmek. Daha açıkçası, yıldızların merkezlerinde milyonlarca derece sıcaklıkta gerçekleşen süreçle atomları birleştirme (füzyon) yoluyla enerji elde etmek. Gerçi görmüş olduğumuz gibi atom çekirdeklerini birleştirme yerine parçalayarak da (fısyon) enerji sağlanabiliyor. Üstelik bu yöntem, tepkimenin başlaması için çok yüksek sıcaklıklar da gerektirmiyor. Çünkü atom çekirdeklerini birleştirmek için, aralarında aynı elektrik yükünden kaynaklanan itim gücünü yenecek bir enerji gerekiyor. Oysa atomun parçalanması yönteminde bu süreçle aracılık eden nöt-

ron, elektrik yükü taşımadığından, yenmesi gereken bir itim gücüyle karşılaşmıyor ve dolayısıyla daha düşük enerjilerde de görevini başarıyor. Parçalanma yönteminin kolaylığına karşılık bir sakıncası, ortaya çıkardığı radyoaktif atıkların çok ve uzun ömürlü olmaları. Füzyon enerjisini, güçlüğüne karşın çekici kılansa, görece temiz, atıklarının da az olması. Üstelik hammaddesi de bol. Radyoaktif uranyum

Türkiye'de geliştirilen küresel tokamak modelinin akı koruyucusu

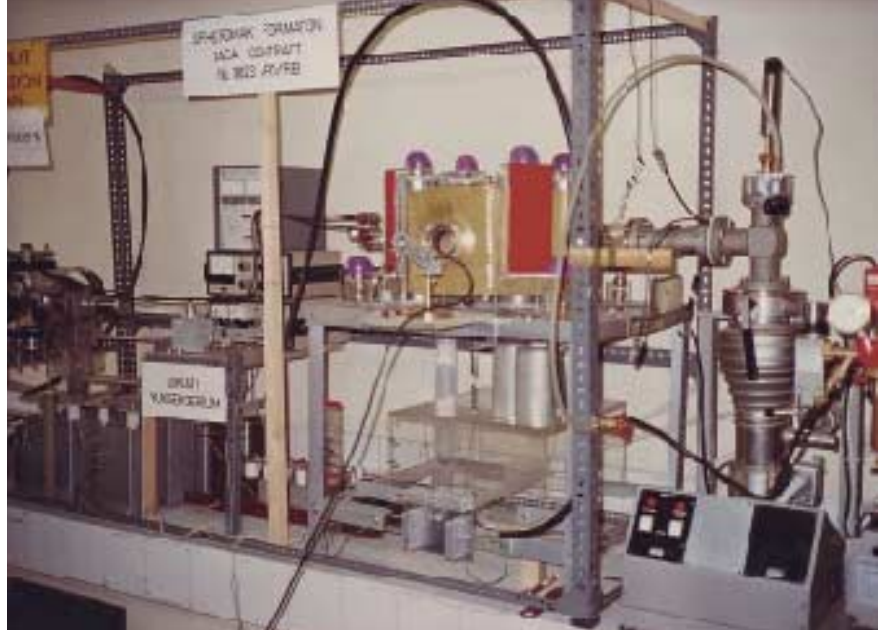


yerine, evrende en bol bulunan element olan hidrojenin ağır izotopları döteryum ve trityumu birleştirerek, helyuma çeviriyor. Yani fısyonun birtakım zararlı atıkları olmasına karşılık, füzyonun temel ürünü, zararsız (hatta önemli kullanım alanları bulunan) helyum gazı. Döteryum, su içinde 1/6000 oranında bulunan bir madde. Trityum ise, radyoaktif bir madde olan lityumdan elde ediliyor.

Füzyon, sayılan nedenlerden ötürü bilim adamlarının, tasarımcıların, hatta politikacıların düşlerini süslüyor. Ancak bu koşulları yeryüzünde oluşturmak son derece güç. Dahası, son derece pahalı. Nedeni, istendiği gibi enerji elde edilebilmesi için, hidrojen çekirdeklerinin birleşmesi sürecinin devamlı olması gerekiyor. Oysa günümüzde varolan deney reaktörlerinde füzyon, çok kısa süreler için sağlanabiliyor. Enerji üretimi koşullarına yaklaşabilecek çapta büyük reaktörler, gelişmiş ülkelerin bile tek başına ayırayabilecek-



Üstte, İstanbul Üniversitesinde 1960-1965 yılları arasında geliştirilen birinci tokamak makinesi (hızlı dinamik sıkıştırılmalı tokamak). Sağda, 1980'lerde geliştirilen birinci Spheromak.



leri fonların çok ötesinde yatırım gerektiriyor. Hatta, bu alanda iddialı ülkeler bile çok büyük ölçekli füzyon araştırma projelerinin yükünü ortaklaşa paylaşmakta çekingen davranıyorlar. Oysa anlaşılıyor ki, Türkiye de füzyon araştırmaları konusunda zengin sayılabilecek bir deneyime sahip. Anlaşılamayansa, bu çalışmaların neden 35 yıldır kamuoyunun dikkatinden kaçmış olduğu. Gerçi enerji üretmede, birlikte getirdiği sorunlara karşın atom çekirdeğini parçalama yönteminin (fisyon) sağladığı başarının, füzyon araştırmalarını, yalnızca Türkiye'de değil, tüm dünyada geri plana ittiği bir gerçek. Ancak fisyon enerjisinin yol açtığı sorunlar, sanayileşmiş, yeterli teknoloji birikimine sahip ülkelerde görece temiz füzyon enerjisini yeniden gündeme getirmiş görünüyor. Kuşkusuz, Türkiye'nin parasal ve teknolojik olanakları, bu ülkelerinkine karşılaştırılacak gibi değil. Kullanılan ve sürekli olarak geliştirilen füzyon makineleri de, öyle apartman boyutlarında, görkemli, şatafatlı şeyler değil. Üniversite laboratuvarlarının ve daha sonra da Ankara yakınlarındaki (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) TAEK Nükleer Araştırmalar ve Eğitim Merkezi'nin sınırlı teknik donanım ve parasal kaynaklarıyla gerçekleştirilmiş şeyler. Görünümleri, üzerlerindeki etiketlere pek uymuyor. Delikli profil raflar üzerine dizilmiş, sıradan görünümlü birkaç aygıt. Bir reaktörden çok, iyicesinden bir elektrikçi dükkanının tanı aygıtlarını andırıyor. Reaktörün kendisi,

60 litre hacimli, sekizgen biçimli, pirinçten yapılmış bir kutu. Kenarların birleştiği yerlerde kaynak izleri görünüyor. Gözlerinizin göremediği, ancak varlığını kolayca algıladığınız şeyse on yılların emeği, heyecanı, kuramcısından, teknisyenine değin herkesin alın teri.

Sonuç, bir "küresel tokamak". Ama küçüklüğü, dağınık görünümü aldatıcı. Aslında önemli özellikleri olan bir makine. Öyle ki, uluslararası füzyon enerjisi panellerinde adı geçiyor. Varolan makinelere bir alternatif olarak tanımlanıyor. Hatta tümüyle Türk tasarımcılarının beyin ürünü olan parçalarından biri, İtalyan araştırmacılarca örnek alınmış. Füzyon enerjisi elde etmek için iki genel yaklaşım var. Bunlardan biri, son yıllarda lazer teknolojisinin gelişmesiyle gündeme gelip yandaş toplamaya başlayan ve "eylemsiz" (inertial) füzyon denen teknik. Bilye biçimindeki küçük yakıt toplarının çok güçlü lazer atımlarıyla bombardıman edilerek sıkıştırılması ve böylece atom çekirdeklerinin birleştirilmesi hedefleniyor. Ancak bu, çok güçlü lazerler gerektiren ve ekonomik yararı kuşku götürür pahalı bir yol. Öteki yöntemse, elektronları yörüngelerinden kopacak biçimde enerjik hale gelmiş (iyonize olmuş), dolayısıyla çekirdekteki protonun artı elektrik yükünü taşıyan hidrojen izotoplarını, yani plazmayı sıkıştırarak füzyonu sağlamak. Teknik, çok güçlü elektrik akımlarıyla hızlanıp ısınan ve manyetik alanlarca tepkime odasının duvarlarına

değip soğuması önlenen plazma içindeki döteryum ve trityum izotoplarının birleşerek helyuma dönüşmesi ve bir nötron yayımlaması temeline dayanıyor. En başarılı ve enerji üretimi için en çok gelecek vaat eden manyetik füzyon aracı, tokamak diye adlandırılıyor. Rusça "toroid kamera magnit katushka" sözcüklerinin kısaltılmış biçimi. Anlamı "toroidal (simit biçiminde) oda ve manyetik bobin". Düzenegici geliştiren, L. A. Artsimovich adlı bir füzyon fizikçisi. 1965 Eylülünde İngiltere'de Culham Laboratuvarı'nda yapılan bir uluslararası toplantıda buluşunu açıklamış. Belirleyici özelliği, simit, ya da pasta kalıbı biçiminde bir vakum odası çevresinde yapılmaması. Hedeflenen enerji üretimi, döteryum ve trityum iyonlarının birleşip helyuma dönüşmesi sürecinde ortaya çıkan (ve elektrik yükü taşımadıkları için manyetik alanlarca tutulamayan) nötronların oda duvarına çarpıp ısıtılması yoluyla elde ediliyor. Nötronlar düz bir hat izleyerek halka biçimli reaktör kabının duvarlarından geçip, bu kabı çevreleyen "blanket" (battaniye = ısıtıcı örtü) içindeki lityumu bombardıman ederek trityuma dönüştürüyor. Sıcak trityum, reaktör kabındaki plazmaya karışarak soğumasını önlerken, reaktör çeperlerine ve ısıtıcı örtüye bırakılan enerji, ısı değiştirgeci aracılığıyla alınarak türbinlere veriliyor ve buhar yoluyla elektrik enerjisine dönüştürülüyor. Bu süreçte sorun, nötronların kısa sürede reaktör çeperlerini radyoaktif duruma getirmesi.

Füzyon yoluyla enerji üretilmesinde, halka biçimli tepkime odasında havada asılı durumda bulunan plazmanın sıcaklığını koruması ve böylece füzyonun kesintisiz sürmesi büyük önem taşıyor. Çalışır durumdaki bir füzyon reaktöründe, ortaya çıkan enerjinin bir bölümü, halkaya yeni yakıt (döteryum ve trityum) doldurulurken plazmanın soğumasını önüyor. Ancak reaktör ilk devreye girdiğinde, ya da geçici olarak kapandıktan sonra yeniden çalışmaya girerken, plazmanın 100 milyon °K'nin üstünde bir sıcaklığa kadar ısıtılması gerekiyor. Ancak böylece çekirdekler, içlerindeki artı elektrik yüklü protonlar arasındaki itme gücünü yenecek bir enerjiye kavuşturuluyor. Bu sıcaklık, yıldızların merkezlerinde füzyon tepkimeleri için gerekli sıcaklıktan kat kat yüksek. Örneğin Güneş'in merkezindeki sıcaklık, yaklaşık 15 milyon derece olarak hesaplanıyor. Bu görece düşük sıcaklıkta füzyon gerçekleşmesinin nedeni, atomların, muazzam kütleçekiminin etkisiyle çok yoğun biçimde sıkışmış durumda bulunmaları. Reaktörlerde çok daha



Odaklanmış plazma akım kanalının hacmini büyütmek için tasarlanıp geliştirilen çok kutuplu yoğun plazma odaklama elektrodu.

yüksek sıcaklık gereksinmesinin nedeniyse, enerji kayıpları.

Bugünkü durumlarıyla gerek tokamaklarda, gerekse öteki manyetik füzyon deney düzeneklerinde, plazmanın sıcaklığını korumak için yeterli enerji düzeylerine çıkılamıyor. Dolayısıyla aygıtlar çok kısa süreli atımlar biçiminde çalışıyor ve her atımdan önce plazmayı yeniden ısıtmak gerekiyor. Ancak 100 milyon derece düzeyinde bir

sıcaklığı oluşturmak kolay bir iş değil. Bunun için birkaç yöntemin bir arada kullanılması gerekiyor. Bunlardan biri, birkaç milyon amper gücünde, plazma içinden geçen bir akım. Poloidal alanı yaratan akım, aslında plazmayı da ısıtıyor. Buna ohmik (ya da dirençsel) ısıtma deniyor. Bu tür ısıtma, bir elektrik ampulünün içinde ya da bir elektrikli ısıtıcıda gerçekleşen ısınmayla aynı. Deney reaktöründe bu yolla ortaya çıkan ısı, akımla ve plazmanın direnciyle ilintili. Ancak ısıtılan plazmanın sıcaklığı arttıkça direnç azalır ve bu nedenle ohmik ısıtma etkinliğini yitirmeye başlar. Bir tokamakta ohmik ısıtma yöntemiyle yaratılabilen maksimum sıcaklık 20-30 milyon dereceyi geçmediği için ek yöntemler de kullanılıyor. Bunlardan biri, plazmanın bulunduğu tepkime halkasına nötr parçacık demetleri enjekte etmek. Nötr (iyonize olmamış, dolayısıyla elektrik yükü taşımayan) atomlar, ohmik olarak ısıtılmış ve manyetik alanlarla hapsedilmiş plazmaya püskürtüldüğünde, hemen iyonize olurlar ve bunlarda manyetik alanca hapsedilir. Yüksek

Türkiyede Yapılan DeneySEL Nükleer Füzyon Çalışmaları

Dünyadaki kontrollü nükleer füzyon üzerindeki araştırmalar, ilk kez 1958 yılında Cenevre'de düzenlenen, Birleşmiş Milletlerin atom enerjisinin barışçıl amaçlarla kullanılması ikinci konferansında tartışıldı ve zamanın en büyük füzyon makinesi olan, İngiltere'nin Harwell Laboratuvarında geliştirilen ZETA'ya büyük ilgi gösterildi. Konferansta aynı zamanda, nükleer füzyonun ekonomik bir enerji çıkışına ulaşılmasından önce, sıcak ve yoğun plazmaların özelliklerinin daha iyi anlaşılması gerektiği vurgulandı. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansının (IAEA) 1961'de Salzburg'da düzenlediği 1. Uluslararası Konferanstan sonra, İngiltere Atom Enerjisi Kurumu desteğiyle Culham'da 1965 yılında düzenlenen 2. IAEA Konferansında Rus bilim adamı L. A. Artsimovich ve arkadaşları, Rusca kelimelerin baş harflerinden türetilmiş **Tokamak** kavramını ortaya attılar. Daha sonraki yıllarda dünyadaki birçok ulusal füzyon laboratuvarlarında tokamak araştırmalarına başlandı ve aralarında bilgi alışverişi amacıyla işbirliği giderek yoğunlaştı. Bunun bir sonucu olarak, 9 Kasım 1991'de, Avrupa Birliğinin ortak projesi JET (Joint European Tokamak)'de, iki yıl sonra Amerika'nın Princeton laboratuvarındaki TFTR (Thermonuclear Fusion Test Reactor)'de ve 1995 yılında da Japonya'nın JT-60U'de olmak üzere üç ayrı tokamak makinesinde, füzyon gücü reaktörüne ilk adım olarak, sistemdeki giriş ve kayıp enerjilerinden daha büyük bir enerjinin üretildiği anlamına gelen, Q=1 düzlüğe çıkış (breakeven) noktasına ulaşılarak, yeryüzünde kontrollü bir yapay güneş oluşturulması yolunda, insanlığın temiz ve

tükenmez bir nükleer enerjiye kavuşabileceğini gösteren, büyük bir mesafe katedilmiş oldu.

Türkiye'de, nükleer füzyon araştırmalarına, dünyadakine paralel olarak 1960 yılında, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Atom ve Çekirdek Fiziği Kürsüsünde, şu anda kendisini saygı ve rahmetle andığımız, değerli ve onurlu hocamız, merhum Prof. Dr. Fahri Yenicey önderliğinde başlandı. O tarihte henüz tokamak kavramı tanımlanmamış olmakla beraber, hâlâ şu anda güncelliğini koruyan, önce; eksenel toroidal manyetik alan uygulanmadan, Toroidal Dinamik Pinç (TDP) makinesi [1] ve daha sonra; programlanabilir manyetik alanlı Yüksek Beta Tokamak (YBT) makinesi [2] çalışmalarına başlandı. Bu arada, eğitim faaliyetleri kapsamında, üç M.Sc. ve bir Ph.D. çalışması da sonuçlandırıldı. Ülkemizde ilk kez bu konuda çalışma başlatıldığı için, bilgi alışverişi amacıyla, Max Planck Enstitüsü-Almanya, Cambridge Üniversitesi, Culham Laboratuvarı-İngiltere ve Nükleer Araştırma Merkezi-Polonya gibi zamanın önde gelen laboratuvarları ile yoğun bilgi alışverişi faaliyetlerine girişildi. Unutmamak gerekir ki, o dönemde; Amerika, Avrupa, Japonya ve Rusya'daki tokamaklar ile TDP ve YTP makinelerinin standart deneysel verileri açısından pek büyük fark yoktu.

Türkiye'de ilk ve Dünya'da yedinci sırayı alan TDP makinesinin; toroidal pyrex vakum odası, 35 cm büyük ve 5 cm küçük yarıçaplarında idi. Döteryum gazı kullanarak, TDP'de elde edilen tipik deneysel referans verileri: primer akımı 25-50 kA, plazma akımı 10-16 kA, elektron yoğunluğu 10^{14} -

10^{15} cm⁻³, elektron sıcaklığı 40-70 eV, poloidal alan 2-3.5 kG, plazma korunma zamanı 45 µs, toplam giriş enerjisi 2.7 kJ (60 MW darbe kipi), beta (plazma kinetik basıncı/manyetik baskı) %40-50, verim %18-30, füzyon enerjisi 490-810 J (10.9-17.8 MW darbe kipi), nötron yoğunluğu $\approx 10^4$ cm⁻³ (45 µs)⁻¹, nötron enerjisi 2.48 MeV, plazma akım kanalının biçimi helisel ve kararsızlık m=1 kipi şeklinde idi.

Yapımı 1966 yılında tamamlanan YBT makinesinin toroidal kuartz vakum odası ise, 50 cm büyük ve 6 cm küçük yarıçaplı idi. Elde edilen tipik deneysel referans verileri: kullanılan gaz döteryum, primer akımı 25-50 kA, plazma akımı 35 kA, elektron yoğunluğu 10^{14} cm⁻³, elektron sıcaklığı 60-90 eV, toroidal manyetik alan 3.5 kG (tersine dönmüş, hilal ve eğri alan şekillenmeleri), poloidal manyetik alan 2.5 kG, plazma korunma zamanı 150 µs, toplam giriş enerjisi 2.7 kJ (18 MW darbe kipi), beta %20-30, verim %22-30, füzyon enerjisi 494-943 J (3.96-6.3 MW darbe kipi), nötron yoğunluğu $\approx 6 \times 10^4$ cm⁻³ (150 µs)⁻¹, nötron enerjisi 2.52 MeV ve kararsızlık m=0 kipi idi. Karşılaştırma sonucunda, hilal biçiminde programlı manyetik alanlar kullanılması halinde, geleneksel alanların kullanıldığı duruma göre, çok daha uzun kararlılık zamanlarına ulaşılabilirdi deneysel olarak kanıtlandı.

1970 yılında deneysel füzyon çalışmalarına Ankarada, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) Nükleer Füzyon Laboratuvarı'nda Ortadoğu Teknik Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümüyle işbirliği çerçevesinde; 775 sayı-

enerjili iyonlar, çok sayıda çarpışma sonucu enerjilerinin bir bölümünü plazma parçacıklarına naklederek plazma sıcaklığının yükselmesini sağlarlar.

Sıcaklık, manyetik sıkıştırma yoluyla da yükseltilir. Çünkü ani bir sıkışma gazı ısıtır. Aynı biçimde plazma sıcaklığı, kendisini hapseden manyetik alanın artırılması yoluyla da yükseltilebilir. Bir tokamak sisteminde bunun en kolay yolu, plazmayı, manyetik alanın daha güçlü olduğu bir yere, yani halkanın ortasına çekmektir. Plazmanın sıkıştırılması, iyonları da birbirine yaklaştıracığından, bir füzyon reaktörü için gerekli yoğunluğun sağlanmasını da kolaylaştırır.

Nihayet plazmanın sıcaklığını yükseltmek için radyo frekansı yönteminde de yararlanılıyor. Torus (plazmanın içinde bulunduğu halka) dışına yerleştirilen osilatörler, yüksek frekanslı radyo dalgaları üretiyor. Dalgalar uygun frekanstaysa enerjileri, plazma içindeki elektrik yüklü parçacıklara naklediliyor. Enerjisi artan bu parçacıklar, başka parçacıklara çarparak

plazma sıcaklığının yükselmesini sağlıyor.

Tüm bu yöntemlere karşın füzyon reaktör tasarımcıları, plazmanın sıcaklığını korumakta zorlanıyorlar. Nedeni, manyetik alan çizgilerinin tümüyle aynı olmaması. Reaktör kabı içindeki plazma, Lorentz kuvveti ile hapsediliyor. Bunun anlamı, elektrik yüklü parçacıkların, manyetik alan çizgilerini izleyerek hareket etmeleri.

Ama bir tokamak içindeki alanda kıvrılan manyetik alan içinde, alanın genel doğrultusunu izleyen "iyi" çizgilerin yanı sıra, bu doğrultudan sapan ve plazma içindeki parçacıklarda kaçığa neden olan "kötü" çizgiler de var.

TAEK, Nükleer Araştırma Laboratuvarı'ndaki küresel tokamak makinesinin son biçimi.



için bir kondansatör bataryası, yağ tanklı Tesla tipinde bir transformatör, bir darbe biçimlendirme iletim hattı, kontrollü iki kıvılcım aralığı ve bir Alan Emisyonu Diyod'u (AED) ibarettir.

Yükleme gerilimi 150 kV, elektron demet akımı 3.5 kA, elektron demet süresi 20 ns olan Mini-RED-1 makinesinden elde edilen RED'in, atmosferdeki yayılma karakteristiğinin saptanması amacıyla, termoluminesans dozimetreler kullanılarak, yatay ve düşey bileşenleri ölçüldü ve radyasyon histerizisleri incelendi. Böylece, atmosfer basıncında, enine oluşturulan elektrik alanlar yardımıyla, denetimli ve yüksek akımlı boşalmalar gerçekleştirilerek, TEA lazerlerinin yapılması için ilk adım atılmış oldu. Bu kapsamda, darbe rejiminde çalışan bir argon-iyon lazeri de gerçekleştirildi [5].

Özel tasarımı, yapraklı (foil) ve yapraksız (foilless) AED ile; reflex triyod, polietilen vakum odası ve farklı diyod polarizasyonları gibi yapılarla, iyon hızlandırması mekanizması deneysel olarak incelendi. Yüksek empedanslı ve yapraklı AED için; elektrik alan ile akım limitlemesi arasındaki

Füzyon fizikçileri, bu kaçığı en aza indirmek için yeni tasarımlar geliştiriyorlar. Bunlar arasında giderek popüler duruma gelen birisi, halka biçimli reaktör kabının çevrelediği merkezdeki bobini küçültmek; yani bir anlamda, simitin ortasındaki deliği daraltmak. Bunlara küresel tokamaklar deniyor. Bu tasarımda "iyi" manyetik alan çizgileri arttığından, pahalı bobinlerle üretilen akıma olan bağımlılık belli ölçüde azalıyor. Bu da daha küçük ölçeklerde deney reaktörleri yapılmasına olanak sağlıyor. Hatta merkezdeki bobinin tümüyle ortadan kaldırıldığı "spheromak" (küremak) diye adlandırılan makineler de yapılmaya başlandı.

Türkiye'nin kurama katkısı burada devreye giriyor. Otuz beş yıl süren çalışmaların ürünü, küçük, ama belki de sürekli ve kontrollü füzyon hedefinin daha kısa sürede ve daha ucuza gerçekleştirilmesine katkıda bulunacak bir makine. Ana ünitesi, başta da belirtildiği gibi 60 litre hacminde bir piring odacık, ya da teknik adıyla bir akı koruyucu. Oluşturabildiği plazma sıcaklığı da boyutlarıyla orantılı. Yalnızca 70

korelasyon saptandıktan sonra, yüklü iletim hattı, işaret ve dalga şekillenmeleri ile AED'nin fizikini tanımlayan, sistemin bir nümerik modeli yapıldı. Daha sonra, Mini-RED-I makinesinin gücünün yükseltilmesi amacıyla Mini-RED-II makinesinin kurulması için, yapraklı ve yapraksız AED, geçitli (gated) kipi özel yüksek gerilim yağ tankı, Tesla transformatörü, gliserin yalıtımlı darbe biçimlendirme iletim hattı ve dereceli halkalı (graded discs) vakumla yalıtılmış AED'un ayrı ayrı yapıları tamamlanarak, yükleme gerilimi 350 kV, elektron demet akımı 3.5 kA ve süresi 20 ns olan Mini-RED-II makinesi kuruldu ve çalıştırıldı. Mini-RED-II makinesi, yersizlikle sökülerek, bu durumda bekletildi ve şu sırada OD-TÜ Fizik Bölümünde yeniden kurulması için hazırlıklar devam etmektedir.

1980-1985 yılları arasında, DPT desteğiyle, kullanılan gazın türüne bağlı olarak bazı nükleer taneciklerin (proton, döteron, alfa, nötron) hızlandırılması amacıyla "Çok Yönlü bir Nükleer Tanecik Üreteci" başlığı altında bir Yoğun Plazma Odağı (Dense Plasma Focus) (YPO) projesi üzerinde çalışıldı [6]. Füzyon düzenekleri arasında YPO sistemleri, geleneksel hızlandırıcılara nazaran çok daha basit şekilde nükleer tanecik hızlandırma olanağına sahip olduklarından ve hatta çok yüksek güçlü YPO sistemleri ile güçlü lazerlerin sürülmesi ve fisyon yakıt transmutasyonu uygulamalarında kullanıldığından büyük önem taşır. Oldukça basit bir yapıya sahip olan YPO sistemi, bir kondansatör bataryasında toplanmış olan enerjinin özel yapı, eşeksenli bir elektrod sisteminde denetimli şekilde boşaltılması esasına dayanır.

→

lı AEK projesi olan "Magnetron Enjeksiyonlu bir Demet-Plazma Sistemi" geliştirilerek, enerjik elektron demeti yardımı ile plazmanın oluşturulması ve ısıtılması mekanizmaları incelendi [3]. Yerli yapım, eş eksenli elektrostatik mercekle ve bölgesel manyetik alanlı elektron demet sisteminde; sürekli şekilde oluşturulan enerjik elektron demetinin boyuna enerjisi en çok 1.5 keV olup demet hidrojen gazı içinden geçirildiğinde elde edilen plazmanın yoğunluğu ise 10^7 cm^{-3} ile 10^{10} cm^{-3} arasında değişti. Demet yoğunluğu, deneysel koşula bağlı olarak, $5 \times 10^8 \text{ cm}^{-3}$ e kadar yükseldi. Deneyler sırasında, plazma frekansı, elektron siklotron frekansı ve iyon siklotron frekansı ile armoniklerine yakın, sırasıyla karakteristik ω_e , ω_i ve ω_{pi} frekansları, daha sonra bu frekansların sönümü saptanarak, plazma dalgası ile manyetik alan etkisiyle oluşan iyon siklotron dalgalarından, plazmaya enerji aktarımı yolu ile, plazmanın elektron ve iyon sıcaklıkları olarak 100 eV ve 2 eV'a yakın değerler bulundu.

1974-1975 dönemi, IAEA'nın araştırma burusu ile Hollanda'nın Amsterdam FOM Enstitüsündeki, Rölativistik Elektron Demeti (RED) ile plazmanın ısıtılması deneylerine katıldıktan sonra yurda dönüşte, kolektif iyon hızlandırması, kısa süreli ve güçlü X ışını üretimi, enine uyarılmış atmosferik (TEA) ile serbest (free) elektron lazerlerinin tetiklenmesi ve güçlü mikro-dalga üretimi gibi çok geniş bir uygulama alanı bulunan RED teknolojisinin yerli olanaklarla yurdumuza kazandırılması amacıyla incelemeler yapıldı. Bu konuda eğitim ile birlikte RED uygulamaları amacıyla bir RED Tesla Hızlandırıcı (RTH) sistem olan Mini-RED-I projesine başlandı [4]. RTH; enerji birikimi



Küresel tokamağın deney verilerini kullanarak çizdirilmiş enine akım halkaları.

eV; ya da 810 000 °K dolaylarında. Bu durumıyla, bırakın kontrollü füzyonu, bir nötron kaynağı olması ve üniversite öğrencilerine plazma deneyleri konusunda olanak sağlamasının ötesinde, pratik bir kullanımı yok. Ancak bu halile bile kendisine uluslararası füzyon topluluğu içinde bir isim yapma yolunda. Marifeti, ohmik ısıtma ve bunun için gerekli dev transformatörler ve bobinler gerekmeden de bir küresel tokamak oluşturması. Yapılan, 1 milyon amper gibi yüksek akımlı bir merkezi iletken çubuk yerine, Türk tasarımı, hilal biçimli plazma topları kullanılarak yüksek akımlı merkezi plazma kuşak-

ları oluşturulması. Buluşun patenti, füzyon çalışmalarına on yıllarını vermiş olan Profesör Dr. Sadrettin Sinman ve eşi Doç. Dr. Ayten Sinman'a ait.

Bu makinenin öncülü olan Alternatif Küresel Tokamak (AST) bile uluslararası füzyon toplantılarında tartışıldı ve büyük teknik ve mali olanaklara sahip sanayileşmiş ülkelerin geliştirdiği örneklerin yanı sıra alternatif bir model olarak kabul gördü. Yeni tasarımı, özellikle hilal biçimleri nedeniyle "C-topları" diye adlandırılan plazma enjektörleriyle ve ohmik ısıtma olmaksızın toroidal akım oluşturulması yöntemiyle gene uluslararası ilgiye odak oldu. Yeni İtalyan küresel tokamak tasarımlarında da, merkezi çubuk yerine plazma toplarının yer aldığı belirtiliyor. Gene "çok kutuplu yoğun plazma odaklama sistemi" (multipole dense plasma focusing system) adıyla geliştirilen ve odaklanmış plazma akım kanalının hacmini büyütmede kullanılan bir elektrod sistemi de orijinal bir katkı.

Küresel tokamaklar için ortaya çıkarılan Türk seçeneği, daha önce de

değindiği gibi yalnızca bir modelleme. Füzyon modellemeleri üzerinde çalışan başka ülkeler de var. Brezilya, Çek Cumhuriyeti, İran, İspanya, ve Portekiz bunlar arasında. Ancak bu ülkelerden şimdiye değin seçenek oluşturabilecek bir model çıkmamış. Ancak bu, Avrupa Birliği üyeliğine hazırlanan Türkiye'yi geride bırakmayacakları anlamına gelmiyor. Çünkü olması gerektiği gibi füzyon araştırmaları için bir program belirlemişler ve bunun hayata geçirilmesi için gerekli kurumsal, akademik ve teknik altyapıyı hızla oluşturmaya başlamışlar. Türkiye ise, şimdilik böyle kısa, orta ve uzun dönemli dilimlere bölünmüş, kapsamı, odağı, hedefi belli bir füzyon araştırmaları programını oluşturamamış görünüyor. Profesör Sadrettin Sinman, bu alanda bir hamlenin "olmazsa olmaz" koşulları arasında, böyle bir programın ötesinde, disiplinlerarası bir işbirliğini ve değişik bilim dallarından uzmanları bünyesinde toplayacak bir araştırma yapısı ve laboratuvarları sayıyor. Gene Sinman'lara göre, daha serbest bir üniversite ortamı ve deney

Proje kapsamında, tamamen yerli olanaklarla Mather tipinde geliştirilen YPO-I sistemi, 1.0 kJ'lük kondansatör bataryası, denetimli kıvılcım aralığı, iç ve dış elektrod yarıçaplarıyla uzunluğu değiştirilebilen eş eksenli hızlandırıcı tüneli ile gerekli elektronik denetim ve ölçümler için; hızlı manyetik sonda, Rogowsky bobinleri, Faraday kabı, ısıldama sayacı, polaroid kamera, osiloskop gibi alt tanı sistemlerinden ibarettir. Yoğun plazma odağı boşalması fazında; farklı plazma tabakalarını şekillendirmek için, değişik anod ve katod elektrod geometrileri kullanıldı, batarya gerilimi ve gaz basıncı arasındaki ilişki sistematik deneyler sonucunda saptanarak, anod üzerindeki hasar desenlerinden, plazma odağındaki iyonlara göre ters yönde hızlanan elektronlarda rölativistik özellikler görüldü. Sistemden RED'in muhtemel çıkış bölgeleri saptanarak, YPO sistemlerinin aynı zamanda 2-3 MeV enerjili, darbe tipi RED üretici olarak da kullanılabilceği anlaşıldı.

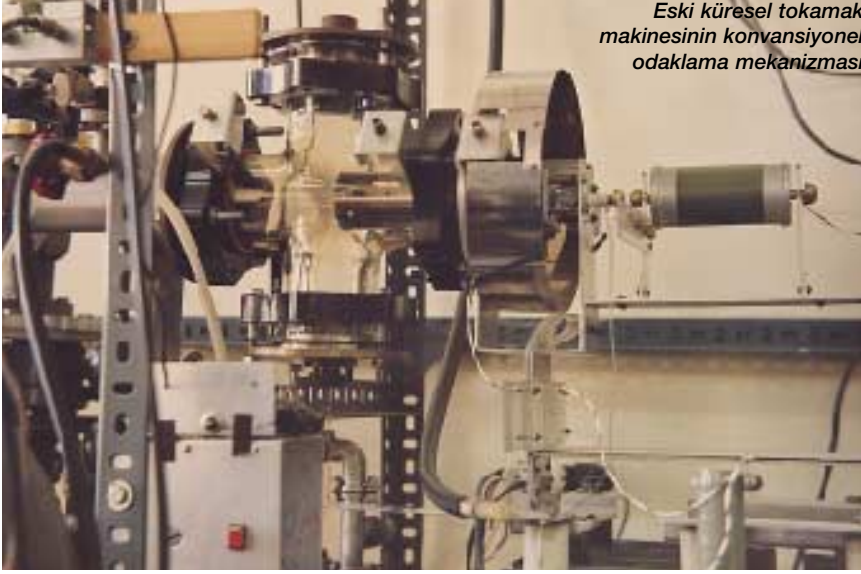
YPO'da döteryum gazı kullanılması halinde, D-D reaksiyonu sonucunda meydana gelen nötronları aktivasyon analizi yöntemi ile ölçmek amacıyla özel bir orantılı sayıcı sistemi geliştirildi. Boşalmanın sıkışma fazında, anod bölgesindeki plazmanın odaklanması sırasında, yoğunluğun katların yoğunluğuna kadar yükseldiği düşünülerek, bu yoğun plazmanın bir tablet olarak değerlendirilmesi araştırıldı. Bu kapsamda, tablet bölgesi uzatılarak örneğin bir laser-tablet füzyon reaktörü için çok kutuplu bir YPO elektrod sistemi kuruldu. Ayrıca YPO-I makinesinin gücünün yükseltilmesi için YPO-II makinesinin bileşenleri tamamlandı fakat yine yer sorunu ne-

deniyle sökülmiş durumda bekletildi. Şu anda ODTÜ Fizik bölümünde sistemin kurulması için hazırlıklar devam etmektedir.

Tokamak sistemlerinin yanısıra, yeni alternatif bir manyetik korunma sistemi olarak Spheromak kavramı, daha basit yoldan füzyon reaktörüne varma açısından önem taşıyor. Spheromak; bir plazma hacmindeki manyetik akı yoğunluğu ile aynı hacim içindeki vektör potansiyeli çarpımının entegrali anlamına gelen manyetik helisite prensibinin, topolojik yorumu ile elde edilen bir biçimdir. Manyetik helisite ideal şekilde bir magnetohidrodinamik (MHD) invaryantıdır. J.B.Taylor, MHD teorisine, kuvvetten bağımsız (force free) denge yahut minimum enerji hali ilkesi ışığında, yeni bir görüş getirmiştir. Pratikte, eş eksenli bir plazma topuyla daha önce biçimlendirilmiş bir spheromak, akı koruyucusuna itildikten sonra korunmaktadır. Oysa, IAEA'nın bir araştırma kontratı desteğiyle geliştirilen sistemde, C-topu olarak isimlendirilen manyetik sürmeli plazma topu, akı koruyucusunun içine yerleştirildiği için, spheromak akı koruyucusu içinde biçimlenir ve C-toplarının sayısı arttıkça buna bağlı olarak spheromakın gücü de yükselir. Üstelik, C-topunun plazma kuşağındaki şok dalgasıyla ısıtılmış sıcak (70-100 eV) elektronları, plazma kuşağı halkasının oluşturduğu manyetik alanla etkileşerek, helisel bir plazma akımı meydana getirir. Sonuç olarak, spheromak biçimlenirken toroidal ve poloidal manyetik alanlar da dışardan uygulanmaksızın akı koruyucusu içinde kendi kendilerine bağlanır. Bu mekanizma, Taylor ilkesine iyi uyum sağlar. 1986 yılında IAEA'nın Kyoto'da düzenlediği uluslararası konfe-

ransda, Ankara spheromak'ı olarak literatüre geçen SK/CG-1 makinesinin [7] üstün yanları arasında; a) DeneySEL koşullar değiştirilerek, spheromak, küresel pinç ve küresel tokamak türünde değişik kompakt torları oluşturulması mümkündür. b) C-topu yardımıyla, akı koruyucusunda demet plazma etkileşmeleri ve bu kapsamda plazmanın ısınması yönünden önemli olan, karakteristik frekanslarda dalgalar oluşarak, dalgalardan plazmaya enerji aktarılabilir. c) Spheromak akı koruyucusu içinde oluşturulduğundan, kondansatör bataryasından daha yüksek verimle enerji dönüşümü olur. d) Spheromak plazması başlangıçta şok ısıtmasıyla termalize olur. e) Biçimlenme ve bağlanma fazında, diğer eş-eksenli plazma toplu sistemlerde görülen geometrik deformasyon, C-toplu sistemde minimum düzeydedir. f) C-toplarının sayısı akı koruyucusu çevresinde artırılabilir. Eş eksenli plazma enjektörü ile biçimlendirilen spheromak sistemlerde ise, top sayısı ikiden fazla arttırılmaz. g) Sürekli kararlı ve yarı kararlı çalışma moduna geçilerek reaktör ölçeğine ulaşılabilir.

Spheromak projesini geliştirmek amacıyla çalışmalar; küresel tokamağa doğru yönlendirildi. Küresel tokamağın, spheromak ve tokamak'dan en önemli farkı; büyük yarıçap R'in plazma yarıçapı a_0 ye oranı ile tanımlanan görünüm oranı (aspect ratio) $A=R/a_0 < 2.5$ ve plazma çevresindeki güvenlik faktörü (safety factor) $q(a)=a_0 B_z / R B_\theta > 1$ ile karakterize edilir. Burada, B_z ve B_θ sırasıyla toroidal ve poloidal manyetik alan şiddetlerini gösterir. Bu bir anlamda, Z düşey ve



Eski küresel tokamak makinesinin konvansiyonel odaklama mekanizması

araçlarının tasarım ve geliştirilmesinde kamu-özel sektör işbirliğinin önemini vurguluyor.

Bugünkü koşullarda füzyon enerjisi için Türk modelinin belirgin bir hedefi, hatta geleceği görünmüyor. Oysa uzun bir deney birikimi ve kuramsal alt yapı hazır bekliyor. İş, geliştirilen küresel tokamak modelinin, bire üç oranında büyütülerek, 3 keV gücünde

bir reaktör tasarımına dönüştürülmesi. Bunun için tepkime odasının (bizimkinde akı koruyucu) yarıçapının 40 cm'den, 1m'ye çıkartılması gerekiyor. Böyle bir makinede oluşturulacak plazma sıcaklığıysa yaklaşık 35 milyon derece. Profesör Sinman, hibrid (karma) tasarımı böyle bir makinede yanma süresinin 10 milisaniye düzeyinden, saniyenin çok daha daha büyük

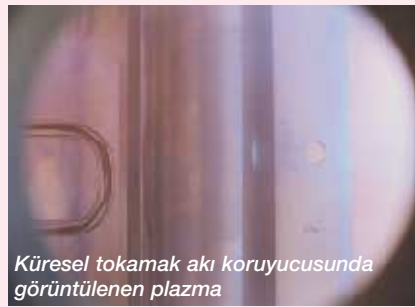
kesirlerine yükseleceğini ve deney koşullarında enerji bile üretebileceğini vurguluyor. Gereken boyut büyütmenin gerçekleşmesi halinde Türkiye'nin füzyon makinesi, bugün dünyanın en büyük füzyon makinesi sayılan, Culham'daki Joint European Torus (JET) reaktörünün 4 yıl önceki durumuna gelecek. Profesör, böyle bir ölçek büyütmenin salt teknik maliyetinin (personel giderleri hariç), 150 000 doları geçmeyeceğini hesaplıyor. Ama şunu da vurguluyor ki, iş yalnızca eldeki makinenin boyutlarını üçle çarpmakla bitmiyor. Merkezi bir program çevresinde sayılan öteki koşulların da yerine getirilmesi gerekiyor. Ama anlaşılıyor ki, iş paraya dayanınca, Türkiye'nin füzyon araştırmaları alanında daha güvver bir sese kavuşmasının parasal faturası, orta halli bir futbol kulübünün, ya da bazı kamu kuruluşlarının makam otomobili parkının boyutları dışında değil...

Raşit Gürdilek

Kaynaklar:
Spherical Torus MAY Improve Tokamak Cost and Performance,
Physics Today, Mayıs 1999
http://ippex.ppl.gov/ippex/About_fusion
<http://www.userscomcity.de/~henIning/fusion.htm>

R yatay eksenlerle tanımlanan düzlemde oluşan sıcak plazma çekirdeğinin kutup noktalarından çekilerek uzatılmış biçimindedir. Böylece, yeni eşgüdümlü bir IAEA araştırma kontratı ile, AST (Alternative Spherical Tokamak) makinesi tasarlandı, kuruldu ve çalıştırıldı. Elde edilen sonuçlar, periyodik olarak düzenlenen Uluslararası ve Avrupa füzyon enerjisi toplantılarında sunuldu [8,9]. Tokyo üniversitesi ile IAEA birlikte organize ettiği ve 26-28 Ekim 1998 tarihinde yapılan küresel tokamak teknik komite toplantısının değerlendirme makalesinde [Nuclear Fusion, [Vol.39 (1999) 1057]; AST makinesi dünyadaki diğer küresel tokamaklar arasında yer aldı. Geçtiğimiz yılda, AST makinesinin yeni versiyonu tamamlanarak, STPC (Spherical Tokamak with Plasma Centerpost) makinesi [10] dünyadaki diğer CDX-U, HIT, NSTX (USA), START MAST (UK) ve TS-3,4 (Japonya) gibi küresel tokamak makinelerinden farklı olarak, toroidal akım oluşturmak için, 10^6 Amper düzeyinde yüksek akımlı merkezi iletken çubuk yerine, çok katlı plazma toplanlarıyla oluşturulan yüksek akımlı (10^4 - 10^5 Amper) merkezi plazma kuşakları kullanıldı. Şekil de STPC makinesinin genel bir görünümünü verilmekte. Modüler tasarımı STPC'de; sekizgen prizma biçimindeki ve 60 litre hacmindeki bir akı koruyucusu içinde; 90 derece açılı aralıklarla yerleştirilen, dört çift elektrod sistemiyle çalışan plazma toplanından önce; kompakt toroid plazma enjektörü ve daha sonra da hep birlikte diğer plazma toplanı ateşlenerek oluşan küresel tokamak, kendi oluşturduğu manyetik alan yardımıyla merkezde korunur ve kutup noktalarından çekilerek uzatılmış bir küresel

tokamak oluşur. Şekilde, STPC makinesinde yapılan deneyler sırasında, akı koruyucusu üzerindeki dairesel tanı penceresinden, "open-shutter post fogging" yöntemi ile ve özel optik filtreler kullanarak alınan fotoğrafta merkezi çubuk etrafında toplanmış ve kutuplardan uzatılmış küresel tokamak plazmasının sol yansı görülmekte. Resimde, ilk önce sağ taraftaki enjektör topu ateşlenip önden filmin sağ tarafını etkilediğinden, daha sonra diğer toplanı ateşlen-



mesi ile esas küresel tokamak plazmasının sağ taraftaki simetrik bölümü resimde doğal olarak fark edilmez. Ancak, tüm çalışma evresindeki görüntülerin toplamı durumundaki fotoğraf dikkatle incelendiğinde, MHD kararlılığın tüm çalışma süresince korunduğu gözlenmektedir. Aynı zamanda küresel tokamakların karakteristik şekli olan uzama da oluşarak, dünyadaki diğer küresel tokamak makinelerinden alınan fotoğraflarla uyum içinde olduğu gözlemlendi. STPC makinesinin deneysel referans verileri: boşalmanın oluşum sürekliliği yaklaşık 10 ms, maksimum

toroidal alan yoğunluğu 1.3 kG, plazma yoğunluğu $n_e=10^{14}$ - 10^{16} cm⁻³, korunma zamanı 45-60 ms, elektron sıcaklığı $T_e=30$ -45 eV, ortalama helis biçimindeki plazma akımı $\langle I_p \rangle=1.5$ -1.8 kA, maksimum poloidal alan $B_p^{max}=0.8$ kG olarak saptandı. Bir modülle alınan bu değerler, modül sayısı artırılarak, oluşum sürekliliğinin 100 ms'ye a kadar yükselmesi mümkündür.

Ayten Sinman¹, Sadrettin Sinman²

¹TAEK Nükleer Füzyon Laboratuvarı,

²ODTÜ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

Kaynaklar

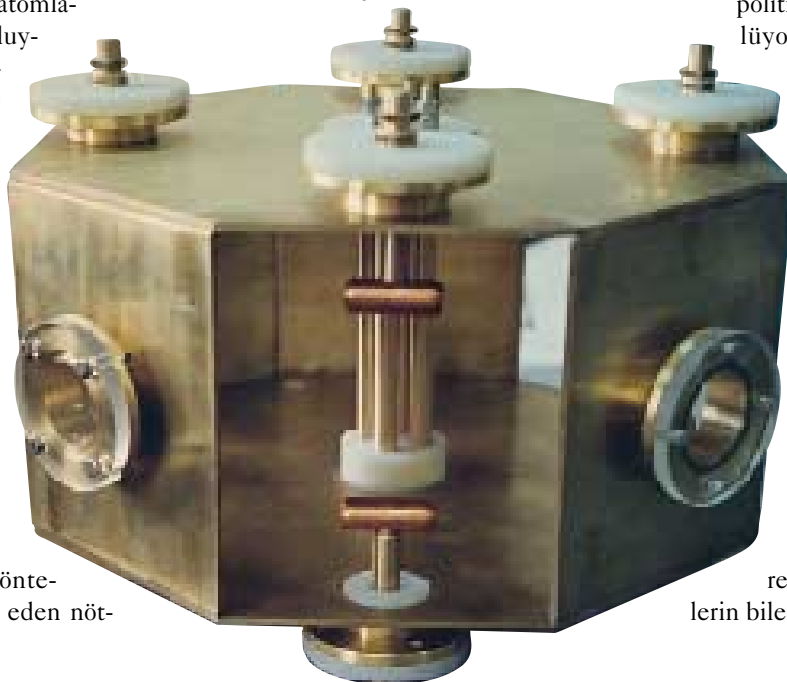
- [1] Sinman S., A Study on the Operational Characteristic and Reproducibility Conditions of Toroidal Discharge without Axial Magnetic Field, Rev. Fac. Sci. Univ. Istanbul C. Tome xxx, Fasc. 3-4 (1965) 177-252, Nuclear Science Abstracts, Vol. 21, No 16, August 31, 1967, Abst. No. 29246, U.S. Atomic Energy Commission.
- [2] Sinman A., Sinman S., An Experimental Study on Programming Modes in high-Beta Small Tokamak, Fusion Energy, 1981, Selected Lecture Presented at a Spring College on Fusion Energy, Trieste 26 May-19 June 1981, IAEA-SMR-82 (1982) 73, Plasma Physics Index Vol. 17, No. 10, 1982 Abst. No. 4369, Max-Planck-Institut für Plasma physik, Garching bei München.
- [3] Sinman S., Sinman A., On the Instabilities in a Beam-Plasma System of Zonal Magnetic Field, Technical Journal, Vol. 1, No. 2, (1974) 57, INIS, A14-Plasma Physics and Thermonuclear Reactions, Vol. 5, No. 22, IAEA Vienna (1974).
- [4] Sinman S., Sinman A., Design and Realization of a mini-REB Machine (RETA) and Preliminary Results, in Radiation in Plasmas, Proc. Of the Topical Conf. on Rad. in Plasmas Trieste Italy 1983, Vol. 2 Edited by B. McNamara (Livermore), World Scientific Publishing Co. Pre. Ltd., New York-Singapore (1984) 1045.
- [5] Sinman S., Sinman A., Some Operational Characteristics of a Pulsed Ar+3 Laser, XVI. Int. Conf. on Phen. In Ionized Gases, Düsseldorf 29 August-2 September 1983, Contributed Papers, Vol. 2 (1983) 208.
- [6] Sinman S., Sinman A., A Study of REB Observed From a DPF System for Different Focus Plasma, ibid [4], 1055.
- [7] Sinman S., Sinman A., Preliminary Experiments in a Compact Toroid Formed by Four C-Guns in Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research 1986 (Proc. 11th Int. Conf. Kyoto, 1986) Vol. 2, IAEA, Vienna (1987) 731.
- [8] Sinman S., Sinman A., A Spherical Tokamak Employing Magnetically Driven Plasma Guns, in Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research 1994 (Proc. 15th Int. Conf. Seville, 1994) Vol. 2, IAEA, Vienna (1995) 303.
- [9] Sinman S., Sinman A., Profile Control for an Alternative Spherical Tokamak, in Fusion Energy 1996 (Proc. 16th Int. Conf. Montreal 1996) Vol. 2, IAEA, Vienna (1997) 297.
- [10] Sinman S., Sinman A., A Paramagnetic Spherical Tokamak with Plasma Centerpost, in 26th European Physical Society Conf. on Controlled Fusion and Plasma Physics, Contributed Papers, Vol.23, Conference CD (1999) P1.111.

Füzyonda Türk Modeli

Doğrusunu söylemek gerekirse, insan "Acaba yanlış mı duydum" diye geçiriyor kafasından. Nükleer füzyon teknolojisi ve Türkiye!.. Dünyanın en donanımlı laboratuvarlarında, neredeyse sınırsız parasal ve teknolojik olanaklarla desteklenen seçme bilim adamları, ucuz, temiz ve tükenmez bir enerji kaynağı yaratacak makinelerin tasarımıyla uğraşıyorlar. Yapmaya uğraştıkları, koskoca yıldızları taklit etmek. Daha açıkçası, yıldızların merkezlerinde milyonlarca derece sıcaklıkta gerçekleşen süreçle atomları birleştirme (füzyon) yoluyla enerji elde etmek. Gerçi görmüş olduğumuz gibi atom çekirdeklerini birleştirme yerine parçalayarak da (fısyon) enerji sağlanabiliyor. Üstelik bu yöntem, tepkimenin başlaması için çok yüksek sıcaklıklar da gerektirmiyor. Çünkü atom çekirdeklerini birleştirmek için, aralarında aynı elektrik yükünden kaynaklanan itim gücünü yenecek bir enerji gerekiyor. Oysa atomun parçalanması yönteminde bu süreçle aracılık eden nöt-

ron, elektrik yükü taşımadığından, yenmesi gereken bir itim gücüyle karşılaşmıyor ve dolayısıyla daha düşük enerjilerde de görevini başarıyor. Parçalanma yönteminin kolaylığına karşılık bir sakıncası, ortaya çıkardığı radyoaktif atıkların çok ve uzun ömürlü olmaları. Füzyon enerjisini, güçlüğüne karşın çekici kılansa, görece temiz, atıklarının da az olması. Üstelik hammaddesi de bol. Radyoaktif uranyum

Türkiye'de geliştirilen küresel tokamak modelinin akı koruyucusu

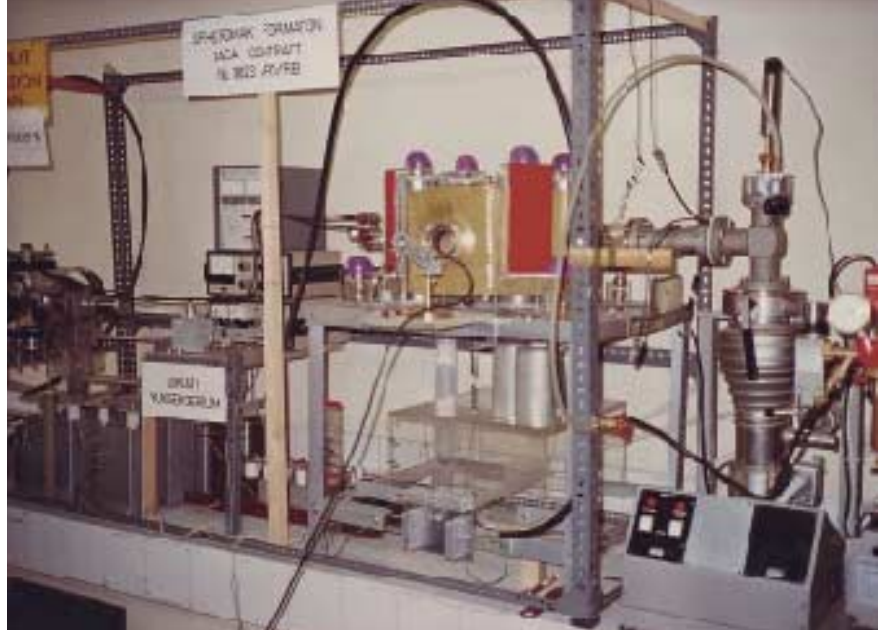


yerine, evrende en bol bulunan element olan hidrojenin ağır izotopları döteryum ve trityumu birleştirerek, helyuma çeviriyor. Yani fısyonun birtakım zararlı atıkları olmasına karşılık, füzyonun temel ürünü, zararsız (hatta önemli kullanım alanları bulunan) helyum gazı. Döteryum, su içinde 1/6000 oranında bulunan bir madde. Trityum ise, radyoaktif bir madde olan lityumdan elde ediliyor.

Füzyon, sayılan nedenlerden ötürü bilim adamlarının, tasarımcıların, hatta politikacıların düşlerini süslüyor. Ancak bu koşulları yeryüzünde oluşturmak son derece güç. Dahası, son derece pahalı. Nedeni, istendiği gibi enerji elde edilebilmesi için, hidrojen çekirdeklerinin birleşmesi sürecinin devamlı olması gerekiyor. Oysa günümüzde varolan deney reaktörlerinde füzyon, çok kısa süreler için sağlanabiliyor. Enerji üretimi koşullarına yaklaşabilecek çapta büyük reaktörler, gelişmiş ülkelerin bile tek başına ayırayabilecek-



Üstte, İstanbul Üniversitesinde 1960-1965 yılları arasında geliştirilen birinci tokamak makinesi (hızlı dinamik sıkıştırılmalı tokamak). Sağda, 1980'lerde geliştirilen birinci Spheromak.



leri fonların çok ötesinde yatırım gerektiriyor. Hatta, bu alanda iddialı ülkeler bile çok büyük ölçekli füzyon araştırma projelerinin yükünü ortaklaşa paylaşmakta çekingen davranıyorlar. Oysa anlaşılıyor ki, Türkiye de füzyon araştırmaları konusunda zengin sayılabilecek bir deneyime sahip. Anlaşılmasaydı, bu çalışmaların neden 35 yıldır kamuoyunun dikkatinden kaçmış olduğu. Gerçi enerji üretmede, birlikte getirdiği sorunlara karşın atom çekirdeğini parçalama yönteminin (fisyon) sağladığı başarının, füzyon araştırmalarını, yalnızca Türkiye'de değil, tüm dünyada geri plana ittiği bir gerçek. Ancak fisyon enerjisinin yol açtığı sorunlar, sanayileşmiş, yeterli teknoloji birikimine sahip ülkelerde görece temiz füzyon enerjisini yeniden gündeme getirmiş görünüyor. Kuşkusuz, Türkiye'nin parasal ve teknolojik olanakları, bu ülkelerinkine karşılaştırılacak gibi değil. Kullanılan ve sürekli olarak geliştirilen füzyon makineleri de, öyle apartman boyutlarında, görkemli, şatafatlı şeyler değil. Üniversite laboratuvarlarının ve daha sonra da Ankara yakınlarındaki (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) TAEK Nükleer Araştırmalar ve Eğitim Merkezi'nin sınırlı teknik donanım ve parasal kaynaklarıyla gerçekleştirilmiş şeyler. Görünümleri, üzerlerindeki etiketlere pek uymuyor. Delikli profil raflar üzerine dizilmiş, sıradan görünümlü birkaç aygıt. Bir reaktörden çok, iyicesinden bir elektrikçi dükkanının tanı aygıtlarını andırıyor. Reaktörün kendisi,

60 litre hacimli, sekizgen biçimli, pirinçten yapılmış bir kutu. Kenarların birleştiği yerlerde kaynak izleri görünüyor. Gözlerinizin göremediği, ancak varlığını kolayca algıladığınız şeyse on yılların emeği, heyecanı, kuramcısından, teknisyenine değin herkesin alın teri.

Sonuç, bir "küresel tokamak". Ama küçüklüğü, dağınık görünümü aldatıcı. Aslında önemli özellikleri olan bir makine. Öyle ki, uluslararası füzyon enerjisi panellerinde adı geçiyor. Varolan makinelere bir alternatif olarak tanımlanıyor. Hatta tümüyle Türk tasarımcılarının beyin ürünü olan parçalarından biri, İtalyan araştırmacılarca örnek alınmış. Füzyon enerjisi elde etmek için iki genel yaklaşım var. Bunlardan biri, son yıllarda lazer teknolojisinin gelişmesiyle gündeme gelip yandaş toplamaya başlayan ve "eylemsiz" (inertial) füzyon denen teknik. Bilye biçimindeki küçük yakıt toplarının çok güçlü lazer atımlarıyla bombardıman edilerek sıkıştırılması ve böylece atom çekirdeklerinin birleştirilmesi hedefleniyor. Ancak bu, çok güçlü lazerler gerektiren ve ekonomik yararı kuşku götürür pahalı bir yol. Öteki yöntemse, elektronları yörüngelerinden kopacak biçimde enerjik hale gelmiş (iyonize olmuş), dolayısıyla çekirdekteki protonun artı elektrik yükünü taşıyan hidrojen izotoplarını, yani plazmayı sıkıştırarak füzyonu sağlamak. Teknik, çok güçlü elektrik akımlarıyla hızlanıp ısınan ve manyetik alanlarca tepkime odasının duvarlarına

değip soğuması önlenen plazma içindeki döteryum ve trityum izotoplarının birleşerek helyuma dönüşmesi ve bir nötron yayımlaması temeline dayanıyor. En başarılı ve enerji üretimi için en çok gelecek vaat eden manyetik füzyon aracı, tokamak diye adlandırılıyor. Rusça "toroid kamera magnit katushka" sözcüklerinin kısaltılmış biçimi. Anlamı "toroidal (simit biçiminde) oda ve manyetik bobin". Düzeneci geliştiren, L. A. Artsimovich adlı bir füzyon fizikçisi. 1965 Eylülünde İngiltere'de Culham Laboratuvarı'nda yapılan bir uluslararası toplantıda buluşunu açıklamış. Belirleyici özelliği, simit, ya da pasta kalıbı biçiminde bir vakum odası çevresinde yapılmaması. Hedeflenen enerji üretimi, döteryum ve trityum iyonlarının birleşip helyuma dönüşmesi sürecinde ortaya çıkan (ve elektrik yükü taşımadıkları için manyetik alanlarca tutulamayan) nötronların oda duvarına çarpıp ısıtılması yoluyla elde ediliyor. Nötronlar düz bir hat izleyerek halka biçimli reaktör kabının duvarlarından geçip, bu kabı çevreleyen "blanket" (battaniye = ısıtıcı örtü) içindeki lityumu bombardıman ederek trityuma dönüştürüyor. Sıcak trityum, reaktör kabındaki plazmaya karışarak soğumasını önlerken, reaktör çeperlerine ve ısıtıcı örtüye bırakılan enerji, ısı değiştirgeci aracılığıyla alınarak türbinlere veriliyor ve buhar yoluyla elektrik enerjisine dönüştürülüyor. Bu süreçte sorun, nötronların kısa sürede reaktör çeperlerini radyoaktif duruma getirmesi.

Füzyon yoluyla enerji üretilmesinde, halka biçimli tepkime odasında havada asılı durumda bulunan plazmanın sıcaklığını koruması ve böylece füzyonun kesintisiz sürmesi büyük önem taşıyor. Çalışır durumdaki bir füzyon reaktöründe, ortaya çıkan enerjinin bir bölümü, halkaya yeni yakıt (döteryum ve trityum) doldurulurken plazmanın soğumasını önüyor. Ancak reaktör ilk devreye girdiğinde, ya da geçici olarak kapandıktan sonra yeniden çalışmaya girerken, plazmanın 100 milyon °K'nin üstünde bir sıcaklığa kadar ısıtılması gerekiyor. Ancak böylece çekirdekler, içlerindeki artı elektrik yüklü protonlar arasındaki itme gücünü yenecek bir enerjiye kavuşturuluyor. Bu sıcaklık, yıldızların merkezlerinde füzyon tepkimeleri için gerekli sıcaklıktan kat kat yüksek. Örneğin Güneş'in merkezindeki sıcaklık, yaklaşık 15 milyon derece olarak hesaplanıyor. Bu görece düşük sıcaklıkta füzyon gerçekleşmesinin nedeni, atomların, muazzam kütleçekiminin etkisiyle çok yoğun biçimde sıkışmış durumda bulunmaları. Reaktörlerde çok daha



Odaklanmış plazma akım kanalının hacmini büyütmek için tasarlanıp geliştirilen çok kutuplu yoğun plazma odaklama elektrodu.

yüksek sıcaklık gereksinmesinin nedeniyse, enerji kayıpları.

Bugünkü durumlarıyla gerek tokamaklarda, gerekse öteki manyetik füzyon deney düzeneklerinde, plazmanın sıcaklığını korumak için yeterli enerji düzeylerine çıkılamıyor. Dolayısıyla aygıtlar çok kısa süreli atımlar biçiminde çalışıyor ve her atımdan önce plazmayı yeniden ısıtmak gerekiyor. Ancak 100 milyon derece düzeyinde bir

sıcaklığı oluşturmak kolay bir iş değil. Bunun için birkaç yöntemin bir arada kullanılması gerekiyor. Bunlardan biri, birkaç milyon amper gücünde, plazma içinden geçen bir akım. Poloidal alanı yaratan akım, aslında plazmayı da ısıtıyor. Buna ohmik (ya da dirençsel) ısıtma deniyor. Bu tür ısıtma, bir elektrik ampulünün içinde ya da bir elektrikli ısıtıcıda gerçekleşen ısınmayla aynı. Deney reaktöründe bu yolla ortaya çıkan ısı, akımla ve plazmanın direnciyle ilintili. Ancak ısıtılan plazmanın sıcaklığı arttıkça direnç azalır ve bu nedenle ohmik ısıtma etkinliğini yitirmeye başlar. Bir tokamakta ohmik ısıtma yöntemiyle yaratılabilen maksimum sıcaklık 20-30 milyon dereceyi geçmediği için ek yöntemler de kullanılıyor. Bunlardan biri, plazmanın bulunduğu tepkime halkasına nötr parçacık demetleri enjekte etmek. Nötr (iyonize olmamış, dolayısıyla elektrik yükü taşımayan) atomlar, ohmik olarak ısıtılmış ve manyetik alanlarla hapsedilmiş plazmaya püskürtüldüğünde, hemen iyonize olurlar ve bunlarda manyetik alanca hapsedilir. Yüksek

Türkiyede Yapılan Deneysel Nükleer Füzyon Çalışmaları

Dünyadaki kontrollü nükleer füzyon üzerindeki araştırmalar, ilk kez 1958 yılında Cenevre'de düzenlenen, Birleşmiş Milletlerin atom enerjisinin barışçıl amaçlarla kullanılması ikinci konferansında tartışıldı ve zamanın en büyük füzyon makinesi olan, İngiltere'nin Harwell Laboratuvarında geliştirilen ZETA'ya büyük ilgi gösterildi. Konferansta aynı zamanda, nükleer füzyonun ekonomik bir enerji çıkışına ulaşılmasından önce, sıcak ve yoğun plazmaların özelliklerinin daha iyi anlaşılması gerektiği vurgulandı. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansının (IAEA) 1961'de Salzburg'da düzenlediği 1. Uluslararası Konferanstan sonra, İngiltere Atom Enerjisi Kurumu desteğiyle Culham'da 1965 yılında düzenlenen 2. IAEA Konferansında Rus bilim adamı L. A. Artsimovich ve arkadaşları, Rusca kelimelerin baş harflerinden türetilmiş **Tokamak** kavramını ortaya attılar. Daha sonraki yıllarda dünyadaki birçok ulusal füzyon laboratuvarlarında tokamak araştırmalarına başlandı ve aralarında bilgi alışverişi amacıyla işbirliği giderek yoğunlaştı. Bunun bir sonucu olarak, 9 Kasım 1991'de, Avrupa Birliğinin ortak projesi JET (Joint European Tokamak)'de, iki yıl sonra Amerika'nın Princeton laboratuvarındaki TFTR (Thermonuclear Fusion Test Reactor)'de ve 1995 yılında da Japonya'nın JT-60U'de olmak üzere üç ayrı tokamak makinesinde, füzyon gücü reaktörüne ilk adım olarak, sistemdeki giriş ve kayıp enerjilerinden daha büyük bir enerjinin üretildiği anlamına gelen, Q=1 düzlüğe çıkış (breakeven) noktasına ulaşılarak, yeryüzünde kontrollü bir yapay güneş oluşturulması yolunda, insanlığın temiz ve

tükenmez bir nükleer enerjiye kavuşabileceğini gösteren, büyük bir mesafe katedilmiş oldu.

Türkiye'de, nükleer füzyon araştırmalarına, dünyadakine paralel olarak 1960 yılında, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Atom ve Çekirdek Fiziği Kürsüsünde, şu anda kendisini saygı ve rahmetle andığımız, değerli ve onurlu hocamız, merhum Prof. Dr. Fahri Yenicey önderliğinde başlandı. O tarihte henüz tokamak kavramı tanımlanmamış olmakla beraber, hâlâ şu anda güncelliğini koruyan, önce; eksenel toroidal manyetik alan uygulanmadan, Toroidal Dinamik Pinç (TDP) makinesi [1] ve daha sonra; programlanabilir manyetik alanlı Yüksek Beta Tokamak (YBT) makinesi [2] çalışmalarına başlandı. Bu arada, eğitim faaliyetleri kapsamında, üç M.Sc. ve bir Ph.D. çalışması da sonuçlandırıldı. Ülkemizde ilk kez bu konuda çalışma başlatıldığı için, bilgi alışverişi amacıyla, Max Planck Enstitüsü-Almanya, Cambridge Üniversitesi, Culham Laboratuvarı-İngiltere ve Nükleer Araştırma Merkezi-Polonya gibi zamanın önde gelen laboratuvarları ile yoğun bilgi alışverişi faaliyetlerine girişildi. Unutmamak gerekir ki, o dönemde; Amerika, Avrupa, Japonya ve Rusya'daki tokamaklar ile TDP ve YTP makinelerinin standart deneysel verileri açısından pek büyük fark yoktu.

Türkiye'de ilk ve Dünya'da yedinci sırayı alan TDP makinesinin; toroidal pyrex vakum odası, 35 cm büyük ve 5 cm küçük yarıçaplarında idi. Döteryum gazı kullanarak, TDP'de elde edilen tipik deneysel referans verileri: primer akımı 25-50 kA, plazma akımı 10-16 kA, elektron yoğunluğu 10^{14} -

10^{15} cm⁻³, elektron sıcaklığı 40-70 eV, poloidal alan 2-3.5 kG, plazma korunma zamanı 45 µs, toplam giriş enerjisi 2.7 kJ (60 MW darbe kipi), beta (plazma kinetik basıncı/manyetik baskı) %40-50, verim %18-30, füzyon enerjisi 490-810 J (10.9-17.8 MW darbe kipi), nötron yoğunluğu $\approx 10^4$ cm⁻³ (45 µs)⁻¹, nötron enerjisi 2.48 MeV, plazma akım kanalının biçimi helisel ve kararsızlık m=1 kipi şeklinde idi.

Yapımı 1966 yılında tamamlanan YBT makinesinin toroidal kuartz vakum odası ise, 50 cm büyük ve 6 cm küçük yarıçaplı idi. Elde edilen tipik deneysel referans verileri: kullanılan gaz döteryum, primer akımı 25-50 kA, plazma akımı 35 kA, elektron yoğunluğu 10^{14} cm⁻³, elektron sıcaklığı 60-90 eV, toroidal manyetik alan 3.5 kG (tersine dönmüş, hilal ve eğri alan şekillenmeleri), poloidal manyetik alan 2.5 kG, plazma korunma zamanı 150 µs, toplam giriş enerjisi 2.7 kJ (18 MW darbe kipi), beta %20-30, verim %22-30, füzyon enerjisi 494-943 J (3.96-6.3 MW darbe kipi), nötron yoğunluğu $\approx 6 \times 10^4$ cm⁻³ (150 µs)⁻¹, nötron enerjisi 2.52 MeV ve kararsızlık m=0 kipi idi. Karşılaştırma sonucunda, hilal biçiminde programlı manyetik alanlar kullanılması halinde, geleneksel alanların kullanıldığı duruma göre, çok daha uzun kararlılık zamanlarına ulaşılabilceği deneysel olarak kanıtlandı.

1970 yılında deneysel füzyon çalışmalarına Ankarada, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) Nükleer Füzyon Laboratuvarı'nda Ortadoğu Teknik Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümüyle işbirliği çerçevesinde; 775 sayı-

enerjili iyonlar, çok sayıda çarpışma sonucu enerjilerinin bir bölümünü plazma parçacıklarına naklederek plazma sıcaklığının yükselmesini sağlarlar.

Sıcaklık, manyetik sıkıştırma yoluyla da yükseltilir. Çünkü ani bir sıkışma gazı ısıtır. Aynı biçimde plazma sıcaklığı, kendisini hapseden manyetik alanın artırılması yoluyla da yükseltilebilir. Bir tokamak sisteminde bunun en kolay yolu, plazmayı, manyetik alanın daha güçlü olduğu bir yere, yani halkanın ortasına çekmektir. Plazmanın sıkıştırılması, iyonları da birbirine yaklaştıracığından, bir füzyon reaktörü için gerekli yoğunluğun sağlanmasını da kolaylaştırır.

Nihayet plazmanın sıcaklığını yükseltmek için radyo frekansı yönteminde de yararlanılıyor. Torus (plazmanın içinde bulunduğu halka) dışına yerleştirilen osilatörler, yüksek frekanslı radyo dalgaları üretiyor. Dalgalar uygun frekanstaysa enerjileri, plazma içindeki elektrik yüklü parçacıklara naklediliyor. Enerjisi artan bu parçacıklar, başka parçacıklara çarparak

plazma sıcaklığının yükselmesini sağlıyor.

Tüm bu yöntemlere karşın füzyon reaktör tasarımcıları, plazmanın sıcaklığını korumakta zorlanıyorlar. Nedeni, manyetik alan çizgilerinin tümüyle aynı olmaması. Reaktör kabı içindeki plazma, Lorentz kuvveti ile hapsediliyor. Bunun anlamı, elektrik yüklü parçacıkların, manyetik alan çizgilerini izleyerek hareket etmeleri.

Ama bir tokamak içindeki alanda kıvrılan manyetik alan içinde, alanın genel doğrultusunu izleyen "iyi" çizgilerin yanı sıra, bu doğrultudan sapan ve plazma içindeki parçacıklarda kaçığa neden olan "kötü" çizgiler de var.

TAEK, Nükleer Araştırma Laboratuvarı'ndaki küresel tokamak makinesinin son biçimi.



için bir kondansatör bataryası, yağ tanklı Tesla tipinde bir transformatör, bir darbe biçimlendirme iletim hattı, kontrollü iki kıvılcım aralığı ve bir Alan Emisyonu Diyod'u (AED) ibarettir.

Yükleme gerilimi 150 kV, elektron demet akımı 3.5 kA, elektron demet süresi 20 ns olan Mini-RED-1 makinesinden elde edilen RED'in, atmosferdeki yayılma karakteristiğinin saptanması amacıyla, termoluminesans dozimetreler kullanılarak, yatay ve düşey bileşenleri ölçüldü ve radyasyon histerizisleri incelendi. Böylece, atmosfer basıncında, enine oluşturulan elektrik alanlar yardımıyla, denetimli ve yüksek akımlı boşalmalar gerçekleştirilerek, TEA laserlerinin yapılması için ilk adım atılmış oldu. Bu kapsamda, darbe rejiminde çalışan bir argon-iyon lazeri de gerçekleştirildi [5].

Özel tasarımı, yapraklı (foil) ve yapraksız (foilless) AED ile; reflex triyod, polietilen vakum odası ve farklı diyod polarizasyonları gibi yapılarla, iyon hızlandırması mekanizması deneysel olarak incelendi. Yüksek empedanslı ve yapraklı AED için; elektrik alan ile akım limitlemesi arasındaki

Füzyon fizikçileri, bu kaçığı en aza indirmek için yeni tasarımlar geliştiriyorlar. Bunlar arasında giderek popüler duruma gelen birisi, halka biçimli reaktör kabının çevrelediği merkezdeki bobini küçültmek; yani bir anlamda, simitin ortasındaki deliği daraltmak. Bunlara küresel tokamaklar deniyor. Bu tasarımda "iyi" manyetik alan çizgileri arttığından, pahalı bobinlerle üretilen akıma olan bağımlılık belli ölçüde azalıyor. Bu da daha küçük ölçeklerde deney reaktörleri yapılmasına olanak sağlıyor. Hatta merkezdeki bobinin tümüyle ortadan kaldırıldığı "spheromak" (küremak) diye adlandırılan makineler de yapılmaya başlandı.

Türkiye'nin kurama katkısı burada devreye giriyor. Otuz beş yıl süren çalışmaların ürünü, küçük, ama belki de sürekli ve kontrollü füzyon hedefinin daha kısa sürede ve daha ucuza gerçekleştirilmesine katkıda bulunacak bir makine. Ana ünitesi, başta da belirtildiği gibi 60 litre hacminde bir pirinç odacık, ya da teknik adıyla bir akı koruyucu. Oluşturabildiği plazma sıcaklığı da boyutlarıyla orantılı. Yalnızca 70

korelasyon saptandıktan sonra, yüklü iletim hattı, işaret ve dalga şekillenmeleri ile AED'nin fizikini tanımlayan, sistemin bir nümerik modeli yapıldı. Daha sonra, Mini-RED-I makinesinin gücünün yükseltilmesi amacıyla Mini-RED-II makinesinin kurulması için, yapraklı ve yapraksız AED, geçitli (gated) kipi özel yüksek gerilim yağ tankı, Tesla transformatörü, gliserin yalıtımlı darbe biçimlendirme iletim hattı ve dereceli halkalı (graded discs) vakumla yalıtılmış AED'un ayrı ayrı yapıları tamamlanarak, yükleme gerilimi 350 kV, elektron demet akımı 3.5 kA ve süresi 20 ns olan Mini-RED-II makinesi kuruldu ve çalıştırıldı. Mini-RED-II makinesi, yersizlikle sökülerek, bu durumda bekletildi ve şu sırada OD-TÜ Fizik Bölümünde yeniden kurulması için hazırlıklar devam etmektedir.

1980-1985 yılları arasında, DPT desteğiyle, kullanılan gazın türüne bağlı olarak bazı nükleer taneciklerin (proton, döteron, alfa, nötron) hızlandırılması amacıyla "Çok Yönlü bir Nükleer Tanecik Üreteci" başlığı altında bir Yoğun Plazma Odağı (Dense Plasma Focus) (YPO) projesi üzerinde çalışıldı [6]. Füzyon düzenekleri arasında YPO sistemleri, geleneksel hızlandırıcılara nazaran çok daha basit şekilde nükleer tanecik hızlandırma olanağına sahip olduklarından ve hatta çok yüksek güçlü YPO sistemleri ile güçlü laserlerin sürülmesi ve fisyon yakıt transmutasyonu uygulamalarında kullanıldığından büyük önem taşır. Oldukça basit bir yapıya sahip olan YPO sistemi, bir kondansatör bataryasında toplanmış olan enerjinin özel yapı, eşeksenli bir elektrod sisteminde denetimli şekilde boşaltılması esasına dayanır.

→

lı AEK projesi olan "Magnetron Enjeksiyonlu bir Demet-Plazma Sistemi" geliştirilerek, enerjik elektron demeti yardımı ile plazmanın oluşturulması ve ısıtılması mekanizmaları incelendi [3]. Yerli yapım, eş eksenli elektrostatik mercekle ve bölgesel manyetik alanlı elektron demet sisteminde; sürekli şekilde oluşturulan enerjik elektron demetinin boyuna enerjisi en çok 1.5 keV olup demet hidrojen gazı içinden geçirildiğinde elde edilen plazmanın yoğunluğu ise 10^7 cm^{-3} ile 10^{10} cm^{-3} arasında değişti. Demet yoğunluğu, deneysel koşula bağlı olarak, $5 \times 10^8 \text{ cm}^{-3}$ e kadar yükseldi. Deneyler sırasında, plazma frekansı, elektron siklotron frekansı ve iyon siklotron frekansı ile armoniklerine yakın, sırasıyla karakteristik ω_e , ω_i ve ω_{pi} frekansları, daha sonra bu frekansların sönümü saptanarak, plazma dalgası ile manyetik alan etkisiyle oluşan iyon siklotron dalgalarından, plazmaya enerji aktarımı yolu ile, plazmanın elektron ve iyon sıcaklıkları olarak 100 eV ve 2 eV'a yakın değerler bulundu.

1974-1975 dönemi, IAEA'nın araştırma burusu ile Hollanda'nın Amsterdam FOM Enstitüsündeki, Rölativistik Elektron Demeti (RED) ile plazmanın ısıtılması deneylerine katıldıktan sonra yurda dönüşte, kolektif iyon hızlandırması, kısa süreli ve güçlü X ışını üretimi, enine uyarılmış atmosferik (TEA) ile serbest (free) elektron laserlerinin tetiklenmesi ve güçlü mikro-dalga üretimi gibi çok geniş bir uygulama alanı bulunan RED teknolojisinin yerli olanaklarla yurdumuza kazandırılması amacıyla incelemeler yapıldı. Bu konuda eğitim ile birlikte RED uygulamaları amacıyla bir RED Tesla Hızlandırıcı (RTH) sistem olan Mini-RED-I projesine başlandı [4]. RTH; enerji birikimi



Küresel tokamağın deney verilerini kullanarak çizdirilmiş enine akım halkaları.

eV; ya da 810 000 °K dolaylarında. Bu durumıyla, bırakın kontrollü füzyonu, bir nötron kaynağı olması ve üniversite öğrencilerine plazma deneyleri konusunda olanak sağlamasının ötesinde, pratik bir kullanımı yok. Ancak bu halile bile kendisine uluslararası füzyon topluluğu içinde bir isim yapma yolunda. Marifeti, ohmik ısıtma ve bunun için gerekli dev transformatörler ve bobinler gerekmeden de bir küresel tokamak oluşturması. Yapılan, 1 milyon amper gibi yüksek akımlı bir merkezi iletken çubuk yerine, Türk tasarımı, hilal biçimli plazma topları kullanılarak yüksek akımlı merkezi plazma kuşak-

ları oluşturulması. Buluşun patenti, füzyon çalışmalarına on yıllarını vermiş olan Profesör Dr. Sadrettin Sinman ve eşi Doç. Dr. Ayten Sinman'a ait.

Bu makinenin öncülü olan Alternatif Küresel Tokamak (AST) bile uluslararası füzyon toplantılarında tartışıldı ve büyük teknik ve mali olanaklara sahip sanayileşmiş ülkelerin geliştirdiği örneklerin yanı sıra alternatif bir model olarak kabul gördü. Yeni tasarımı, özellikle hilal biçimleri nedeniyle "C-topları" diye adlandırılan plazma enjektörleriyle ve ohmik ısıtma olmaksızın toroidal akım oluşturulması yöntemiyle gene uluslararası ilgiye odak oldu. Yeni İtalyan küresel tokamak tasarımlarında da, merkezi çubuk yerine plazma toplarının yer aldığı belirtiliyor. Gene "çok kutuplu yoğun plazma odaklama sistemi" (multipole dense plasma focusing system) adıyla geliştirilen ve odaklanmış plazma akım kanalının hacmini büyütmede kullanılan bir elektrod sistemi de orijinal bir katkı.

Küresel tokamaklar için ortaya çıkarılan Türk seçeneği, daha önce de

değindiği gibi yalnızca bir modelleme. Füzyon modellemeleri üzerinde çalışan başka ülkeler de var. Brezilya, Çek Cumhuriyeti, İran, İspanya, ve Portekiz bunlar arasında. Ancak bu ülkelerden şimdiye değin seçenek oluşturabilecek bir model çıkmamış. Ancak bu, Avrupa Birliği üyeliğine hazırlanan Türkiye'yi geride bırakmayacakları anlamına gelmiyor. Çünkü olması gerektiği gibi füzyon araştırmaları için bir program belirlemişler ve bunun hayata geçirilmesi için gerekli kurumsal, akademik ve teknik altyapıyı hızla oluşturmaya başlamışlar. Türkiye ise, şimdilik böyle kısa, orta ve uzun dönemli dilimlere bölünmüş, kapsamı, odağı, hedefi belli bir füzyon araştırmaları programını oluşturamamış görünüyor. Profesör Sadrettin Sinman, bu alanda bir hamlenin "olmazsa olmaz" koşulları arasında, böyle bir programın ötesinde, disiplinlerarası bir işbirliğini ve değişik bilim dallarından uzmanları bünyesinde toplayacak bir araştırma yapısı ve laboratuvarları sayıyor. Gene Sinman'lara göre, daha serbest bir üniversite ortamı ve deney

Proje kapsamında, tamamen yerli olanaklarla Mather tipinde geliştirilen YPO-I sistemi, 1.0 kJ'lük kondansatör bataryası, denetimli kıvılcım aralığı, iç ve dış elektrod yarıçaplarıyla uzunluğu değiştirilebilen eş eksenli hızlandırıcı tüneli ile gerekli elektronik denetim ve ölçümler için; hızlı manyetik sonda, Rogowsky bobinleri, Faraday kabı, ısıldama sayacı, polaroid kamera, osiloskop gibi alt tanı sistemlerinden ibarettir. Yoğun plazma odağı boşalması fazında; farklı plazma tabakalarını şekillendirmek için, değişik anod ve katod elektrod geometrileri kullanıldı, batarya gerilimi ve gaz basıncı arasındaki ilişki sistematik deneyler sonucunda saptanarak, anod üzerindeki hasar desenlerinden, plazma odağındaki iyonlara göre ters yönde hızlanan elektronlarda rölativistik özellikler görüldü. Sistemden RED'in muhtemel çıkış bölgeleri saptanarak, YPO sistemlerinin aynı zamanda 2-3 MeV enerjili, darbe tipi RED üretici olarak da kullanılabilceği anlaşıldı.

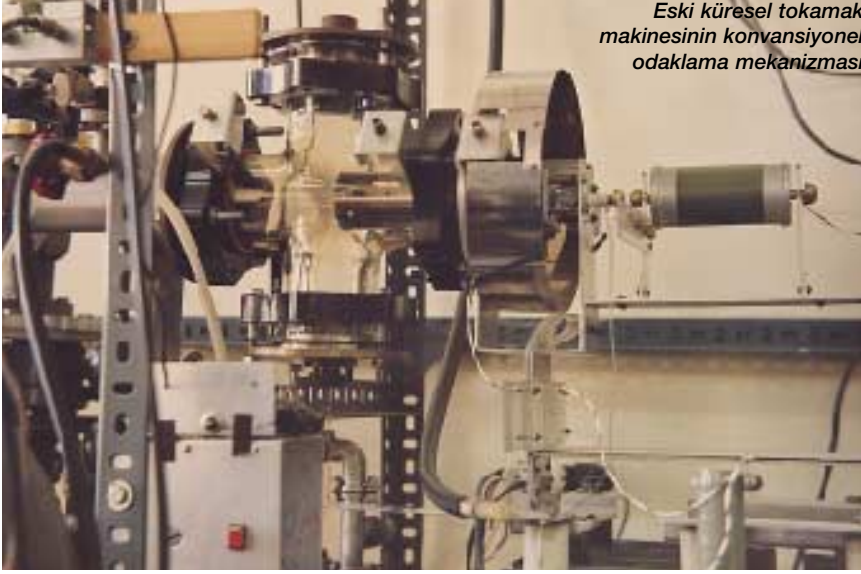
YPO'da döteryum gazı kullanılması halinde, D-D reaksiyonu sonucunda meydana gelen nötronları aktivasyon analizi yöntemi ile ölçmek amacıyla özel bir orantılı sayıcı sistemi geliştirildi. Boşalmanın sıkışma fazında, anod bölgesindeki plazmanın odaklanması sırasında, yoğunluğun katların yoğunluğuna kadar yükseldiği düşünülerek, bu yoğun plazmanın bir tablet olarak değerlendirilmesi araştırıldı. Bu kapsamda, tablet bölgesi uzatılarak örneğin bir laser-tablet füzyon reaktörü için çok kutuplu bir YPO elektrod sistemi kuruldu. Ayrıca YPO-I makinesinin gücünün yükseltilmesi için YPO-II makinesinin bileşenleri tamamlandı fakat yine yer sorunu ne-

deniyle sökülmiş durumda bekletildi. Şu anda ODTÜ Fizik bölümünde sistemin kurulması için hazırlıklar devam etmektedir.

Tokamak sistemlerinin yanısıra, yeni alternatif bir manyetik korunma sistemi olarak Spheromak kavramı, daha basit yoldan füzyon reaktörüne varma açısından önem taşıyor. Spheromak; bir plazma hacmindeki manyetik akı yoğunluğu ile aynı hacim içindeki vektör potansiyeli çarpımının entegrali anlamına gelen manyetik helisite prensibinin, topolojik yorumu ile elde edilen bir biçimdir. Manyetik helisite ideal şekilde bir magnetohidrodinamik (MHD) invaryantıdır. J.B.Taylor, MHD teorisine, kuvvetten bağımsız (force free) denge yahut minimum enerji hali ilkesi ışığında, yeni bir görüş getirmiştir. Pratikte, eş eksenli bir plazma topuyla daha önce biçimlendirilmiş bir spheromak, akı koruyucusuna itildikten sonra korunmaktadır. Oysa, IAEA'nın bir araştırma kontratı desteğiyle geliştirilen sistemde, C-topu olarak isimlendirilen manyetik sürmeli plazma topu, akı koruyucusunun içine yerleştirildiği için, spheromak akı koruyucusu içinde biçimlenir ve C-toplarının sayısı arttıkça buna bağlı olarak spheromakın gücü de yükselir. Üstelik, C-topunun plazma kuşağındaki şok dalgasıyla ısıtılmış sıcak (70-100 eV) elektronları, plazma kuşağı halkasının oluşturduğu manyetik alanla etkileşerek, helisel bir plazma akımı meydana getirir. Sonuç olarak, spheromak biçimlenirken toroidal ve poloidal manyetik alanlar da dışardan uygulanmaksızın akı koruyucusu içinde kendi kendilerine bağlanır. Bu mekanizma, Taylor ilkesine iyi uyum sağlar. 1986 yılında IAEA'nın Kyoto'da düzenlediği uluslararası konfe-

ransda, Ankara spheromak'ı olarak literatüre geçen SK/CG-1 makinesinin [7] üstün yanları arasında; a) Deneyisel koşullar değiştirilerek, spheromak, küresel pinç ve küresel tokamak türünde değişik kompakt torları oluşturulması mümkündür. b) C-topu yardımıyla, akı koruyucusunda demet plazma etkileşimleri ve bu kapsamda plazmanın ısınması yönünden önemli olan, karakteristik frekanslarda dalgalar oluşarak, dalgalardan plazmaya enerji aktarılabilir. c) spheromak akı koruyucusu içinde oluşturulduğundan, kondansatör bataryasından daha yüksek verimle enerji dönüşümü olur. d) Spheromak plazması başlangıçta şok ısıtmasıyla termalize olur. e) biçimlenme ve bağlanma fazında, diğer eş-eksenli plazma toplu sistemlerde görülen geometrik deformasyon, C-toplu sistemde minimum düzeydedir. f) C-toplarının sayısı akı koruyucusu çevresinde artırılabilir. Eş eksenli plazma enjektörü ile biçimlendirilen spheromak sistemlerde ise, top sayısı ikiden fazla arttırılmaz. g) Sürekli kararlı ve yarı kararlı çalışma moduna geçilerek reaktör ölçeğine ulaşılabilir.

Spheromak projesini geliştirmek amacıyla çalışmalar; küresel tokamağa doğru yönlendirildi. Küresel tokamağın, spheromak ve tokamak'dan en önemli farkı; büyük yarıçap R'in plazma yarıçapı a_0 ye oranı ile tanımlanan görünüm oranı (aspect ratio) $A=R/a_0 < 2.5$ ve plazma çevresindeki güvenlik faktörü (safety factor) $q(a)=a_0 B_z / R B_\theta > 1$ ile karakterize edilir. Burada, B_z ve B_θ sırasıyla toroidal ve poloidal manyetik alan şiddetlerini gösterir. Bu bir anlamda, Z düşey ve



Eski küresel tokamak makinesinin konvansiyonel odaklama mekanizması

araçlarının tasarım ve geliştirilmesinde kamu-özel sektör işbirliğinin önemini vurguluyor.

Bugünkü koşullarda füzyon enerjisi için Türk modelinin belirgin bir hedefi, hatta geleceği görünmüyor. Oysa uzun bir deney birikimi ve kuramsal alt yapı hazır bekliyor. İş, geliştirilen küresel tokamak modelinin, bire üç oranında büyütülerek, 3 keV gücünde

bir reaktör tasarımına dönüştürülmesi. Bunun için tepkime odasının (bizimkinde akı koruyucu) yarıçapının 40 cm'den, 1m'ye çıkartılması gerekiyor. Böyle bir makinede oluşturulacak plazma sıcaklığıysa yaklaşık 35 milyon derece. Profesör Sinman, hibrid (karma) tasarımı böyle bir makinede yanma süresinin 10 milisaniye düzeyinden, saniyenin çok daha daha büyük

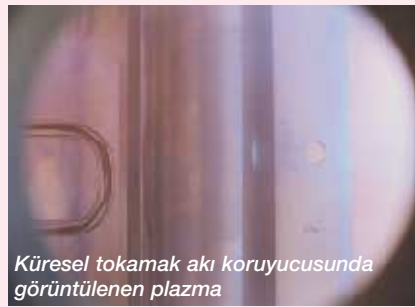
kesirlerine yükseleceğini ve deney koşullarında enerji bile üretebileceğini vurguluyor. Gereken boyut büyütmenin gerçekleşmesi halinde Türkiye'nin füzyon makinesi, bugün dünyanın en büyük füzyon makinesi sayılan, Culham'daki Joint European Torus (JET) reaktörünün 4 yıl önceki durumuna gelecek. Profesör, böyle bir ölçek büyütmenin salt teknik maliyetinin (personel giderleri hariç), 150 000 doları geçmeyeceğini hesaplıyor. Ama şunu da vurguluyor ki, iş yalnızca eldeki makinenin boyutlarını üçle çarpmakla bitmiyor. Merkezi bir program çevresinde sayılan öteki koşulların da yerine getirilmesi gerekiyor. Ama anlaşılıyor ki, iş paraya dayanınca, Türkiye'nin füzyon araştırmaları alanında daha güvver bir sese kavuşmasının parasal faturası, orta halli bir futbol kulübünün, ya da bazı kamu kuruluşlarının makam otomobili parkının boyutları dışında değil...

Raşit Gürdilek

Kaynaklar:
Spherical Torus MAY Improve Tokamak Cost and Performance,
Physics Today, Mayıs 1999
http://ippex.ppl.gov/ippex/About_fusion
<http://www.userscomcity.de/~henIning/fusion.htm>

R yatay eksenlerle tanımlanan düzlemde oluşan sıcak plazma çekirdeğinin kutup noktalarından çekilerek uzatılmış biçimindedir. Böylece, yeni eşgüdümlü bir IAEA araştırma kontratı ile, AST (Alternative Spherical Tokamak) makinesi tasarlandı, kuruldu ve çalıştırıldı. Elde edilen sonuçlar, periyodik olarak düzenlenen Uluslararası ve Avrupa füzyon enerjisi toplantılarında sunuldu [8,9]. Tokyo üniversitesi ile IAEA birlikte organize ettiği ve 26-28 Ekim 1998 tarihinde yapılan küresel tokamak teknik komite toplantısının değerlendirme makalesinde [Nuclear Fusion, [Vol.39 (1999) 1057]; AST makinesi dünyadaki diğer küresel tokamaklar arasında yer aldı. Geçtiğimiz yılda, AST makinesinin yeni versiyonu tamamlanarak, STPC (Spherical Tokamak with Plasma Centerpost) makinesi [10] dünyadaki diğer CDX-U, HIT, NSTX (USA), START MAST (UK) ve TS-3,4 (Japonya) gibi küresel tokamak makinelerinden farklı olarak, toroidal akım oluşturmak için, 10^6 Amper düzeyinde yüksek akımlı merkezi iletken çubuk yerine, çok katlı plazma toplanlarıyla oluşturulan yüksek akımlı (10^4 - 10^5 Amper) merkezi plazma kuşakları kullanıldı. Şekil de STPC makinesinin genel bir görünümünü verilmekte. Modüler tasarımı STPC'de; sekizgen prizma biçimindeki ve 60 litre hacmindeki bir akı koruyucusu içinde; 90 derece açılı aralıklarla yerleştirilen, dört çift elektrod sistemiyle çalışan plazma toplanlarından önce; kompakt toroid plazma enjektörü ve daha sonra da hep birlikte diğer plazma toplan ateşlenerek oluşan küresel tokamak, kendi oluşturduğu manyetik alan yardımıyla merkezde korunur ve kutup noktalarından çekilerek uzatılmış bir küresel

tokamak oluşur. Şekilde, STPC makinesinde yapılan deneyler sırasında, akı koruyucusu üzerindeki dairesel tanı penceresinden, "open-shutter post fogging" yöntemi ile ve özel optik filtreler kullanarak alınan fotoğrafta merkezi çubuk etrafında toplanmış ve kutuplardan uzatılmış küresel tokamak plazmasının sol yansı görülmekte. Resimde, ilk önce sağ taraftaki enjektör topu ateşlenip önden filmin sağ tarafını etkilediğinden, daha sonra diğer toplanların ateşlen-



Küresel tokamak akı koruyucusunda görüntülenen plazma

mesi ile esas küresel tokamak plazmasının sağ taraftaki simetrik bölümü resimde doğal olarak fark edilmez. Ancak, tüm çalışma evresindeki görüntülerin toplamı durumundaki fotoğraf dikkatle incelendiğinde, MHD kararlılığın tüm çalışma süresince korunduğu gözlenmektedir. Aynı zamanda küresel tokamakların karakteristik şekli olan uzama da oluşarak, dünyadaki diğer küresel tokamak makinelerinden alınan fotoğraflarla uyum içinde olduğu gözlemlendi. STPC makinesinin deneysel referans verileri: boşalmanın oluşum sürekliliği yaklaşık 10 ms, maksimum

toroidal alan yoğunluğu 1.3 kG, plazma yoğunluğu $n_e=10^{14}$ - 10^{16} cm⁻³, korunma zamanı 45-60 ms, elektron sıcaklığı $T_e=30$ -45 eV, ortalama helis biçimindeki plazma akımı $\langle I_p \rangle=1.5$ -1.8 kA, maksimum poloidal alan $B_p^{max}=0.8$ kG olarak saptandı. Bir modülle alınan bu değerler, modül sayısı artırılarak, oluşum sürekliliğinin 100 ms'ye a kadar yükselmesi mümkündür.

Ayten Sinman¹, Sadrettin Sinman²

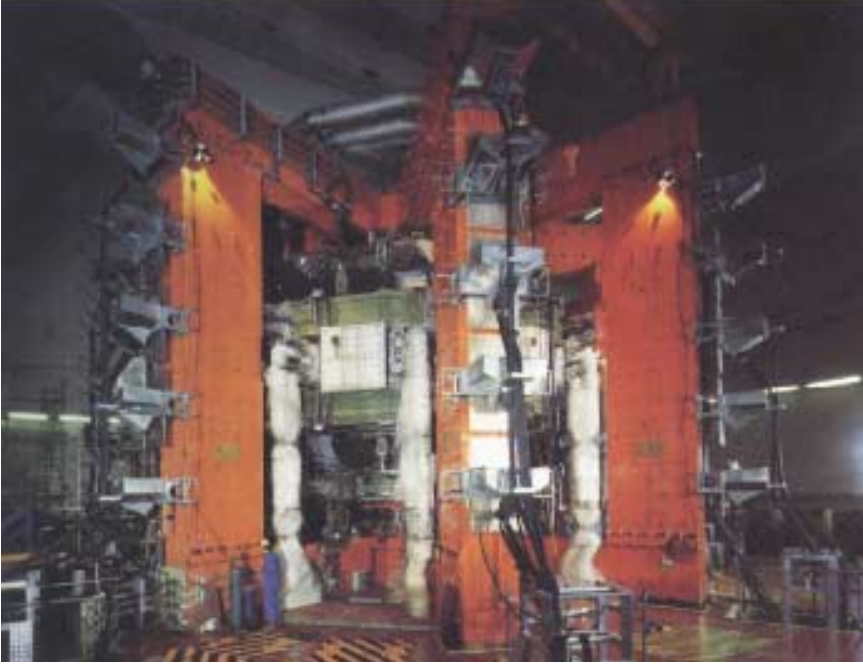
¹TAEK Nükleer Füzyon Laboratuvarı,

²ODTÜ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

Kaynaklar

- [1] Sinman S., A Study on the Operational Characteristic and Reproducibility Conditions of Toroidal Discharge without Axial Magnetic Field, Rev. Fac. Sci. Univ. Istanbul C. Tome xxx, Fasc. 3-4 (1965) 177-252, Nuclear Science Abstracts, Vol. 21, No 16, August 31, 1967, Abst. No. 29246, U.S. Atomic Energy Commission.
- [2] Sinman A., Sinman S., An Experimental Study on Programming Modes in high-Beta Small Tokamak, Fusion Energy, 1981, Selected Lecture Presented at a Spring College on Fusion Energy, Trieste 26 May-19 June 1981, IAEA-SMR-82 (1982) 73, Plasma Physics Index Vol. 17, No. 10, 1982 Abst. No. 4369, Max-Planck-Institut für Plasma physik, Garching bei München.
- [3] Sinman S., Sinman A., On the Instabilities in a Beam-Plasma System of Zonal Magnetic Field, Technical Journal, Vol. 1, No. 2, (1974) 57, INIS, A14-Plasma Physics and Thermonuclear Reactions, Vol. 5, No. 22, IAEA Vienna (1974).
- [4] Sinman S., Sinman A., Design and Realization of a mini-REB Machine (RETA) and Preliminary Results, in Radiation in Plasmas, Proc. Of the Topical Conf. on Rad. in Plasmas Trieste Italy 1983, Vol. 2 Edited by B. McNamara (Livermore), World Scientific Publishing Co. Pre. Ltd., New York-Singapore (1984) 1045.
- [5] Sinman S., Sinman A., Some Operational Characteristics of a Pulsed Ar+3 Laser, XVI. Int. Conf. on Phen. In Ionized Gases, Düsseldorf 29 August-2 September 1983, Contributed Papers, Vol. 2 (1983) 208.
- [6] Sinman S., Sinman A., A Study of REB Observed From a DPF System for Different Focus Plasma, ibid [4], 1055.
- [7] Sinman S., Sinman A., Preliminary Experiments in a Compact Toroid Formed by Four C-Guns in Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research 1986 (Proc. 11th Int. Conf. Kyoto, 1986) Vol. 2, IAEA, Vienna (1987) 731.
- [8] Sinman S., Sinman A., A Spherical Tokamak Employing Magnetically Driven Plasma Guns, in Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research 1994 (Proc. 15th Int. Conf. Seville, 1994) Vol. 2, IAEA, Vienna (1995) 303.
- [9] Sinman S., Sinman A., Profile Control for an Alternative Spherical Tokamak, in Fusion Energy 1996 (Proc. 16th Int. Conf. Montreal 1996) Vol. 2, IAEA, Vienna (1997) 297.
- [10] Sinman S., Sinman A., A Paramagnetic Spherical Tokamak with Plasma Centerpost, in 26th European Physical Society Conf. on Controlled Fusion and Plasma Physics, Contributed Papers, Vol.23, Conference CD (1999) P1.111.

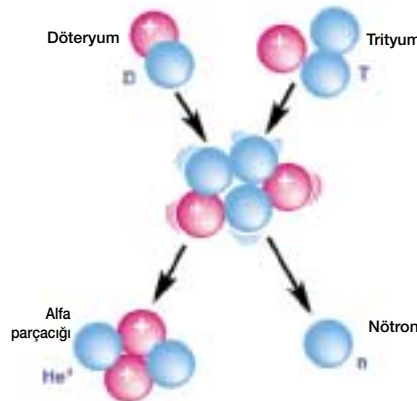
Nükleer Füzyon Reaktörü ve Bazı Yaklaşımlar Füzyon Enerjisi Çok Uzakta mı?



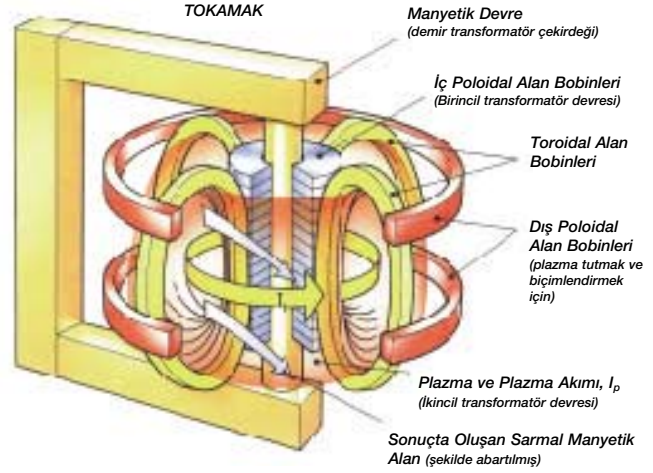
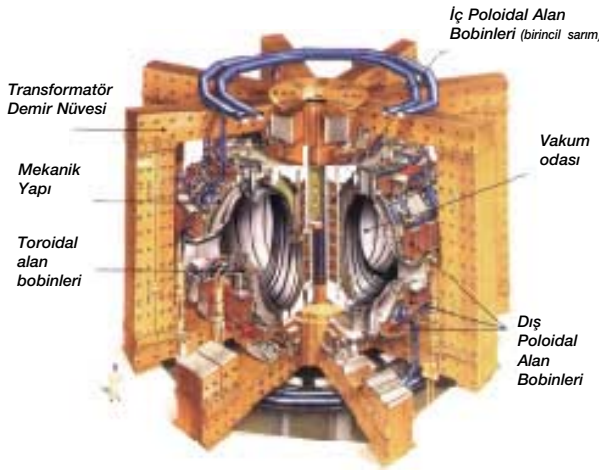
Atom çekirdeklerini yıldızların merkezinde olduğu gibi yoğun sıcaklıkta birleştirerek bol, temiz ve ucuz bir enerji kaynağına kavuşmak, insanlığın düşü. Ancak bunun için, aşılması gereken darboğaz, çekirdek tepkimelerinin düzenli olarak gerçekleşecek biçimde denetim altına alınması. Kamuoyunda yaygın olduğu gözlenen kötümserliğe karşın, tokamak makinelerindeki gelişme, bu düşün sanılandan çok daha erken gerçekleşeceği konusunda araştırmacıları umutlandırıyor.

NÜKLEER enerjinin bir seçeneği olan füzyon; çevreyi kirletmeyen, temiz, yakıtı hidrojenin izotopları döteryum ve trityum gibi hafif elementler olan bir enerji sistemi. Döteryum deniz suyundan, trityum ise, ${}^6\text{Li}(n,\alpha)\text{T}$ termonükleer tepkimesiyle, füzyon reaktörünün yakıt çevriminden elde ediliyor. Bu nedenle, doğada varolan ulusal enerji üretim yakıtlarından bağımsız, tükenmez (yaklaşık 3000 yıl) bir enerji potansiyeline sahip. Örneğin; yaklaşık 4 litre deniz suyundaki döteryumun, D-T füzyon tepkimesinde kullanılması halinde, elde edilen füzyon enerjisinin eşdeğeri, yaklaşık 104 kWh olarak verilebilir. Füzyon, yakın gelecekte enerji pazarlamasında yeni ve ileri teknolojileri kullanarak, gündemdeki başka teknolojilerin üzerinde tartışılmaz bir üstünlüğe sahip olacak.

Günümüzde, nükleer füzyon reaktör hedefine en yakın reaktör adayı tokamak makineleri görünüyor. Avrupa Birliği ülkelerinin işbirliği ile tasarlanıp İngiltere’de kurulmuş olan ve 1995 yılında bir deneme fazında 9.5 MWs’lik füzyon enerjisi üretebilen; Culham Laboratuvarındaki JET (Joint European Torus) Şekil 1’de görülüyor. Son yıllarda, Amerika’nın ünlü üniversiteleri (California, Princeton ve Wisconsin),



ulusal araştırma merkezleri (Argonne National Lab., General Atomics, Idaho National Engineering Lab., Los Alamos National Lab. ve MIT) ile diğer kamu ve özel kuruluşlarından (Mc Donnell-Douglas Aerospace Co., Raytheon Engineers and Construction, Rensselaer Polytechnic Institute) oluşan ARIES ekibi, Starlite isimli projesiyle; nükleer füzyon reaktörü olarak tokamak makinelerinin potansiyel özelliklerini ve fizibilitelelerini değerlendirdi [1]. Bu değerlendirme; aynı zamanda kritik plazma fiziği ve teknoloji sorunlarıyla bir tokamak reaktörünün optimum çalışma rejiminin tanımlanmasını da amaçladı. Starlite projesinin ilk evresinde, bir reaktör adayı olarak değişik tokamak plazmalarının çalışma modlarının değerlendirilmesinde 5 farklı tokamak çalışma rejimi ele alındı. Bunlar: (1) ARIES I; I. kararlılık bölgesi sürekli hal (steady state) rejimi, (2) PULSAR; dar-



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

beli çalışma rejimi, (3) ARIES II ile ARIES IV; II. kararlılık bölgesi sürekli hal rejimi, (4) RSP; Ters kırma profilli sürekli hal rejimi ve (5) ST; küresel tokamak rejimidir. Buna paralel olarak, anılan tokamakların; ilk duvar (first wall) ve D-D kaynaşması sonucunda açığa çıkan nötron bombardımanı ile tritium doğurganlığı yaratan litium blanketinin yapısal malzemeleri, yakıtlama, soğutma ve uygun tritium doğurganlığı gibi, optimum geometrik yapılanma ve mühendislik tasarım opsiyonlarının karşılaştırmalı değerlendirilmeleri yapıldı. Böylece, tokamak makinelerine dayanan nükleer füzyon demonstrasyon (Demo) ve ticari reaktörlerinin gereksinimleri saptanmaya çalışıldı.

Halen ABD'de, endüstri ve elektrik kullanıcılarının öneri ve etkilemelerine göre, füzyon gücü için ölçütler saptanmaya çalışılıyor. Bunlardan biri de, Electric Power Research Institute (EPRI) füzyon grubu

tarafından geliştirilmiş bulunuyor. Bu ölçüt, amaç ve gereksinimler açısından: 1) Elektrik üretim tutarı (COE), 2) Güvenlik ve çevre özellikleri ve 3) Güvenilirlik, uygunluk ve bakım şeklinde üç bölüme ayrılıyor.



Culham'daki (İngiltere) Avrupa Ortak Tokamak Reaktörü (JET).

Elektrik üretim tutarı için amaç ve gereksinimler, enerji pazarlamasında füzyonun kullanılmaya başlandığı anda var olan elektrik kaynakları için hesaplanmış rekabet fiyatları esas alınarak, Starlite projesine uyarlanmış. Bulunan değerler, enerji tah-

min modellerine dayanan geleceğin reaktör fiyatları tahmin düzeyinde.

Güvenlik ve çevre gereksinimleri açısından, ileriye yönelik nükleer füzyon (atom çekirdeğinin parçalanmasıyla enerji elde edilmesi) ve fosil yakıtlarında karşılaşılabilecek güçlüklerin aşılmasındaki önlemlerin yanı sıra, nükleer füzyonun ulusal ve yerel yetkililer tarafından verilecek lisansının kolaylaştırılması ve halk onayının kazanılması açısından, füzyonun çok düşük düzeyde bir çevre kirlenmesi yaratacağı avantajının vurgulanması gündeme getirilmiştir.

Nükleer füzyon reaktör tasarımında güvenilirlik, uygunluk ve bakım dikkate alındığında, her konuda özenli davranılması ve radyasyona karşı düşük aktivasyonlu özel malzemelerin seçilip kullanılması gibi ara sistem seçimlerinde bir dizi zorluk ile karşılaşılıyor.

Tasarımlarda reaktör maliyet karşılaştırmasına basit bir temel oluşturmak üzere, benzer blanket (ısı koruyucu örtü) ve ekranlamalar kullanılmakta, divertor (saptırıcı) ve ilk duvar yapısal malzemesi olarak vanadyum alaşımı, blanket doğurganlığı içinse sıvı litium tercih ediliyor. Böylece kabın bakımı kolaylaştırılarak büyük yüklenmeye dayanıklı bir sürekli yapı büyümesine ve sistem etrafında daha küçük bir bakım alanı ile program kesinti sakıncalarını

Tablo 1 Starlite Tokamak Reaktör Adaylarının Önemli Parametreleri

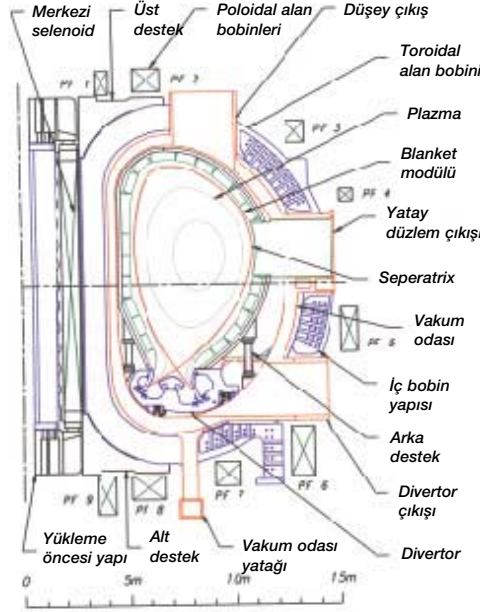
Tokamak reaktör adayı:	1	2	3	4	5
Büyük yarıçap R[m] :	7.96	8.68	5.04	6.40	5.00
Plazma yarıçapı a_p [m] :	1.99	2.17	1.26	1.60	4.00
Görünüm oranı $A=R/a_p$:	4.0	4.0	4.0	4.0	1.25
Merkezi toroidal alan B_0 [T]	8.99	7.46	7.35	8.37	1.77
Plasmanın enine uzama sabiti K:	1.81	1.80	1.99	2.03	3.40
Plazma akımı [MA] :	12.6	15.0	10.3	7.72	40.1
Bootstrap akım sürme oranı f_{BS} :	0.57	0.34	0.89	>1	0.99
Akım sürme verimi:	0.56	--	2.02	0.49	34.2
Korunma zamanı ölçeklemesi H	1.71	2.38	2.40	2.47	3.02
Elektrik fiyatı COE [mill kW^{-1} saat ⁻¹]	99.7	130.2	69.7	92.6	116.0

minimumu indirmek mümkün oluyor. Böylece, tasarımlarda plazma kinetik basıncının, manyetik basınca oranıyla tanımlanan teorik β değeri %90 gibi çok büyük değerlerde tutulmuştur. Aslında, birinci reaktör adayı, mevcut veri tabanına en yakındır ve sıcak plazmaların uzun süreli darbeleri boşalmalarını sergilemektedir; fakat performansı zayıf olduğundan ekonomik isteklere cevap veremez. İkinci reaktör adayı daha iyi bir ekonomik performansa sahip olmakla beraber, deneysel veri tabanını düşüktür. Öte yandan, küresel tokamak reaktör adayının henüz veri tabanı tam olarak oluşmadığından ve bazı kritik sorunları bulunduğundan, daha bir dizi tasarım çalışmasına gereksinime var.

Yapılan kavramsal tasarım çalışmalarına göre, demo ve ticari füzyon reaktörlerinde gerekli güvenlik derecelerine erişilebileceği görülüyor. Günümüzde var olan deneyim ve teknoloji birikimiyle hemen bir nükleer füzyon enerji reaktörünün tasarımı, kurulması ve işletilmesi için gerekli mühendislik yetersiz olmakla birlikte, doğacak sorunlar zamanı geldiğinde sırayla çözülerek, 21. yüzyılın ilk on yılları içinde nükleer füzyon enerjisi hedefine varılacağına kesinlikle inanılıyor.

Tablo 1 de, yukarıda sözü edilen 5 tokamak adayının sonuçları veriliyor. Tablo incelendiğinde, 5 ayrı tokamak rejimindeki nükleer füzyon reaktör adayının Manyetohidrodynamic (MHD) kararlılığı, akım sürekliliği ve enerji korunma zamanı gibi üç üstün nitelik etkeni (figure of merit) göz önüne alındığında, dördüncü ve beşinci tip reaktör adaylarının çok üstün ekonomik performanslara sahip oldukları sonucuna varılıyor. Bunlardan beşinci aday küresel tokamak yaklaşımı, füzyon reaktörlerine gidiş yolunda, düşük bir fiyat ve son derece küçük ölçeklerle pazara giriş kolaylığı gibi çok önemli anahtar özelliklere sahip.

Küresel tokamakların, sıradan tokamaklara göre en önemli farkları şunlar: Plazmanın vakum odası içinde duvarlara değmeden merkezde asılı kalmasını sağlayan manyetik alan, küresel tokamaklarda çok basit biçimde merkezi yüksek akımlarla



ITER reaktör tasarımı

elde edildiğinden, sıradan tokamaklardaki çok büyük hacimli manyetik alan bobinleri kaldırılarak, R makinenin yarıçapı ve a_p plazma yarıçapı olmak üzere $A=R/a_p$ ile tanımlanan görünüm oranı (aspect ratio) 1'e yaklaşıyor. Buna bağlı olarak da makine boyutu küçültülerek basit bir yapıyla son derece ilgi çekici hale geliyor.

Ayrıca, bu basit yapıyla makinenin fiyatı da çok ucuzluyor. Tokamaklarda makine boyutunu etkileyen blanketin küresel tokamaklarda nötron duvar yüklenmesi, plazma kolonunun enine uzamasıyla sınırlı kalıyor. Dışardan bir manyetik alan uygulanmadığından tamamen plazma kinetik basıncının hakim olduğu en yüksek β değerine ulaşılabilir. Merkezi ohmik ısıtma bobini bulunmadığından küresel tokamaklarda endüktif olmayan akım sürülmesi yüksek oranlarda gerçekleşebilir. Son olarak, çalışırken ortaya çıkan

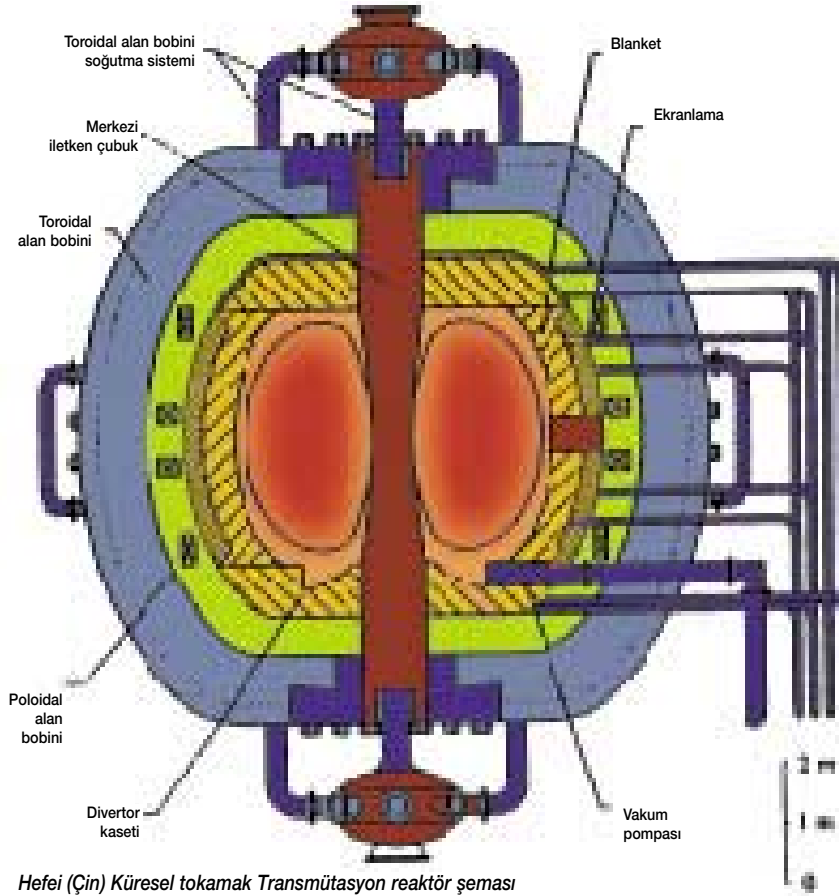
türbülanslar, kendiliğinden oluşan birbirine dik akım ve manyetik alan vektörlerinin $J \times B$ kırpma kuvvetiyle kararlı hale dönüştürülebilir.

Şu anda çalışmakta olan JET (Avrupa Birliği) ile TFTR ve DIII-D (ABD) geleneksel tokamak makineleri boyutlarında yeni kurulacak küresel tokamak makineleriyle, 800 MW termal enerji ve 160 MW net elektrik enerjisi elde edilebileceği hesaplanıyor. Böyle bir küresel tokamak makinesi, bir nükleer füzyon reaktörünün bütün çalışma ve sistem özelliklerine sahip bir pilot tesis olarak kabul ediliyor. Bu pilot tesisin boyutları, şu anda mevcut boyutun 2,5 katına çıkarılması halinde, 5,8 GW (milyar watt)

füzyon ve 2,1 GW'lık net termal enerji çıkışı, ekonomik bir küresel tokamak reaktörüne ulaşılabilir. Bir küresel tokamanın pilot tesis ve boyutları 2,5 kez büyütüldüğünde; elde edilen küresel tokamak füzyon reaktörünün parametreleri Şekil 2'de görülüyor. Bu küresel tokamak reaktörüyle, eğer bakır toroidal alan bobin ayakları, süperiletken alanlarla değiştirilebilir ve uygun ekranlamalar yapılabilirse, $D-^3He$ ileri füzyon yakıtının da yakılabilir hale getirilmesi mümkün olacak. Öte yandan, geleneksel tokamak sistemlerinde, plazmanın vakum odasının duvarlarına değerek kirlenmesini önlemek ve sonucunda plazmanın sıcak korunma zamanını yükseltmek amacıyla özenle tasarlanıp kullanılan ve bozuldukça değiştirilen divertor kaset sistemi, küresel tokamaklarda doğal şekilde oluşturuluyor. Böylece, hem plazmanın merkezde asılı tutulması için, pasta kalıbı biçimindeki kabı içten sarmalayan çok sayıda dev toroidal bobin kaldırılıyor; hem de doğal divertor oluşumuyla, boyutlar minimuma indirgeniyor. Bu nedenle, son yıllarda küresel tokamaklarda sağlanan bu gelişmeler göz önüne alınarak, uluslararası işbirliği

Tablo 2 Tokamak Karma Reaktör Tasarım Parametreleri

Füzyon-Füzyon Karma Reaktörü	TFTR	JET	Küresel tokamak
Büyük yarıçap R [m]	2.9	3.0	1.4
Plazma yarıçapı a_p [m]	0.9	1.2	1
Plazma hacmi V [m ³]	45	100	50
Plazma akımı I_p [MA]	2	5	12.54
Toroidal alan B [T]	5	2.8	2.5
Ortalama plazma yoğunluğu $\langle n_e \rangle$ [10 ²⁰ cm ⁻³]	0.3	0.4	1.6
İyon sıcaklığı T_i [keV]	20	10	10
Füzyon gücü P_{fuz} [MW]	30	15	40
DT yanma süresi [s]	1	2	Süreklili
Ortalama duvar yüklenmesi [MW/m ²]	0.2	0.2	1.02



yon karma reaktörlerinde, yüksek düzeyde nükleer artık transmutasyonu için, bir sürücü olarak 10-100 MW'lık alçak bir füzyon gücü ile, D-T reaksiyonları sonucu kuvvetli bir nötron kaynağı olarak küresel tokamaklar kullanılıyor. Fisyon-füzyon karma reaktör blanket tasarımında, 10-100 düzeyinde bir blanket enerji katlanmasına erişebilecek şekilde bir nötron akısı alınıyor. Nötron duvar yüklenmesi, 1 MW/m² ve hatta

ilerde, 0,5 MW/m² olduğunda, blanket içinde şiddetli termal nötron akısı $>5 \times 10^{15} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ sağlanacaktır. Şekil 4'te Çin bilim adamlarının transmutasyon amacıyla kullanmak üzere tasarladıkları ve 2002 yılında çalıştırmayı planladıkları Hefei Küresel Tokamak makinesi ile makinenin blanket şekillenmesindeki malzeme kompozisyonu görülüyor.

Bir fisyon-füzyon karma reaktör modelinde, nükleer teknoloji ve

plazma parametrelerinin, daha ileride gerçekleştirilecek bir nükleer füzyon reaktörü için gerekenden çok daha düşük düzeylerde tutulabileceği öne sürülüyor. Şu anda, yaklaşık 10 MW füzyon gücü üretmekte olan JET ve TFTR geleneksel tasarımı tokamakları ve yapımı sürdürülmekte olan Mega Ampere Spherical Tokamak MAST (İngiltere) ve National Spherical Tokamak (NSTX) gibi küresel tokamak makineleriyle; reaktör çekirdeği, divertor, ilk duvar, kaplama tuğlaları, transmutasyon blanket sistemi ve toroidal alan bileşenleri üzerinde gerekli düzeltmeler sonucunda bir karma reaktör tasarlanabilir. Tablo II'de JET ve TFTR ile, kurulacak bir küresel tokamağın fisyon-füzyon karma reaktörü olarak değişik parametreleri veriliyor.

Blanket olarak, yüksek düzeyde nükleer artık transmutasyonu ve füzyon reaktör çekirdeğinde kullanılmak üzere, trityum doğurganlığı gibi iki fonksiyonu bir arada başaran bir blanket tasarlanıyor. Blanket üzerinde oluşan yüksek sıcaklık, hızlı fisyon reaktörlerinde kullanılan mevcut teknoloji yardımıyla giderilebilir.

Sonuç olarak, füzyon uzmanlarının yapmış olduğu bütün bu değerlendirmeler dikkate alındığında; son zamanlarda sıkça rastlanan, Türkiye'de yeni bir fisyon nükleer reaktörünün kurulması ile ilgili tartışma programlarında, bazı konuşmacıların dile getirdikleri gibi, füzyon gücünün kullanılmaya başlanması için 50-60 yıl(!) gibi çok uzun bir zamana gerek kalmayacağına; önce kısa sürede, 21. yüzyılın ilk on yılı içinde, küresel tokamakların fisyon-füzyon tipi karma reaktörlerde kullanılmaya başlayacağına ve daha sonra uzun dönemde, milenyumun birkaç on yılı içinde, yepyeni teknolojilerle, tek başına nükleer füzyon reaktörü olarak devreye gireceğine kesinlikle inanılıyor.

Ayten Sinman* - Sadrettin Sinman**

*TAEK Nükleer Füzyon Laboratuvarı

**ODTÜ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü,

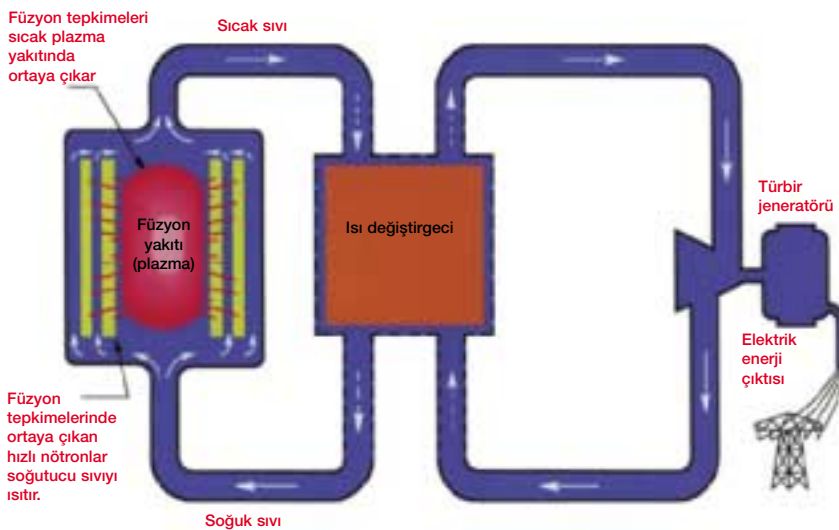
Kaynaklar:

[1] F. Najmabadi, et al., Fusion Energy, Vol. 3, IAEA (1997) 383.

[2] R.D. Stambaugh, et al., ibid., 395.

[3] L.J. Qiu, et al., ibid., 701.

[4] S. Sinman and A. Sinman, 26th EPS Conf. on Cont. Fusion, Vol. 23, Conf. CD (1999) P1.111.



Normal fay

Yanal atımlı fay

Kuzey ve güney kenar fayları

TEKİRDAĞ

M. ERE/L<S>

Sekil-6

Sekil-5

Sekil-4

Sekil-3

Sekil-2

KAF Karasöğüt Segmenti

KAF Orta Marmara Segmenti

KAF Adalar Segmenti

KAF Doğu Marmara Segmenti

Güney Hedefi Fayı

Marmara Ad.

İznik Ad.

Bozcaada

ERDEK

BANDIRMA

MUDANYA

GENİKLİK

YALOVA

SARIKÖY

KARABÖGE

Armutlu Yrd.

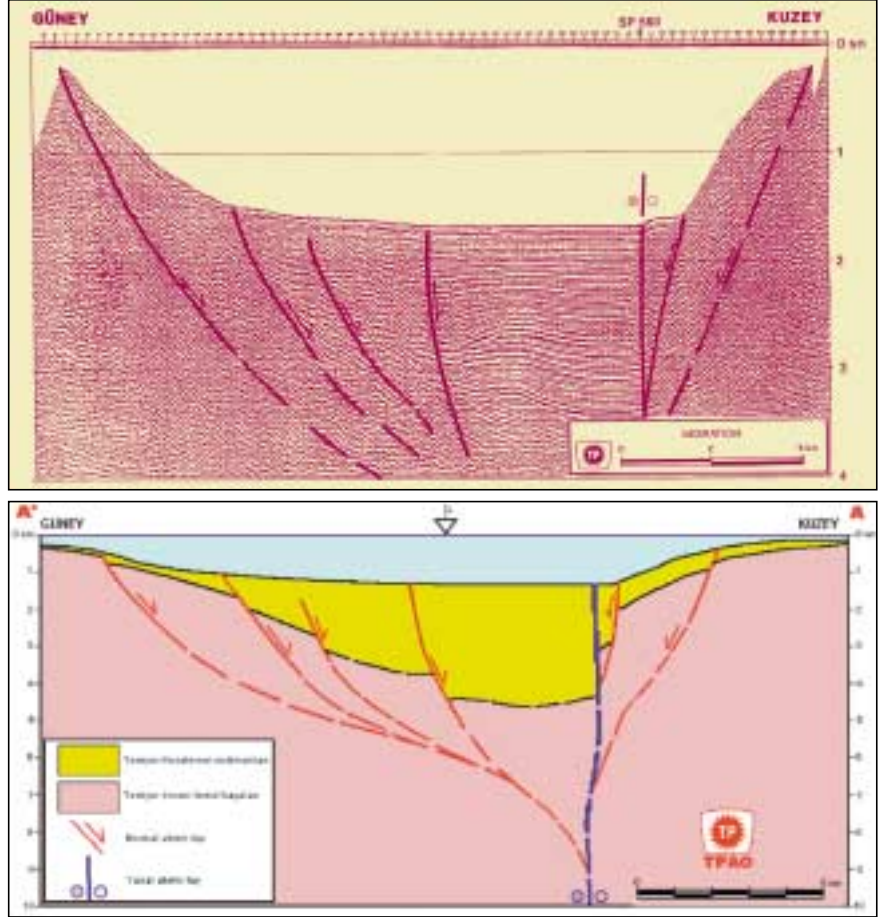
TPAQ

0 5 10 20 40 km

Bilim ve Teknik

MARMARA Denizi'nde 1968 yılından başlayarak, çeşitli şirketlerce yapılmış toplam 4300 km uzunluktaki sismik kesitler, petrol ve doğalgaz aramak amacıyla yıllardır değerlendiriliyor. Petrol sektöründe vazgeçilmez bir yöntem olan sismik yöntemle, yeraltındaki tabakaların geometrik biçimlerini, kalınlıklarını, fayların konum ve özelliklerini, dolayısıyla bölgenin tektonik yapısını, ortaya koymak mümkün. Bu yolla toplanan veriler uzman jeoloji ve jeofizik mühendislerince değerlendirilerek, gerek bölgesel ve gerekse yersel ölçekte, birçok harita üretiliyor. Bu haritalar, petrol ve doğalgaz aramaya yönelik olduklarından, genellikle 1000 m ve daha derindeki kayaların konumlarının sismik kesitlerle saptanmasıyla yapılıyor. Dolayısıyla, bu amaçla alınmış ve işlenmiş olan "derin sismik" kesitler kullanılarak yorumlanıyorlar. TPAO tarafından –olanaklıysa da– deniz tabanı tektonik haritası hiçbir biçimde bugüne değin yapılmamış.

Ancak böyle bir haritanın yapımına, ülkemizin 1999 yılında yaşadığı depremlerden sonra, duyulan sorumluluğun gereği olarak; bir yaklaşım sunmak amacıyla gereksinim duyuldu. Kamuoyunun bilgilendirilmesi ve deprembilimcilerinin yararlanabilmesi amacıyla, mevcut sismik kesitler kullanılarak bölgenin bir "Neotektonik Dönem Fay Haritası" yapıldı. Bu haritanın yapılmasının bir başka nedeni, TPAO'nun hidrokarbon aramaya yönelik daha önce yaptığı ve Marmara Denizi faylarını zonlar biçiminde gösteren ve deprem amaçlı olarak kullanılmaması gereken eski bir haritasının, kimi araştırmacılarca yayın organlarında kaynak olarak gösterilmesi oldu. Söz konusu yanlışlığı gidermek amacıyla yapılan bu haritadaysa, faylar zonlar biçiminde değil, kullanılacak amaca uygun olarak, hiçbir yorum katılmadan ve sismik kesitlerde görüldükleri kadarıyla, atım yönleri dikkate alınmaksızın ve birbirleriyle ilişkilendirilmeden tek tek haritalandı. Şekil 1'deki haritada kırmızı renkle gösterilen Neotektonik Dönem Fayları, çalışma süresince ayrıntılı bir biçimde yorumlandı ve burada görülen son biçimini aldı. Sadece kırmızıyla gösterilen faylar dikkate alındığında, aktif



Şekil 2: M-83-4 no'lu sismik kesit (üstte). Şekil 8: Şekil 2'de görülen sismik kesitten yararlanılarak yapılmış A'-A' jeoloji enine kesiti (altta).

olan fayların yanı sıra, Neotektonik Dönem'e ait olan fakat, günümüzde aktif olmayan, örneğin Marmara Ereğlisi'nin doğusundaki deniz alanında kalan, kuzeybatı-güneydoğu gidişli faylar da işlendi. Fakat bunlar çok az sayıda olup, çizilen faylar genellikle günümüzde de aktif olan faylardır.

Marmara Denizi'ndeki bölgesel ölçekli faylar genellikle doğu-batı gidişli olduklarından, bu yazıda yalnızca bu yöne dik olarak atılmış kuzey-güney sismik kesitler örnek olarak tanıtılacak. Daha sonra yapılacak ayrıntılı çalışmalarda, kuşkusuz doğu-batı gidişli sismik kesitler de tanıtılmalıdır.

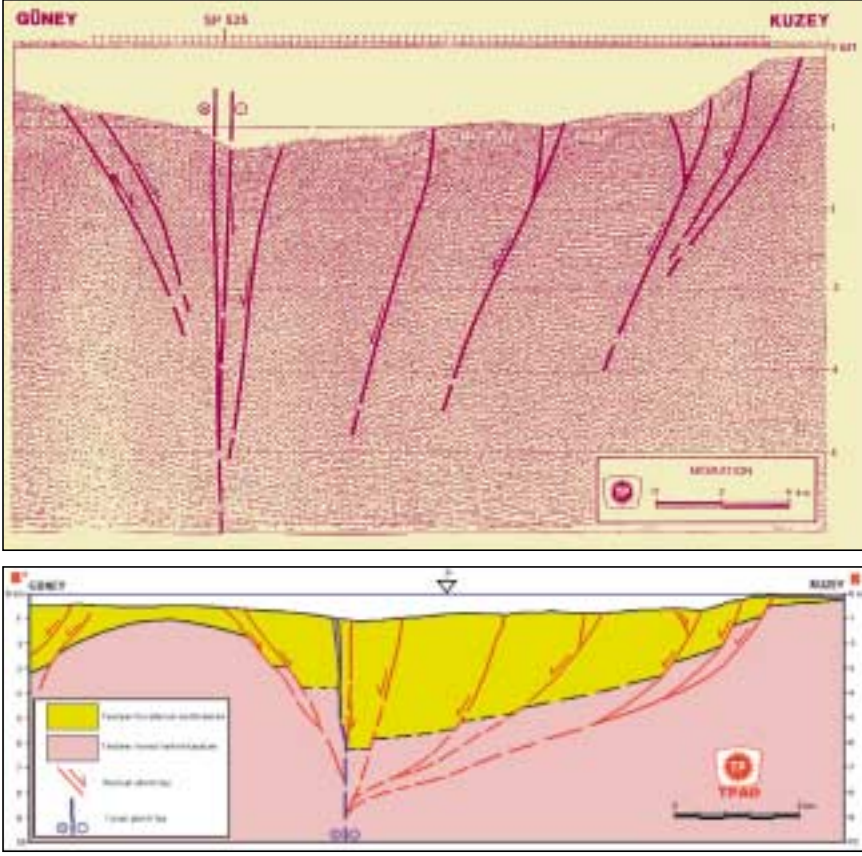
Sismik Kesitler

Marmara Denizi'nde 1968 yılından başlayarak 1997 yılına kadar atılan sismik kesitler; hem veri kaydı hem de işleme teknolojisi yönünden birbirlerinden oldukça farklıdır. Bunun sonucu olarak da kesitler arasında sismik kalite farkı ortaya çıkar.

1968-1985 yılları arasındaki sismik kayıtlarda CDP çok düşüktür; en çok

24 civarında olmuştur. Ayrıca sismik ayrıntıyla doğrudan ilişkili örnekleme aralığı da 4 ms, kayıt uzunluğu 4-5 s arasındadır. Bu hatların –daha sonra yeniden işlenenleri hariç– migrasyon kesitleri de yoktur.

1985 sonrasında yapılan hatlardaki kalite, son yıllardaki sismik teknolojinin tüm olanaklarının kullanılmasıyla, oldukça iyi hale getirilmiştir. Örnekleme aralığı, yani sismik ayrırlılık 2 ms'ye kadar hassaslaşmış ve CDP 60-70'lere, kayıt uzunluğu ise 6 s'ye kadar çıkmıştır. Ayrıca, kayıt sonrası işleme tekniğiyle veri kalitesi de artırılmıştır. Sismik kesitlerin yorumlanabilen en büyük düşey ayrırlılığı, 10-15 m dolayındadır. Yanal yöndeysa, eski kesitlerde 12.5 m, yeni kesitlerde 6.25 m hassaslık vardır. Deniz tabanı tekrarlı yansımaları, su derinliğinin az olduğu (200 m ve daha sığ) kesimlerde sorun yaratsa da, bu çalışmanın yapıldığı derin kesimlerde sorun olmamıştır. Sismik kesitten jeolojik enine kesite (zaman ortamından derinliğe) geçerken, ortalama sismik dalga yayılım hızı; deniz suyu için 1500 m/s, sedimanter ka-



Şekil 3: MDZ-97-09 no'lu sismik kesit (üstte). Şekil 9: Şekil 3'de görülen sismik kesitten yararlanılarak yapılmış B'-B jeoloji enine kesiti (altta).

yalar için 2500 m/s ve temel kayalar için ise 4500 m/s olarak alındı.

Bu çalışmada Marmara Denizi'ndeki ve hidrokarbon aramak amacıyla atılmış sismik kesitlerin %80-85'i yorumlandı. Sismik kesitlerin tümünde yorum yapılamayışının nedeni, bazı sismik kesitlerde sismik görüntü kalitesinin iyi olmayışı ya da eski tarihli sismik kesitlerin TPAO Arşivi'nde bulunmayışındır. Ancak, bu durum çalışmada büyük sorun yaratmamıştır.

Sismik Kesitlerin Yorumu

İzmit Körfezi girişinde petrol arama amaçlı olarak yapılmış sismik kesitlerin en doğuda olanı, Yalova açıklarından başlayarak KKD yönüne doğru 12,5 km kadar uzanır. TPAO Arşivi'nde bulunan bu kesitten başlayarak yapılan sismik değerlendirme, batıya doğru devam ettirildi ve Çanakkale Boğazı girişine kadar sürdürüldü.

Yukarıda sözü edilen sismik kesitten sonra, batıya doğru 22 km içinde, aynı yönde (KKD-GGB) atılmış üç ayrı kesit daha yer alır. Bu sismik kesit-

lerden Marmara Denizi faylarının en doğudaki durumunu en iyi göstereni, M-83-04 no'lu kesittir (Şekil-2). Bu kesitte en kuzey ve en güneyde yer alan ve normal atımlı olan faylar, "Marmara Denizi Kuzey ve Güney Kenar Fayları" olarak adlandırıldı. Kenar fayları Marmara Denizi'nin her iki yanında bulunan şelfle yamacı sınırladıklarından daha önce kırmızı renkle gösterilen faylardan bu sınırı oluşturanları, zon biçiminde yorumlanarak yeşil çizgilerle gösterildi (Şekil-1). Marmara Denizi'nin biçimine uygun olarak, kuzey ya da güneye kavisler yaparak doğudan batıya sürekli olarak takip edilebilirler. Her iki fayın da her yerde normal fay olduğu, sismik kesitlerden rahatlıkla görülebilir. Bunlardan kuzeydeki fay güneye, güneydeki faysa kuzeye eğimlidir.

Marmara Denizi Kuzey Kenar Fayı, İzmit Körfezi çıkışından sonra, Adalar'ın 5 km güneyinden geçecek biçimde Silivri açıklarına kadar BKB-DGD doğrultulu ve güneye içbükey kavisle batıya doğru uzanır. Buradan itibaren DKD-BGB doğrultuda devam eder, Marmara Ereğlisi'nin 3-4 km açığından geçerek, Tekirdağ güneylerin-

de KD-GB yönünde ve kıyıyı kontrol edecek biçimde devam ederek Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ile birleşir.

Yalova yakınlarından itibaren haritalanmaya başlanan Güney Kenar Fayı, batıya doğru kıyıya paralel olarak Armutlu Yarımadası'nın kıyısını izler. Bu kesimde doğuda genel doğrultusu D-B olan fay, yarımada'nın batısında KD-GB doğrultusunu alır. Yarımada'nın burnundan sonra kuzeye içbükey bir yay çizerek İmralı Adası'nın 2 km kuzeyinden geçer, denizin ortasına kadar KB-GD yönünde gider. Daha sonra kıyıya kadar küçük bükümler dışında D-B doğrultusunu izler.

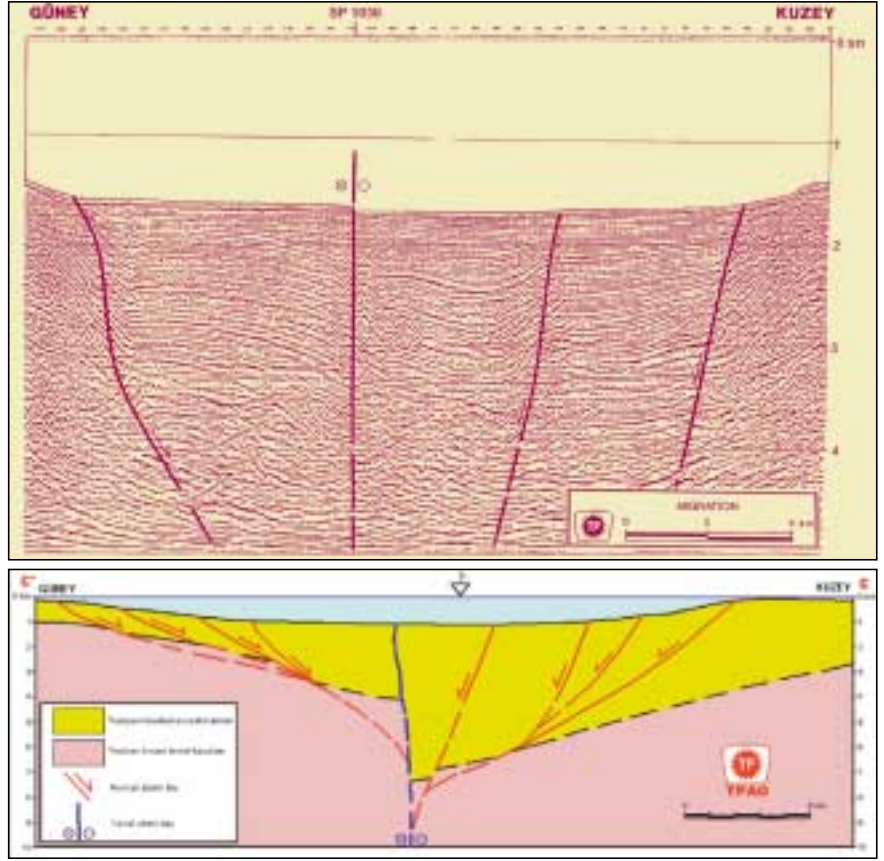
Kuzey ve Güney Kenar Faylarının yanı sıra, onlar kadar devamlı olmasa da birçok normal atımlı fay haritalandı ve şekil-1'de kırmızıyla gösterildi.

Şekil-1'de, Marmara Denizi'ndeki normal fay özelliğindeki faylardan başka, İzmit Körfezi'nden başlayarak Şarköy yakınlarına kadar uzanan sağ yönlü doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fayı segmentleri de (fay parçaları) gösteriliyor. Bu segmentler hakkında şunlar söylenebilir: M-83-04 no'lu sismik kesitin (Şekil-2) 560 no'lu atış noktasında görülen fayda, deniz tabanındaki Kuvaterner sedimanlarının etkilendiği; güney bloğun düşük, kuzey blokunsa yüksek kotlarda olduğu gözlemlendi. Bu nedenle, TPAO tarafından ilk yapılan haritada kırmızı renkle ayrılmış olan bu fay, yalnızca deniz tabanındaki kot farkına bakılarak, düşey atımlı bir fay olarak yorumlanabilir. Ancak kesitin bütününe bakıldığında, yanal atımlı bir fay olduğu açık bir biçimde görülür. Doğudan batıya doğru bu özelliğin görüldüğü noktalar, haritada (Şekil-1) bir zon şeklinde mavi renkle belirtilerek, "Kuzey Anadolu Fayı Adalar Segmenti" olarak adlandı. Burgaz Adası'nın 9 km güneybatısından itibaren izlenemeyen (sönümlenen veya düşey atımlı-güneye eğimli faylarla birleşen) KAF Adalar Segmenti'nin en doğudaki sismik kesitten itibaren buraya kadar olan uzunluğu, 35 km'dir. Ancak, İzmit Körfezi içinde de devam edeceği kuşkusuzdur. Fayın uzanımı KB-GD olup, kuzeye doğru içbükey, Büyük Ada'ya en yakın uzaklığı 7 km'dir. Sismik kesitte (Şekil-2), kenar faylarının ve diğer düşey atımlı fayların, yanal atımlı faya doğru eğimli oldukları görülür. Yanal atımlı fayın

güneyinde kalan sedimanların altta kıvrımlı, üstte yatay olmaları; sedimantasyonun, bu fayın hareketi sırasında geliştiğinin göstergesidir.

Kuzey Anadolu Fayı, aralı-aşmalı (en echelon) bir sıçrama yaparak, Adalar Segmenti'nin sönümlendiği yerin 11 km güneyinde tekrar belirir. Bu noktadan itibaren BKB yönüne doğru hemen hemen düz bir çizgi halinde 30 km kadar izlenir. KAF Doğu Marmara Segmenti adı verilen bu fay, en iyi MDZ-97-09 no'lu sismik kesitte (Şekil-3) görülür. Bu kesitin yaklaşık 525. atış noktası yakınlarındaki fay zonunda, deniz tabanında bulunan Kuvaterner sedimanları, kuzeyi düşük blokta kalacak biçimde etkilenmiş gibi görünürler. Aslında bu zonda yer alan faylar da, Adalar Fayı gibi yanal atımlı olup, derine doğru birleşerek tek bir fay gibi davranır. Bu kesitte, Kuzey Kenar Fayı ve aradaki diğer normal atımlı faylar görülüyor. Güney Kenar Fayı kesit dışında kalır. 2 saniye çizgisinin üzerinde, Kuvaterner sedimanları içinde görülen karmaşık refleksiyonların çoğu kayma yapıları olmalıdır ve bu da sedimantasyon sırasındaki tektonik aktiviteyi gösterir.

KAF, İmralı Adası'nın 22 km kuzeydoğusunda sönümlenen Doğu Marmara Segmenti'nden, kuzeye doğru 12 km'lik bir sıçrama daha yaparak yeni bir segment oluşturur. KAF Orta Marmara Segmenti olarak adlandırılan bu fayın en doğu ucu, Çekmece kıyılarına 10 km uzaklıktadır (Şekil-1). Bu noktadan BGB yönüne doğru, kuzeye ve güneye bükümlü dalgalanmalar yaparak 75 km devam eder, Marmara Adası'nın 17 km kuzeyinde sönümlenir veya aşağıda değinilecek olan KAF'nın Marmara Denizi'ndeki son segmentiyle birleşir. Burada yeterli sismik veri bulunmadığından sönümlenme ya da diğer kolla birleşme konusunda kesin bir kanıya varılamadı. Orta Marmara Segmenti'ni tanımlamak için S-52 no'lu sismik kesit (Şekil-4) kullanıldı. Bu kesitte atış noktası 1030'da yanal atımlı fay görülür. Ayrıca, fayın iki yanında, deniz tabanındaki Kuvaterner sedimanlarında 7-10 m'lik bir kot farkı da gözlenir. Altta kıvrımlı ve üstte doğru yatay olan Pliyo-Kuvaterner sedimanları, fayların günümüze kadar aktif olduğu bir dönemde çekilmişlerdir. Marmara Deni-



Şekil 4: S-52 no'lu sismik kesit (üstte). Şekil 10: Şekil 4'de görülen sismik kesitten yararlanılarak yapılmış C'-C jeoloji enine kesiti (altta).

zi yamacını kat eden birçok kesitte görüldüğü gibi, bu kesitin de en kuzeyinde deniz tabanında aktif tektonizmanın etkisiyle gelişmiş bir kayma yapısı görülür. Kesitin buraya alınmayan kuzey ve güney kesimlerinde de buna benzer birçok yapı görmek mümkün.

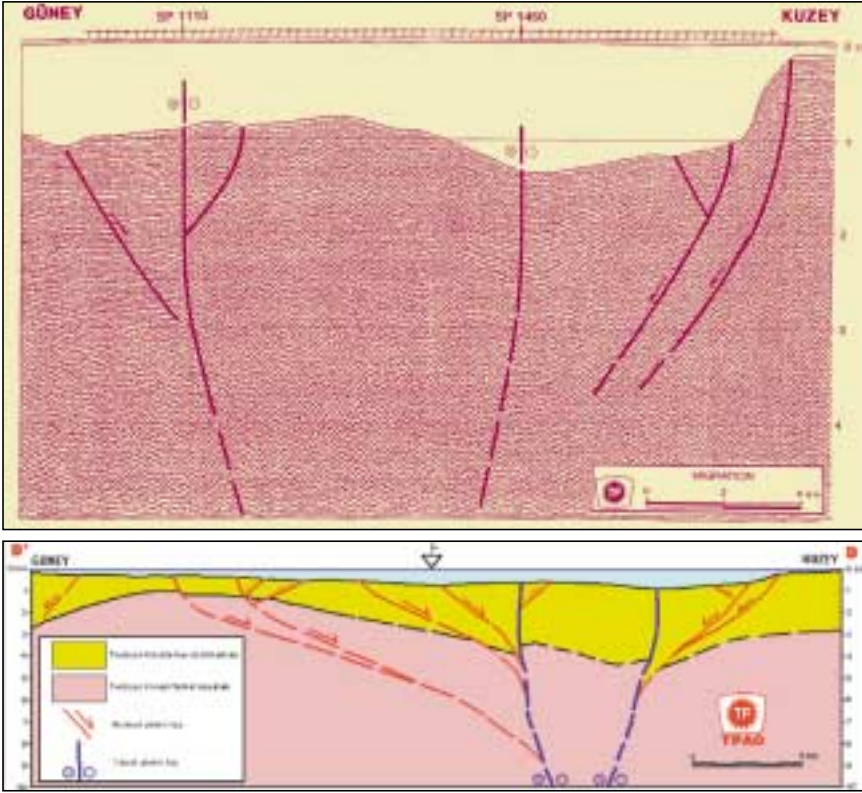
KAF Ganos Segmenti Marmara Denizi'nde, Tekirdağ ile Şarköy arasında yer alan Gaziköy'den, KD yönüne doğru, 56 km uzanır. Karadaki devamıysa Gaziköy'den, Gelibolu Yarımadası'ndaki Bolayır'a kadardır. Buradan tekrar denize (Saros Körfezi'ne) girerek yarımada'nın kuzey kıyısını izler. Marmara Denizi'nde kuzeye içbükey bir görünümü vardır. Marmara Ereğlisi'nin güneyinde sönümlendiği yerin ilçeye uzaklığı 6,5 km'dir. Ganos Segmenti'nin en iyi gözlemlendiği sismik kesit TK-48'dir (Şekil-6). Bu kesitin 660 no'lu atış noktasında görülen yanal atımlı fayda, kuzey bloktaki kotta küçük bir düşme de görülür. Kuzey ve Güney fayları ile bunların arasında kalan diğer normal atımlı faylar, başka kesitlerde de olduğu gibi, ana faya (yanal atımlı faya) doğru eğimlidir. Fayların deniz tabanını etkilemiş olması; kesitte, özellikle güney yamaçta görü-

len kayma yapıları, diğer bölgelerde olduğu gibi hareketliliğin günümüzde de devam ettiğinin göstergesidir.

TK-50 sismik kesitinde (Şekil-5) Ganos ve Orta Marmara segmentlerini aynı anda görmek mümkündür. Bu kesitte kuzeyde kalan (atış noktası 1460) yanal atımlı fay Ganos; güneydekiyse (atış noktası 1110) Orta Marmara faylarıdır. En kuzeyde görülen normal atımlı fay, Kuzey Kenar Fayı'dır ve Ganos Segmenti'ne doğru eğimlidir. Kesitin buraya alınmayan güney devamında görülen normal atımlı faylarsa, Orta Marmara Segmenti'ne doğru eğimlidir.

Jeolojik Yorum ve Tartışma

Marmara Denizi'nde yer alan, Pontid İçi Kenet Çizgisi adı verilen (Şengör ve Yılmaz, 1981) ve iki kıta arasındaki okyanusun kapanarak Paleosen-Erken Eosen zamanlarında kıtaların çarpışmasıyla oluşan zon, o zamandan günümüze kadar çeşitli havzaların oluşumunda etkili olan bir zayıflık zonu olmuştur. Çarpışmadan hemen sonra



Şekil 5: TK-50 no'lu sismik kesit (üstte). **Şekil 11:** Şekil 5'de görülen sismik kesitten yararlanılarak yapılmış D'-D jeoloji enine kesiti (altta).

gelişmeye başlayan bir fay sistemi, Orta Eosen'den Erken Miyosene kadar aralıklarla etkili olmuş ve havza bu fay sistemi kontrolünde gelişmiştir. Geç Miyosende gelişen faylar bütün Batı Anadolu'da ve Marmara Denizi'nde görülen Neotektonik Dönem faylarıdır. KAF'ın başlama yaşı olan Pliyo-sen'den bu yana, yukarıda anlatılan fay sistemi gelişmiştir. Marmara Denizi'nde, kıta çarpışmasında oluşanlar da dahil olmak üzere, dört ayrı fazda gelişen faylar, daha eski yapılar tarafından kontrol edilmişlerdir. Bu nedenle, Marmara Denizi'nde düzenli ve sürekli Neotektonik yapılar izlenemez.

Marmara Denizi'nde, iki tür aktif fay ayırt etmek mümkün. Bunlardan birincisi dört ayrı segmentten oluşan, genellikle dik bir düzlem oluşturan ve yanal atımlı olan faylar; ikincisiyse iki yandan bu faylara doğru eğimli olan normal atımlı faylardır.

Marmara'da görülen yanal atımlı olan fay zonu, doğuda Gölcük-Sapanca, batıda ise Gaziköy-Bolayır doğrultusunda Kuzey Anadolu Fayı'yla birleşir. Bu nedenle sismik kesitlere dayanılarak haritalanan fay zonunun, sağ yönlü doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fayı olduğu kabul edilmiştir. Marmara Denizi'nde sismik kesitlerin yorum-

lanmasıyla doğrultu atımlı fayların yönünü söylemek çok zordur. Ancak, Doğu Marmara Segmenti'nin batıdaki bitiş noktasıyla Orta Marmara Segmenti'nin doğudaki bitiş noktası arasında kalan alanda görülen KD-GB gi-dişli fayların (Şekil-1) doğuda kalan bloklarının düşük olması, buradaki segmentlerde sağ yönlü bir atımın ve buna bağlı olarak bir açılmanın geliştiğinin belirtici olabilir. Aynı biçimde fayların sıçrama veya büküm yaptığı diğer yerlerde de buna benzer açılma veya sıkışma yapılarının bulunması gerekir. Bunların ortaya konabilmesi için sismik kesitler üzerinde daha detaylı yorum yapılması gerekir.

Haritalanan ve düşey atımlı olan fayların tamamı, ortalarından geçen yanal atımlı faylara doğru eğimlidirler. Burada, asal bileşenlerinin düşey atım olması nedeniyle bu biçimde anılsalar da, bir miktar yanal atım bileşenlerinin de olacağı kuşkusuz. Bu nedenle, vevrev atımlı olduklarını söylemek de mümkün. Örneğin, Şekil-3'te görülen Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzeyinde kalan normal atımlı fayların, doğrultu atım bileşenleri de vardır.

Normal fayların en kolay izlenebi-lenleri kenar faylarıdır ve daha önce de sözü edildiği gibi Marmara Deni-

zi'nin şelfini sınırlarlar (Şekil-7). Bu sınır aynı zamanda Pliyo-Kuvaterner sedimantasyonunu da kontrol eder. Kenar fayları ve diğer normal atımlı faylar, aynı zamanda büyüme fayları niteliğindedir, geçmişteki sedimantasyon sırasında olduğu gibi, günümüzde de havzanın sürekli olarak çökmesine neden olurlar. Marmara Denizi'nde Kuzey Anadolu Fayı'nın çalışmaya başlamasından günümüze kadar olan 4 milyon yılda, 2-3 km'ye ulaşan kalınlıklarda sedimanın biriktiği tahmin ediliyor. Burada aynı zamanda 1200 m su derinliğine kadar ulaşan çukurluklar da bulunuyor (Şekil-7). Bu da çökme hızının sedimantasyon hızından çok fazla olduğunun açık bir göstergesidir.

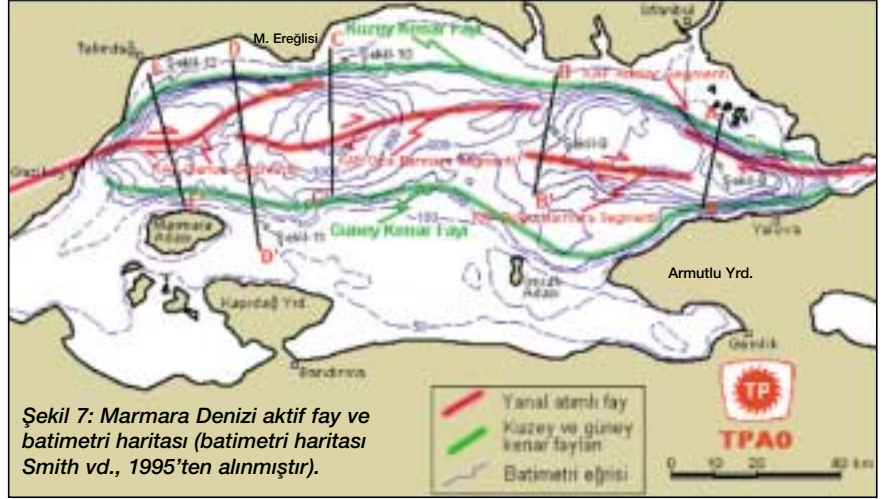
Sismik kesitlerden yararlanılarak yorumlanmış olan jeoloji enine kesitleri (Şekil-8, 9, 10, 11 ve 12), Marmara Denizi'nin bugünkü yapısını gösterirler. Aynı zamanda Marmara'nın biçimlenmesini de sağlayan buradaki fay sistemi, "negatif çiçek yapısı", olarak adlandırılan (Harding, 1985) ve doğrultu atımlı fay zonlarında sıkça görülen bir sistemdir. Bu sistemde normal atımlı faylar, hareketin asıl nedeni olan yanal atımlı faya doğru eğimli olur ve derinlerde bu ana fayla birleşerek tek bir fay olarak devam ederler. Aslında bütün Marmara Denizi, karmaşık negatif çiçek yapılarının biçimlendirmesi sonucu bugünkü halini almıştır. Bu negatif yapıların içerisinde, Şekil-5 ve 11'de görüldüğü gibi, iki yanal atımlı fayın arasında, daha küçük ölçekte pozitif çiçek yapıları da olabilir. Yer yer 1200 m'ye varan çukurlukların geliştiği bu havzayı tek bir fay segmentiyle oluşturmak oldukça zordur. Haritalardan ve sismik kesitlerden görüldüğü gibi, Marmara'yı etkileyen Kuzey Anadolu Fayı'nın yanı sıra, onunla ilişkili Kuzey ve Güney Kenar Faylarıyla çok sayıda küçük ölçekli fay bulunur. Kuzey Anadolu Fayı, İzmit Körfezi'nden Gaziköy'e kadar olan bölümde tek bir çizgi halinde olmayıp, doğrultu değişimleri de olan ve birtakım sıçramalar yaparak uzanan, dört ayrı segmentten oluşur. Kabaca Marmara Denizi'nin ortalarından geçen bu segmentler, aynı zamanda denizin uzun eksenine paraleldir. Bu geometrik biçime uyumlu olarak yayılım gösteren çökel paketiye Pliyo-Kuvaterner yaşlıdır.

1999 yılında oluşan depremlerden sonra güncellik kazanan Marmara Denizi faylarıyla ilgili olarak çeşitli araştırmacılar görüş bildirmişlerdir. Bu görüşler üç ana fikirde toplanabilir:

Barka ve Kandisky-Cade (1988), önerdikleri modelde Marmara Denizi'nin, KKD-GGB yönlü ve birbirine paralel sağ yönlü faylarla bunlar arasındaki D-B yönlü normal faylar tarafından biçimlendirildiğini, bu biçimlenme sırasında bugün var olan batimetrik çukurlukların çek-ayır (pull-apart) havzaları olarak geliştiğini vurgularlar.

Okay ve diğerleri (1999a), Marmara'nın batısında yaptıkları çalışmada burada gelişen havzayı, bu çalışmayla kısmen benzerlik taşıyan, doğrultu atımlı faylarla açılan, bir negatif çiçek yapısı olarak betimler. Okay ve diğerleri (1999b), Kuzey Anadolu Fayı'nın doğuda İzmit Körfezi'nden itibaren batıya doğru, D-B genel gidişli ve yaklaşık birbirine yarı paralel üç faydan meydana geldiğini belirtir. Okay ve diğerleri (1999c) ise, üç transform fayın birleşme yerinde Doğu Marmara'daki çukurluğun açıldığını, bu faylardan ikisinin şu anda aktif olmadığını ve günümüzde burada, Batı Marmara'ya benzer bir yapının geliştiğini belirtir.

Le Pichon ve diğerleri (1999), Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Denizi'ni yaklaşık doğu-batı yönde kesintisiz kat eden tek segment halinde uzandığını savunurlar.



Marmara Denizi'nin batimetrisi hakkında sağlıklı bilgiler veren bir harita henüz mevcut değil. Bununla birlikte, Smith ve diğerleri (1995)'ten alınan ve Şekil-7'de görülen haritadaki batimetri, Marmara'nın ana hatlarını yansıtır. Bu harita üzerine işlenen KAF'ın, Marmara Denizi'nin bugünkü çukurluklarını kestiği görülür. Dolayısıyla, bu çukurlukların morfolojik konumlarını KAF'dan daha önce kazanmış olmaları gerekir. Aynı biçimde Marmara Denizi'nde bulunan adaların da, KAF'ın oluşumundan önce de var olan birer morfolojik yükselimler olduğu sonucuna varılır. Fayın aktivite kazanmasıyla, Marmara Denizi de şekillenmeye başlamış, önceden var olan engebeli topografyadaki çukurluklar, sedimanların ilk ve daha fazla birike-

ceği ve daha fazla çökecek alanları oluşturmuştur. Böylece, Marmara'da bulunan ve KAF'la ilişkilendirilen çukurlukların çoğunun, faydan daha yaşlı olmasına karşın, aynı zamanda fayın aktivite kazanmasıyla, en fazla çökme ve en çok sediman birikme alanları olduğu ortaya çıkar. Dolayısıyla, Barka ve Kandisky-Cade (1988)'in tanımladığı şekliyle Marmara Denizi çukurluklarının, KD-GB doğrultulu ve KAF olarak tanımlanan aktif faylar tarafından açıldığına dair bir veri yok.

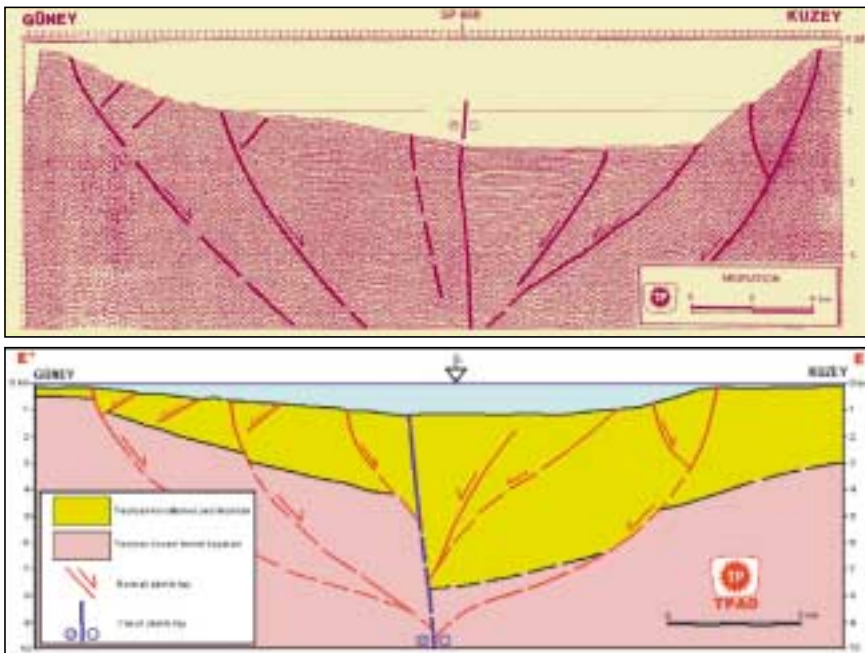
Bunun yanı sıra, Marmara Denizi'nde KAF; Okay ve diğerleri (1999b)'nin belirttiği gibi birbirine paralel üç faydan ve Le Pichon ve diğerleri (1999)'nin belirttiği gibi tek bir faydan oluştuğu da görülüyor; yukarıda da tanımlandığı gibi birbiriyle ilişkili fakat sıçramalar yapan dört ayrı segmentten oluştuğu gözleniyor.

Muzaffer Siyako, Taner Tanış, Fuat Şaroğlu
Türkiye Petrolleri A.O. Genel Müdürlüğü
msiyako@petrol.tpa.gov.tr

Bu çalışmadaki uzaklıklar, büyük ölçekli gerçek sismik lokasyon haritalarından ölçülmüştür. Yazıda yer alan küçük ölçekli haritalardan uzaklık ölçmek yanıltıcı olabilir. Ayrıca bu çalışmada, TPAO'nun arşivinde bulunan sismik veriler kullanılarak, Marmara Denizi'ndeki KAF ile buna bağlı olarak gelişmiş diğer faylar haritalanarak tanımlanmış olup, bu fayların depremelliği konusundaki tartışma uzmanlarına bırakılmıştır.

Kaynaklar

- Barka, A.A., Kandisky-Cade, K., 1988, Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity, *Tectonics* 7, 663-684.
- Harding, T.P., 1985, Seismic characteristics and identification of negative flower structures, positive flower structures, and positive structural inversion, *AAPG Bulletin* 69/4, 582-600.
- Le Pichon, X., Taymaz, T. ve Şengör, A.M.C., 1999, Büyük marmara Fayı: Niçin, nerede ve ne olabilir? *Cumhuriyet Bilim ve Teknik Dergisi*, 20 Kasım 1999, Sayı 661, 8-11.
- Okay, A.I., Demirbağ, E., Kurt, H., Okay, N. ve Kuşçu, İ., 1999a, An active, deep marine strike-slip basin along the North Anatolian Fault in Turkey, *Tectonics* 18, 129-148.
- Okay, A.I., Kaşlılar-Özcan, A., Boztepe-Güney, A. ve Kuşçu, İ., 1999b, Marmara Denizi'nde İstanbul'u tehdit eden kırıklar, *Cumhuriyet Bilim ve Teknik Dergisi*, 28 Ağustos 1999, Sayı 649, 8-10.
- Okay, A.I., Kaşlılar-Özcan, A., Boztepe-Güney, A. ve Kuşçu, İ., 1999c, Active faults and evolving strike-slip basins in the Marmara Sea, northwest Turkey (baskıda).
- Smith, A.D., Taymaz, T., Okay, F., Yüce, H., Alpar, B., Başaran, H., Jackson, J.A., Kara, S., Şimşek, M., 1995, High-resolution seismic profiling in the Sea of Marmara (northwest Turkey): Late Quaternary sedimentation and sea-level changes. *Geol. Soc. Am. Bull.* 107, 923-936.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach: *Tectonophysics*, v. 75, 181-241.



Şekil 6: TK-48 no'lu sismik kesit (üstte). Şekil 12: Şekil 6'da görülen sismik kesitten yararlanılarak yapılmış E-E jeoloji enine kesiti (altta).



Buzun Dört Bin Metre Altındaki Yaşam Vostok Gölü

Antarktika, dünyanın en soğuk, en rüzgârlı ve iklimi en kuru kıtası. Burayı bir buz çölü olarak da düşünebiliriz. Yıllık kar yağıışı (kar kalınlığı olarak) ortalama 30 santimetredir. Kıtanın kimi yerlerindeyse bu kalınlık yılda 6 santimetreye kadar düşer. Sıcaklığın da düşük olması nedeniyle burada erime yok denecek kadar azdır. Yağan karlar, binlerce yıl boyunca birikip sıkışarak Antarktika kıtasını örten buz tabakasını oluşturmuştur. Kıtanın yaklaşık % 98'i, ortalama olarak 2 500 metre kalınlığındaki buz tabakasıyla örtülüdür. Buzun kalınlığının 4 700 metreye ulaştığı yerler de vardır. Buz tabakası karların her yıl üst üste birikmesiyle oluştuğundan, yüzeyden başlayarak buzun dibine doğru yapılan sondajlar bir bakıma sanki zamanda yolculuk yapmak gibidir. Bu sondajlarda, buz parçaları kesilerek örnekler toplanıyor. Bu örnekler, yani, binlerce yıl önce yağmış ve sertleşerek buz haline gelmiş karlar, Dünya'nın o zamanki çevresi ve birikim sırasındaki iklim koşulları konusunda bilgi veriyor.

Antarktika'daki çalışmalara şimdi de birkaç bin metrelik buz tabakasının altında bir göldeki yaşam araştırmaları eklendi. Milyonlarca yıldır buz tabakasının altında, dış dünyadan yalıtılmış bu gölde, bilimin haberdar olmadığı mikrop türleri, farklı koşullarda yaşıyor olabilir. Bilim adamları, burada Dünya'mızın geçmişi ve başka gezegenlerdeki yaşam olasılıkları konusunda öğrenilecek çok şey olduğunu düşünüyorlar.

Gölün Keşfi

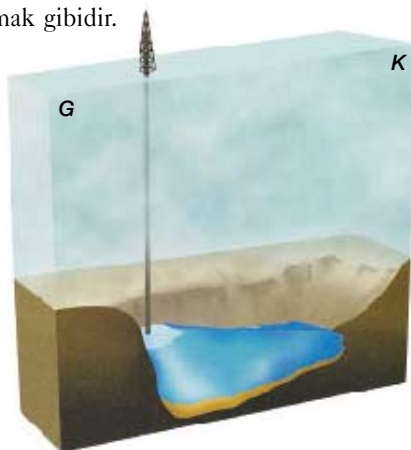
Vostok Gölü'nün keşfi, bundan 30 yıl öncesine dayanıyor. Öykünün kahramanları, İngiltere, Rusya, Danimarka, Fransa ve ABD'den bilim adamlarıyla başka mesleklerden insanlar.

Gölün varlığından ilk söz

Antarktika'daki Vostok Gölü, 4 000 metrelik buz tabakasının altında bulunuyor.

eden kişi, R. V. Robinson adlı, bir Rus pilot olmuş. 1961 yılında kıtanın üzerinde uçarken Robinson, buz tabakasının üzerinde yer yer düzlük alanlar olduğunu fark etmiş ve bunları göl olarak tanımlamış. Bugün bilim adamları, Robinson'un, bilmeden buzun birkaç kilometre altındaki göllerin yüzeydeki göstergelerini fark etmiş olabileceğini söylüyorlar. Bundan üç yıl sonra, Moskova Devlet Üniversitesi'nden Andrei Kapitsa ve ekibi, tam da Vostok Gölü'nün bulunduğu bölgede, buz tabakasının kalınlığını belirlemek için sismik deneyler yaptılar. Bu bölgenin seçilmesinin tek nedeni, buranın Vostok Araştırma İstasyonu'na çok yakın olmasıydı. Sismik deneylerde kaydedilen yansımaların birbirinden ayırt edilmesi genellikle zordur. 1964 yılında Kapitsa ve ekibi, yalnızca buz tabakasının kalınlığıyla ilgilendikleri için, suyun varlığına işaret eden bulgulara dikkat etmediler.

Aslında, Antarktika'da sismik deneyler yapmak tercih edilen bir çalışma yöntemi değil. Buz tabakasının üstünde de 30 metre kalınlığında bir kar tabakası bulunur. Deneyden iyi sonuç almak için, buzula ulaşana ka-





dar karı kazmak ve araçları oraya yerleştirmek gerekir. Bu çalışmalar hem uzun zaman hem de yoğun işgücü gerektiriyor.

Buzun altındaki bir gölü bulmanın tek yolu yalnızca sismik deneyler yapmak değildir. 1970'li yıllarda, Cambridge'deki Scott Kutupsal Araştırma Enstitüsü'nden Gordon Robin'in başkanlığında, ABD, İngiltere ve Danimarka'dan bir grup bilim adamı, buz tabakasını radarla taradı. Kullandıkları radar aygıtı, VHF radyo sinyalleri göndererek, değişik elektriksel özelliklere sahip tabakalardan yansıyanları kaydediyordu.

Sismik araştırmalarda olduğu gibi, radar ölçümleri de buzun kalınlığını, dalgaların iki yönlü (gidiş-dönüş) süresini dalga hızıyla çarpıp bu sonucu ikiye bölerek buluyor. Gölün bir kenarından ötekine ardışık radar atımlarının yansıma grafiği çıkarılarak, buz tabakasının kesitinin görüntüsü oluşturuluyor. Bu işte kullanılacak radar donanımı, bir uçağa da monte edilebileceği için, saatte 300 kilometre hızla giderken, uçuş hattı üzerindeki bilgiler kaydediliyor.

Gordon Oswalt ve Robin, Antarktika'da pek çok küçük göl bulduklarını 1973 yılında bilim dünyasına duyurdular. Bundan 4 yıl sonra da, radar ölçümlerinden, Vostok İstasyonu'nun çok yakınında büyük bir su kütlesinin bulunduğunu anladılar. İstasyona ya-

kınlığı yüzünden göle Vostok Gölü adı verildi. Gölün varlığıyla ilgili ipuçlarının ortaya çıktığı ilk yıllarda, kimse burada yaşam olabileceğini düşünmemişti. Ancak, 1970'li yıllardan bu yana ortaya çıkan gerçeklerden biri de, Dünya'da çevre koşullarının çok olumsuz olduğu yerlerde bile yaşam olabileceğinin anlaşılması oldu.

1990'lı yılların başında, Antarktika'daki buz tabakasının Avrupa Uzaktan Algılama Uydusundaki (ERS-1) radar altimetreye ölçümleri yapılmaya başlandı. 1993 yılında Jeff Ridley ve ekibi, Vostok Gölü'nün üzerindeki düzlük alanın şeklini çıkardılar. Oluşturdukları alanın sınırlarının, havadan yapılan radar ölçümleriyle oluşturulmuş kesitlerdeki gölün kenarlarıyla örtüştüğü görüldü. Bunlardan haberdar olan Kapitsa da, 30 yıl önce kaydettikleri sismik verileri yeniden gözden geçirmeye başladı. Bilim adamları, 1994 yılında, uydu, radar ve sismik ölçümleri birleştirerek gölün haritasını eksiksiz olarak çıkardılar.

Aynı yıl, Cambridge'de, Vostok Gölü üzerine uluslararası bir konferans düzenlendi. 1996 yılında da, güney

kutbu yakınlarında 50 kilometre genişliğinde, yaklaşık 500 metre derinliğinde bir gölün bulunmuş olduğu açıklandı. Biyologlar, bu büyük gölün yeni canlı türlerine ev sahipliği yapıp yapmadığını merak etmeye başladılar. Böylece, bulunmasından ancak 20 yıl sonra göl, buzul bilimcileri dışındaki bilim adamlarının da ilgisini çekmiş oldu.

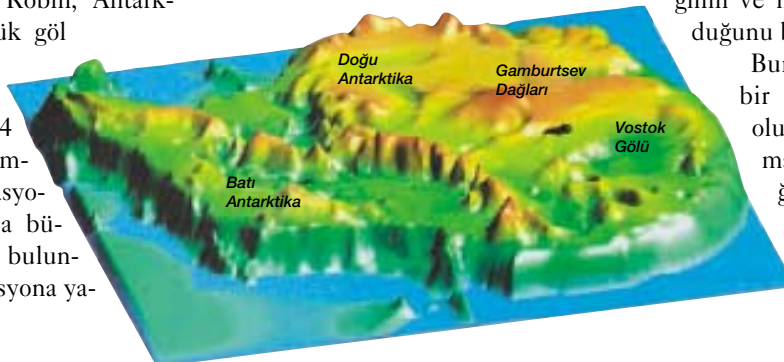
Gölde Yaşam

Yaşamı sınırlayan şeyler karbon ve enerji kaynakları olduğu için ve her ikisinin de gölün karanlık sularında kısıtlı olma ihtimali çok yüksek olduğundan, biyologlar gölde yalnızca bakterilerin yaşadığını düşünüyorlar.

Öte yandan, eğer Vostok Gölü etkin bir çatlak sisteminin parçasıysa, tabanında hidrotermal çıkışlar bulunuyor olabilir. Derin okyanus sularında buna benzer delikler, daha önce rastlanmamış, karmaşık yapıda yaratıkların yaşadığı ortamlar yaratıyor. Aslında, çatlak eski ve soğuksa bile karbon kaynağına sahip olabilir. Ancak, gölden örnekler almadan burada nasıl bir enerji kaynağının ve ne tür organizmaların bulunduğu bilmek olanaksız.

Bunun yanı sıra, göl herhangi bir tektonik etkinlik sonucu oluşmamış da olabilir. O zaman, gölün tek karbon kaynağı, buzun içine hapsolmuş, yavaş yavaş aşağı inen havadan geliyor olmalı.

Ekim ayının sonunda,



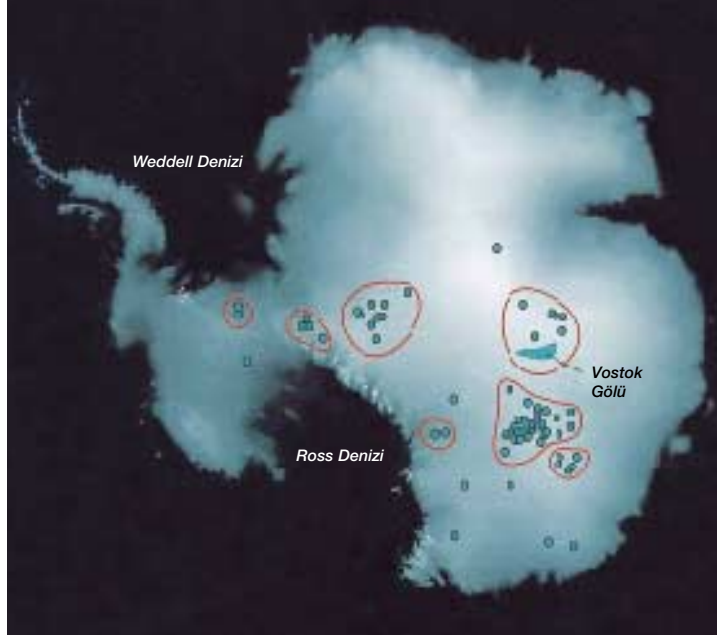
Cambridge’de gerçekleştirilen bir atölye çalışmasında, İsviçre’nin Grenoble kentindeki Buzul ve Çevre Jeofiziği Laboratuvarı’ndan Jean Robert Petit ve Montana Eyalet Üniversitesi’nden (ABD) John Priscu ilk bulguları açıklamışlar.

Priscu, gölün üzerindeki buzun 3603 metre derinliğinden alınan buz örneklerinde biçimleri çubuğa benzeyen ölü bakteriler bulmuş. Petit ise 3590 metre derinlikten, gölün donmuş sularından alınmış 1 metrelik bir buz örneğinde, solunum yapan ve dışarıya CO₂ veren bakteri örneklerine rastlamış.

Her iki araştırmacı da yalnızca basit mikroplar bulmuş olsa da, Petit’ye göre bu, göl tabanında daha karmaşık yaşam biçimlerinin bulunma olasılığını ortadan kaldırmıyor. Gölde mikrop-lardan başka hiçbir canlı türü yaşaması da, belki de milyonlarca yıldır dış dünyadan yalıtılmış bu organizmalar, çetin çevre koşullarıyla baş etmek için bilmediğimiz stratejiler geliştirmiş, ilginç canlılar olacaktır diyor Petit.

Gölün Anatomisi

Buzul uzmanları, Vostok Gölü’nün nasıl oluştuğu konusunda şimdilik pek az bilgiye sahipler. Gölün güneyinde, buz tabakasının kalınlığı 3700 metre kadar. Kuzeyindeyse 4200 metreye kadar çıkıyor. Araştırmacılar, Kapitsa’nın sismik sonuçlarını değerlendirerek gölün derinliğini de bulmaya çalışıyorlar. Gölün Vostok İstasyonu yanında derinliğinin 500 metre olduğu bulunmuş. Orta bölümde de derinliğin birkaç yüz metre kadar olduğu tahmin ediliyor. Sismik verilerin bulunmadığı kuzey bölümündeyse, radar ölçümlerinden, suyun yalnızca yaklaşık 10 metre kadar olduğu tahmin ediliyor. Bu tahminlere bakarak, Siegert, gölün büyüklüğünün de 2000 km² olabileceğini söylüyor.



Siegert’e göre göl, Antarktika’nın kalıcı buzulları kadar yaşlı olabilir. Yani, 15 milyon yıl. Ancak, gölün içindeki su o kadar eski olmak zorunda değil. Bunları belirlemek için gereken veriler henüz elde olmadığı için yerbilimciler, şimdilik gölün neden var olduğunu anlamaya çalışıyorlar.

Araştırmacılar, gölün tektonik etkinlikler sonucu oluşmuş olabileceğini düşünüyorlar. Vostok Gölü, 3000 metre yüksekliğinde, (fakat, tamamıyla buzlar altında olan) Gamburtsev Dağları’nın ortasında bulunuyor. Ellerinde kaya örnekleri olmadığı için araştırmacılar dağların nasıl ve neden oluştuğunu henüz söyleyemiyorlar.

Asıl güçlük, dört kilometrelik buz tabakasının altındaki gölün sularından nasıl örnek alınacağı. Çünkü, bunu yaparken de gölün sularının kirlenmemesi gerekiyor, yoksa gölün tüm değeri yok olacak. NASA’dan bilim adamları, bu sorunu yenmek için gereken

ekipmanların geliştirilmesiyle ilgileniyorlar. Jüpiter’in uydusu Europa’nın keşfi sırasında da benzer teknikleri kullanmayı düşünüyorlar. Europa’nın yüzeyi, kilometrelerce kalınlıkta bir buz kabuğuyla kaplı. Bunun altında da bir okyanus var. Kimi bilim adamları, bu okyanusta yaşam bulunabileceğini düşünüyorlar. NASA’nın Pasadena’daki Jet İtke Laboratuvarı’ndan Frank Carsey, buz tabakasını sıcak suyla eriterek göle ulaşılacak 3 metrelik bir robotu şimdiden tasarlamış.

Aslında Vostok İstasyonu’nda 1970 yılından bu yana buzul örnekleri toplamak için sondajlar yapan bilimsel bir kazı ekibi var. Rus ekip, buz örneği almakta kullanılan donanımlarını zaten gölün 120 metre yukarısına kadar indirmiş. Fakat, aletleri yağlamak ve üstteki deliğin donmasını engellemek için kullanılan gazyağı göle dolacağı için göle kadar inmemişler. Ölçümler ve örnek almak için kullanılacak aletlerin, bundan başka bir yöntemle göle kadar indirilmesi gerekiyor.

Vostok Gölü’nden örnekler almak için gereken teknolojinin geliştirilmesi, mühendislerin bir kaç yılını daha alacak. Bu sırada Antarktika’da çalışan buzul uzmanları, gölü daha ayrıntılı bir biçimde incelemeye zaman bulacaklar. Şimdiye kadar St. Petersburg, Washington DC ve Cambridge’de atölye çalışmaları düzenlenmiş. Bu yıl da, kazı teknolojisinin tartışılacağı yeni bir atölye çalışması daha düzenlenecek.

Biyologlar gölün sularından örnekler almak için sabırsızlanıyorlar. Ancak, Siegert gibi kimi bilim adamları, araştırmaya değer ve daha kolay ulaşılacak başka göller de bulunduğunu hatırlatıyorlar.

Aslı Zülâl



Europa’nın buzdan kabuğunun altında bir okyanus bulunuyor olabilir. Araştırmacılar, bu kabuğun birkaç kilometre kalınlığında olduğunu düşünüyorlar. Bu nedenle, NASA’da çalışan mühendisler, Vostok Gölü’nün keşfinin, Europa’daki yaşam araştırmalarında kullanılacak yöntemleri denemek için iyi bir fırsat olduğunu düşünüyorlar.

Kaynaklar:
Jacka, T. H. "Antarctic ice cores and environmental change" <http://www.antdiv.gov.au/science/index.html>
Monastersky, R. "The strangest home on Earth", Science-news online, 2 Ekim 1999 http://www.science-news.org/sn_arc99/10_2_99/bob1.htm
Siegert, Martin J. "Antarctica's Lake Vostok" *American Scientist*, Kasım-Aralık 1999, 510-517.
Walker, Gabrielle "Lake of dreams", *New Scientist*, 4 Aralık 1999, 35-37.



Sokak Köpekleri

İnsan yaşamı elbette çok önemlidir. Elbette 2000 yılında insanlar kuduzdan, soğuk algınlığından, uyuzdan, vebadan... yaşamını yitirmemelidir. 2000 yılında insanlar ülkemizin içinde bulunduğu, çarpık kentleşmenin getirdiği diğer sorunları da yaşamamalıdır. Trafikte de yaşamını kaybetmemeli, derme çatma evlerde salt barınma gereksinimi uğruna yaşamamalıdır. İnsanların değerini belirten daha pek çok şey sıralayabiliriz. Ama bu gerekleri insan için var kabul edip diğer canlıları yok sayarsak; yani kendimizi en üste koyup bir sıralamaya girersek, sıranın en altındakiler bir gün gelir karşımıza dikiliverir; tıpkı sokak köpekleri gibi. Yok ederek sorunu çözömlmeye kalkarsak da birgün sıra kendimize gelir. İnsanlar arasında bir sıralama başlar.

ÜLKEMİZDE yaşam toplumsal çelişkilerle dolu. Bu çelişkilerde büyük ölçüde ülkenin ekonomik ve toplumsal yapısındaki hızlı gelişmeden kaynaklanıyor. Buna yerleşme düzenindeki değişim ve dönüşümleri de ekleyebiliriz. Örneğin gelişmekte olan pek çok ülkenin ana sorunlarından olan içgöç ülkemizde de hızlı bir kentleşme olgusunu bizlere yaşıyor. Hızlı, büyük ölçüde ve denetimsiz gelişen kentsel büyüme, kentsel alanlardaki yaşam ve çevre kalitesi için önemli sorunların

kaynağını oluşturuyor. Kentler, hava kirliliği, ulaşım, konut, enerji temini ve su altyapısıyla ilgili ciddi sorunlarla karşı karşıya. Kentlerin varoşlarındaki yerlere ve su kanallarına denetimsiz çöp dökümü halk sağlığını olduğu ka-



dar su ve toprak kaynaklarını da tehdit ediyor. Bu çarpık kentleşme, kentlerin çevresindeki yeşil alanları da yok etti. Ya denetimsiz yapılan evler? Bugün nüfusumuzun yaklaşık 20 milyonu "gecekondu" adı verilen ve denetimsiz yapılan evlerde oturuyor.

Böyle sorunlarla karşı karşıya gelmiş her toplumda olduğu gibi Türkiye'de de özellikle büyük kentlerde karşımıza şöyle bir tablo çıkıyor: Altyapı yok, yerleşim çarpık, büyüme tümüyle denetimsiz; nüfus patlamış durumda; doğa, tarih, hiçbir özelliği kalmamacasına kirletilip yozlaştırılıyor.

Bu karamsar tablonun yaşantımıza yansıyan pek çok olumsuzlukları var elbette. Burada bu olumsuzlukların birinden, sokaklarda yaşamını sürdürmeye çalışan hayvanlardan, özellikle de köpeklerden söz edeceğiz. Bu hayvanların ve onlarla birlikte yaşamlarını sürdüren insanların trajik boyutlara ulaşan ilişkileri üzerinde duracağız. Çevrebilim (ekoloji) etiği denen kavramdan çözüm arayacağız.

Kim Bunlar?...

Foucault'nun, insanbilimlerinin arkeolojisini çıkarmaya çalıştığı 'Kelimeler ve Şeyler' kitabında hayvanların sınıflandırılmasına yönelik bir Çin ansiklopedisinden alınmış bir betimleme var. Buna göre hayvanlar şöyle sıralandırılıyor: a) İmparatora ait olanlar, b) Mumyalanmış olanlar, c) Evciller, d) Süt domuzları, e) Sirenler, f) Olağanüstü olanlar, g) Sokak köpekleri, ...

Ne mutlu sokak köpeklerine ki hangi amaçla yazılırsa yazılsın böyle bir metinde "adam yerine" konup gruplamaya alınmışlar diye düşünebilirsiniz. Ya da o zamanlarda da sokakta yaşayan hayvanların ve bunlarla ilgili sorunların varlığından söz edebilirsiniz. Günümüzdeki bilimsel yazılı kaynaklara göreyse köpekler yırtıcı memeliler takımının bir ailesi. Bu aile içinde av köpekleri, çoban köpekleri, süs köpekleri gibi ırklar bulunuyor. Sokak köpeklerinden söz yok. Çünkü sokak köpekleri o sözü edilen av köpeklerinden, süs köpeklerinden ya da



çoban köpeklerinden farklı bir tür değil. Bu hayvanları insanlar, doğalarından koparmış, bir biçimde kente getirmiş, daha sonra da değişik gerekçelerle sokaklara salıverilmişlerdir. Sokaklarda yaşamının zorluklarına rağmen bu cins hayvanlar varolan çoğalma güdülerinden vazgeçmemişler, aralarında bir cins ayrımı yapmadan çoğalmışlar. Öyle ki dünyaya gelen melez köpekler diğer melezlerle çiftleşmiş; derken hem genetik anlamda hem de hastalıklara dayanıklılık bakımından çok güçlü birçok cinsin özelliklerini taşıyan kusursuz köpekler ortaya çıkmıştır. İşte bunlara şimdilerde sokak köpekleri diyoruz.

Sokak köpekleri karşısında genellikle şu türden sorular uyanır kafamızda: 1- "Acaba saldırır mı? Ya da sakın kuduz olmasın?" 2- "Aaa zavallı köpek

aç bîlaç sokaklarda; yazık!" 3- "İnsanların bile kıymeti yokken köpeklerin, hele de sokak köpeklerinin mi değeri olacak? Hadi canım sen de!" Bu düşüncelerin dokusunda gerçekte: korku, acıma, ve karşılaştırma iç içedir. Bir de nedendir bilinmez ama "sokak" sözcüğü bir başka sözcüğün başına gelip ona sıfat olduğunda olumsuz bir anlam yüklenir: "sokak kızı", "sokak kadını" ve "sokak çocuğu" vb.

Köpeklere dönelim yine. Çoğumuz biliriz sokaklarda yaşamının zorluğunu. Eğer bilmiyorsak da en azından tahmin edebiliriz. Çöplüklerde aranan gıdalar, çamurlu sokaklar, yaşam mücadelesindeki kavgı dövüş. Sonuçta kir pas içinde postlarıyla, kışın içindeki vücutlarıyla, birçok insan için birer korku ögesi olarak görüyorlar, dolayısıyla sorun oluyorlar.

Sorunlar çözümlerle giderilir. Kimi kişiler sorunu toplu yoketmeyle çözüveriyorlar. Örneğin, Internet'te Türkiye'ye ait evcil hayvanlar sayfasında bu konu tartışmaya açılmış. Konu sokak köpekleri. Görüş şöyle: "Sokak köpekleri öldürülmelidir. Damdan düşenin halinden damdan düşen anlarım. Bir köpek tarafından ısırılıp da kuduz aşısı olup, 45 gün ha kudurdum ha kuduracağım diye beklemenin ızdırabını yaşayanlar bilir. Bu olay yıllar önce olmuştu. Şimdiyse bir baba olarak aynı korkuyu çocuklarım için yaşamaktayım. Yeter beee."

Görüldüğü gibi bu yazıyı yazan kişi çözümü öldürmede görüyor. Mesaja yanıt verenlerden gelen bazı görüşlerse şöyle: "Peki sonuç üret. Ne yapalım. 'Yeter beee' demek kolay. Tüm med-



yanın yaptığı yanlış katılıp bağcıyı mı döveceksin yoksa üzüm mü yiyeceksin? Çözümün ne? Lütfen unutma, trafik kazaları rakamları ile karşılaştırınca devede kulak bile kalmıyor. Ne maddi ne de manevi olarak. Hem de kolay eğitilebilir, akıllı kategorisindeki insanlarca yapılıyor bu kazalar. Aptal köpekler kuduz olmaya çalışmıyorlar. Yaşamaya, kuduzdan kaçmaya çalışıyorlar. Hem de ellerinde direksiyon, ayaklarında gaz pedalı olmadan. Hadi trafik kazalarına da engel ol. Çocuğu kazada ölen babayı teskin et. Yeter beeee diye bağır....!"

Bir başka yanıtı şöyle: "Ben de sizin gibi kuduz aşıları oldum; hem de karnımdan; ama sizin bilgi eksikliğiniz var ne yazık ki. Sokaktaki her hayvanı öldürerek bunu çözemezsiniz. Fareler insanlara neler yapar biliyor musunuz? Çook hastalık bulaştırır. Kedileri köpekleri öldürün de görün neler olacağını. Son derece bilgisizce bir intikam alma yönteminiz var... Bu kadar korkmanıza gerek yok. Şu ana kadar sizin gibi insanların korkuları kullanılarak sokaklarda vahşet yapılıyor. Bilinçli olun ve kendinizi kullandırmayın."

Bir başka yanıt: "Kimileri, hayvanla insan arasındaki farkı akıl olarak tanımlar. Şöyle bir bakalım. İnsanlık aklını kullansaydı bugün köpeklerin öldürülmesinden söz edilebilir miydi? Akıllı olmayan bu hayvanlar bir hastalık taşıdığı için bundan sorumlu tutulabilir mi?

Bugün yaşadığımız uygarlığın temelinde ne kadar insan emeği varsa o kadar da bu evcilleştirip açıkça sömürdüğümüz hayvanların emeği vardır. Kedisiz bir kentte küçük kemirgenler nedeniyle tarihte oluşmuş büyük salgınları ne çabuk unutuyoruz. Osmanlı'nın belediye hizmeti içindeki 'karabaşnameleri' ne demek...Yüzyıllarca pisliğiyle deri tabakladığımız ve kırsalda vahşi hayvanlara karşı bizi koruyan köpeklerin, belediye otobüslerine takılan dijital tabelalara harcanan bir bütçeyle çok öncesinden sağlık sorunları ele alınamaz mıydı?..."

Bir başkası: "Kuduz tehlikesi dün vardı bugün de var yarın da olacak, bu olay bence basın tarafından biraz abartıldı, yani eminim ülkemizde bundan

önce de bazı insanlar bizim hiç habermiz olmadan öldüler.. Kuduzdan ölenler için içim parçalandı, korkunç bir olay, ama bu gezegen sadece bizlerin yaşaması için var olmadı. Sokak köpeklerinin itlaf edilmesine karşıyım, ama bilinçli bir programla kısırlaştırılarak bunların sayısının minimuma indirilmesi mümkün olsaydı daha iyi olurdu diye düşünüyorum. Bir yerde birini bir köpek ısıyor haydi eline tüfeği alan köpek avına çıkıyor... Düşünün bir köpeğin kuduz olmasının suçunu bütün köpekler çekiyor, bence bu çok yanlış, ilkel ve vahşice bir tutum."

Örnek olarak seçtiğimiz yanıtlarda olduğu kadar mesajların hemen tamamında insanlar soruna daha akılcı çözümler bulmaya çalışmışlar. Ama bazıları çok ama çok endişeli. Bu insanlar,



öldürmeyi öneren kişi gibi kendileri kadar çocukları için kendilerine göre haklı nedenlerle endişeliler. Özellikle gazete ve televizyonlarda sık sık okudukları ve izledikleri ısırilma ve kuduz haberleriyle sokak köpeklerini bir tehdit olarak görüyorlar. Nasıl olur bilmiyorlar; ama bu soruna bir çözüm bulunmasını istiyorlar. Çare olarak da kimi topluca öldürülmelerini, ya da daha kibarca olduğunu düşündüğü bir ifadeyle 'uyutulmalarını' istiyor. Kimiyse barınaklara toplanmalarını. Başka çözümler de var: "Başiboş hayvanların sağlıklı olanlarını ayırıp yurtdışına yollayabiliriz. Oradaki hayvanseven derneklerle koordine bir şekilde çalışıp bu işi halledebilecek derneklerimiz yok mu acaba? Örneğin ABD bu konuda en ileri ülkelerden biri. ABD'ye yollasak olmaz mı?"

Yukarıda kısaca değindiğimiz o çarpık kentleşmenin sonucu ortaya çı-

kan tabloda, insan yaşamının ne kadar tehlikelerle dolu olduğu ortada. İçme sularına karışan kanalizasyon sularından tutun da, trafikte her saniye riskler altında bulunmamıza kadar bu konuda pek çok örnek verilebilir. Bu örnekler gibi, 2000 yılında, yaşamımızı yakından ilgilendiren sorunlardan biri sokak hayvanları. İnsanlar arasında korku yaratması da çok doğal. Ama çözüm ne? Uyutulmaları mı? Barınaklara kapatılmaları mı? İhraç edilmeleri mi? Kısırlaştırılıp, aşılanıp salıverilmeleri mi?

Yaşama Hakkına Saygı Ahlaksal Bir Yükümlülüktür...

Bazı insanlar bu konuyu ahlaksal bir boyuttan değerlendiriyorlar ve sokaktaki hayvanların, daha geniş bağlamda da doğanın avukatlığını yapıyorlar. Bu insanlar ne 'çaçaron', ne 'entel', ne de yapılan birçok anlamsız yakıştırmayı hak ediyorlar. Çünkü ahlaksal sorumluluğu göz ardı etmeden, dünyayı salt insan egemenliğinde değerlendirmeden çözümler arıyorlar. Doğaya ait hakları temsil ederek; bitki ve hayvanlar adına konuşuyorlar. Bitki ve hayvanların türlerini

korumak, hayvanları korumak, araştırmalarda hayvanların denek olarak kullanılmasını sınırlandırmak, çevre koşullarının iyileştirilmesi yolunda çabalar harcamak, hayvanlar için hukuksal bir düzenlemenin olmasını sağlamak, bu insanlara göre ahlaksal bir sorumluluk.

Adına bilimsel olarak 'ekoloji etiği' de denen bu kavram birtakım uyarılarda bulunuyor insana. İnsanların hem kendilerinin, hem de çocuklarının, torunlarının iyiliği ve refaha ulaşması için doğanın bir malzeme deposu olarak görülmemesini öngörüyor. Çevre-bilim denildiğinde yalnızca insan akla gelmiyor. Çevre-bilim bu dünyayı paylaştığımız diğer canlıların birbirleri ve çevreleriyle olan ilişkilerini anımsatıyor.

Gerçekten de, yüzyıllardır, sürekli ve düzenli bir biçimde dünyayı sömüren insan, yaptıklarının bedelini artık görmezlikten gelemiyor. Bu sömürü

öyle boyutlara ulaştı ki, çevreye karşı yeni bir ahlâksal sorumluluk etiği yadsınamayacak bir gerçek oldu. Nietzsche, bütün insanları belirleyen tek şeyin "çevreye hükmetme gücü/iktidarı ele geçirme isteği" olduğunu ve bunun insan doğasının merkezinde olduğunu söylemiş. Çevrebilim etiğiye, insana şunu söylüyor: Artık doğaya bakışını değiştir. Kendini ondan üstün görmekten vazgeç ve yalnızca kendi çıkarlarını değil yaşamı paylaşacağın herşeyin çıkarını da gözet ve bu sınırlı dünyada, insancıl bir çevrebilimsel adalet kuramı oluştursun.

İşte insanlığın dünya üzerinde son-
suza değin varlığını sürdürmesinin ko-
şullarını hem tehlikeye sokmamak
hem de insanın gelecekte, geçmişten
sorumlu tutulmamasını sağlamak için
bu sorumluluğu taşıyor bu insanlar.
Daha yalın bir anlatımla, kendinden
daha güçsüz olanların da yaşam hakkı-
na saygı duyuyorlar.

Bu yaklaşımdan hareketle sokakta
yaşayan hayvanlar için çözümler arı-
yorlar.

Elbette insan yaşamı çok önemli-
dir. Elbette 2000 yılında insanlar ku-
duzdan, soğuk algınlığından, uyuzdan,
vebadan... yaşamını yitirmemelidir.
2000 yılında insanlar ülkemizin içinde
bulunduğu, çarpık kentleşmenin ge-
tirdiği diğer sorunları da yaşamamalı-
dır. Trafikte de yaşamını kaybetme-
meli, derme çatma evlerde salt barın-
ma gereksinimi uğruna yaşamamalıdır.
İnsanların değerini belirten daha pek
çok şey sıralayabiliriz. Ama bu gerek-
leri insan için var kabul edip diğer can-
lıları yok sayarsak; yani kendimizi en



üste koyup bir sıralamaya girersek, sı-
ranın en altındakiler bir gün gelir kar-
şımıza dikiliverir; tıpkı sokak köpek-
leri gibi. Yok ederek sorunu çözümleme-
ye kalkarsak da birgün sıra kendimize
gelir. İnsanlar arasında bir sıralama
başlar.

Canlısı, cansız, hayvanı, insanıyla
tüm dünyayı bir ev olarak bilir, sistemi
değişik parçalardan oluşan ve birbiri-
le bağıntılı bir ünite olarak kabul eder-
sek, yok etmek sözcüğünün asla çö-
züm olmayacağını hemen kavrayabile-
ceğiz.

Sargun Tont, Sulak Bir Gezegen-
den Öyküler kitabında şunları söylü-
yor: "Ekolojide önemli olan ilişkiler ve
ekosistem anlayışıdır... Doğada birbir-
leri ve çevreleriyle belirli ilişkiler kur-
muş canlılardan oluşan, varlığı diğer
ünitelerden az çok ayrılabilen ünitele-
re ekosistem denir. Ekosistem bazan
coğrafik olarak tanımlanırsa da, burada
önemli olan hayvan, bitki ve böcek-
le-

rin oluşturduğu dinamik besin zincir-
leri ve bu zincirlerden oluşan besin ağ-
larıdır... Charles Elton, Hayvan Top-
luluğu adlı kitabında bunu şöyle açık-
lar: "Büyük balık küçük balığı yer; kü-
çük balık su böceklerini yer; su böcek-
leri bitki ve çamuru yer... Çok basit
bir ekosistemde, otlar, otları yiyen fa-
re, fareyi yiyen kuş, üç halkadan olu-
şan bir besin zincirini oluşturur. Tabii
doğada her canlı yalnızca tek bir cins
ot ya da hayvan yemediği için verilen
örnekteki zincirin halkalarına yeni zin-
cirler eklenir. Bunun bir diyagramını
çizersek ortaya balık ağına benzeyen
bir şekil çıkar. Burada önemli olan
nokta iç içe geçmiş bağlantılar ya da
halkalardan birinin devre dışı kalması
halidir. Çünkü bu durumda bütün
ekosistem aksayacaktır."

O halde önemli olan doğal dengeyi
aksatmadan; dolayısıyla çevre sorunla-
rına neden olmadan sorunlara çözüm
bulmaktır. Bu noktada ekoloji bilimi
ister hoşlanalım ister hoşlanmayalım
şöyle diyor, yine Sargun Tont'un kita-
bından bir alıntı yaparak açıklayalım:
"Bir ekosistemin nasıl çalıştığını anla-
madan bir çeşit doğa tamirciliğine so-
yunmak anatomi ve fizyoloji bilmeden
tıp doktorluğu yapmaya benzer."

O halde sorunun çözümünü, bilim-
sel ve ahlâksal sorumlulukla ele alan
kişi ve kuruluşlara bırakalım. Bıraka-
lım sorunu veterinerler, gönüllü kuru-
luşlar, belediyeler, ilgili bakanlıklar,
bilimsel araştırma kurumları bir araya
gelip çözümlensinler. Sokaklardaki po-
tansiyel tehlikeler olmasın. Ama yok
ederek değil. Bu konuda soruna de-
ğindiğimiz noktadan çözüm arayanlar
şöyle söylüyorlar: Büyük bir istekle

Koru ve Sev...



Sokak hayvanları konusunda çaba sarfe-
den gönüllü kuruluşlardan biri de Korusev.
Korusev Derneği'nin en önemli amacı, insa-
nın çeşitli kaynaklardan aldığı gücü yapıcı
amaçlar için kullanmasını sağlamak ve zor-
luklar, eziyet ve ölüm tehlikesi içinde yaşayan
hayvanlara yardım etmek. Sokaklarda açlık,
soğuk, susuzluk ve en önemlisi insan eziye-

tine rağmen yaşamaya çalışan hayvanların
yaşamlarını kolaylaştırmayı insan olmanın ge-
reği olarak gören dernek, insanı evrenin sınır-
sız ve sorumsuz hakimi değil, yaşadığı dün-
yanın bir parçası kabul ediyor.

Korusev Derneği, başta bilinçlendirme ve
eğitim olmak üzere, kısırlaştırma, tedavi, aşıla-
ma, sahiplendirme gibi çalışmalarda bulun-
makta. Çankaya Belediyesi'nin 100. Yılı'nda bu-
lunan barınağında 600 hayvanın sorumluluğu-
nu alan dernek hayvan seven ya da sevmeyen
ayırt etmeden in-
sanları yaşamı
paylaştıkları canlı-
lara el vermeye
çağırıyor.

Korusev Derneği'ne eri-
şebileceğiniz Bannak
telefon numarası: (312)
285 97 58



köpek alıp, hevesi geçince köpeğini sokağa atanların, köpeklerini yavrulayıp, yavrularını sokağa bırakanların ol-mamasını sağlayacak önlemler alınsın. İthal edilen hayvanlar olmasın, pets-hoplarda ‘markalı’ köpek alımı yüksek vergilerle cezalandırılsın; köpekle ya-şamak isteyenler yuva bekleyen bin-lerce köpeğe aile olsunlar. Sokak kö-pekleri rehabilite edilsin, aşılsın, kısırlaştırılsın. Onlar için barınaklar oluş-turulsun, ama bu barınakların işletil-mesi birkaç gönüllünün çabasına bira-kılmasın. Devlet ve sivil toplum örgüt-leri işbirliği içinde olsun. Çocuklarımızın eğitimine de önem vermeliyiz, en azından pratik ölçütler konusunda. Eğitimi verecek olan başta aile ve öğ-retmendir. Başta bu ikili, çocuklara bencilliği değil birlikte yaşamının önemini ve gerekliliğini kavratsın. Ar-tık ülkemizde hayvan haklarını da gö-zetecek bir yasa olsun.

15 Ekim 1978’de Paris’te UNES-CO evinde ilan edilen Hayvan Hakla-rı Evrensel Bildirgesi’nde yer alan il-keleri de aktarıp yazımızı bağlayalım. Bu ilkeler sorunun çözümünde uyaca-ğımız ahlaksal sorumluluğumuzu da bizlere anımsatıyor.

Hayvanların korunmalarını, bakım ve sağlıklı yaşamlarını sağlamak için gerekli tüm önlemleri almak, varolan önlemleri artırmak; İnsanlarla olan iliş-kilerinde hayvan sevgisini yaygınlaş-tırmak, pozitif bilimin ışığı altında hayvanlarla olan ilişkileri geliştirmek, bu yönde insanları eğitmek; hayvanla-rın korunmaları, muhtaç olanların ba-kılmaları, yaşam koşullarının en üst se-viyede tutulmasının temini amacıyla, mevcut yasa hükümlerinin uygulan-masını sağlamak, yeni yasa önerileri geliştirmek ve yasalaşması doğrultu-sunda çalışmalarda bulunmak. Başta hayvanların sağlığı ve refahı olmak üzere, insan sağlığına da gereken öne-mi vererek, toplumda insan-hayvan ilişkisini sağlıklı bir biçimde kurmak ve bunu sağlam temellere dayandır-mak.

Gülgün Akbaba

Konu Danışmanı: Gülgün Tuna

Yrd. Doç. Dr., Bilkent Üniversitesi Uluslararası İlişkiler Böl.

Kaynaklar

Demirsoy A. “Yaşamın Temel Kuralları, Cilt 3 Kısım 2” Ankara, 1997.
Tont S. “Sulak Bir Gezegendeki Öyküler”, Ankara 1997.

Soykan N.Ö. “Türkiye’nin Felsefe Manzaraları” İstanbul, 1998.

http://www.cevre.gov.tr/cevpo.htm

http://www.dergi.org/091999/0603.htm

http://www.dergi.org/111999/0216.htm

http://iq.turk.net/forum/yasam/evcilhay.nsf/

Toplumsal Bakış

İtlafa Karşıyız

Sokakta yaşamını sürdüren hayvanların top-luca öldürülmesine Ankara Büyükşehir Be-le-diyesi olarak karşıyız. Son 6 yıldır sürdürdüğümüz aşılama, kısırlaştırma çalışmaları nedeniyle de Ankara’da kuduz konusunda bir tehlike ol-madığını düşünüyoruz. Ancak bir kısım medya-nın özellikle son günlerde İstanbul’da yaşanan olayları verişi sorumluluk bilincinden çok uzak. Dolayısıyla insanlarımızın bu hayvanlara bakışını da olumsuz yönde etkiledi.

Biz Büyükşehir Belediyesi olarak aşılama, kısırlaştırma ve sahiplendirme çalışmalarımızla bu konuyu 3 yıl içinde çözümlenebileceğimizi düşünüyoruz.

Fatih Hatipoğlu

Ankara Büyükşehir Belediyesi Sağlık Dairesi Başkanı

Hayvanların Korunması Konusunda...

Hayvanları korumak ahlaki bir sorumluluk oldu-ğu kadar çevre etiği açısından da bakanlığımızı ilgilendirmektedir. Dolayısıyla, sahihsiz hayvan-ların korunması kapsamında sokak köpekleri de korunmalıdır.

Ülkemizde hayvan itlafının önlenebilmesi için temel şart, onların bir yasa ile sayılarını kontrol altına alacak düzenle-meleri getirmektir. Böylece aşırı hayvan artışından rahat-sız olan insanlar hem de bu hayvanlara bugüne kadar uy-gulanan insanlıkdışı uygula-malardan rahatsız olanlara çözümler sunacaktır. Bakan-lığımız bu yasa, Hayvanları Koruma Kanunu tasarsını meclis genel kuruluna kadar intikal ettirmiştir. Bu yasanın bir an önce meclisten çıkma-sını bekliyoruz.

Sağlık Bakanlığı’nın açık-lamalarna göre, yalnızca hay- van ısınk vakaları için harca-nan 40 trilyonun bir kısmı ile bu hayvanlar, in-sancıl çözümlerle kontrol altına alınabilir ve so-run olmaktan çıkabilir.

Nadiye Beker

Çevre Bakanlığı Çevre Koruma Genel Müdürlüğü

Hayvanları Koruma Daire Başkanı

Tüm Canlıların Doğuştan Hakları Vardır

Tüm bilinçli ve duyarlı canlıların, türü, ırkı, ze-kâ derecesi, yetenekleri ne olursa olsun, hepsi-nin doğuştan eşit, temel hakları vardır. Her bir canlının kendisine ait, diğerlerinden bağımsız bir değeri vardır. Bu temel ilke üzerinde birleşebilir-sek, hayvanların da haklarına saygı göstermeyi ahlâki bir ödev olarak kabul edeceğiz.

Gülgün Tuna

KORUSEV Vakfı Ankara Temsilcilerinden

İnsan Doğayla Uyumlu Bir Yaşam Sürdürmek Zorundadır

Gerek evrimsel gerekse ekosistemik olarak doğanın ayrılmaz ve bütünleyici bir parçası olan insan doğayla uyumlu bir yaşam sürdürmek du-rumundadır. Ekoahlâk ilkelerine göre insan do-ğaya saygı göstermeli, çevresiyle bütünleşme-li ve doğanın bir parçası olduğunu unutmamalıdır. Dünyadaki diğer canlılara ekonomik değer taşıyan bir kaynak olarak değil, dünyayı paylaştığı ve birlikte varolduğu bir şey olarak bakmalı-

dır. Bu anlayışla insanı, “değer taşımadığını” dü-şündüğü canlıları yok etmek yerine, onlarla bir-likte çevreye uyumlu bir şekilde yaşamalıdır.

Mesia Saat

KORUSEV Vakfı

Başiboş Hayvanlar İtlat Edilmelidir

Sokaklarda başiboş köpeklerle dolaşsın di-yenler, televizyonda, gazetelerde kudurarak ölen çocukların ailelerinin dramlarını seyretmi-yor musunuz?

İsmi açıklamadı

Birlikte Yaşamının Yollarını Aramalıyız

Köpeklerin sayılarını kontrol altına alabilmek için park ve barınaklar kurulmalı. Hayvanların alındıkları yerler kaydedilmek suretiyle toplan-malı, kısırlaştırmaları ve ameliyat sonrası bakımları yapıp, aşılanmalı ve alındıkları ortama bira-kılmalı.

Aysan Sümercan

Çözüm, Hayvan Hakları Yasası’nda

Yok etmek yerine çareler üretilip, koruma al-tına almak amacımız olmalı. Olası riskleri orta-

dan kaldırmak içinse beledi-yelerle sivil toplum örgütleri-nin el ele verip kısırlaştırma operasyonu ve sağlık taraması yapması şart. Ve her şeyden önemlisi hayvan hak-ları yasası. Bu yasa birçok sorunun çözümünde anahtar olacak.

Mine Eren

Meliha Yılmaz Vakfı Başkanı

Pako’ya Mektuplar’dan Alıntı

Yüksek yüksek binaları olan bir şehirde, yüksek bi-naların önünde bir köpek yavrusu vahşice vurulursa, o

yüksek binalar uygarlık için asla yeterli değildir.

Bekir Coşkun

Gazeteci, Yazar

Önce İnsan

Kendimi bildim bileli hiçbir hayvanı öldürme-dim. Belki bilmeden karıncaları ezmiş olabilirim. Bu dünya tüm canlılar için ama önce insan için, özellikle yarı bu dünyayı miras bırakacağımız çocuklarımız için.

Hasan Gündoğdu

Yaşam Bir Armağandır

Ülkemizde bir hayvanın bakımını üstlenmek çok zor. Bunu biliyorum, çünkü 4 sokak köpe-ği ve bir kanadı kırık güvercinin sorumluluğunu üzerine almış biri olarak, onlarla yaşamı paylaş-manın zorluklarını her gün yaşıyorum. Ama he-men baştan belirteyim ki yaşanan tüm olum-suzluklara karşın onlarla birlikte geçirdiğim her anı yaşantıma sunulmuş bir armağan olarak görüyorum. Tıpkı Behramoğlu’nun yaşamı bir armağan olarak kabul etmesi gibi, ben de ya-şamın insan, hayvan, bitki, velhasıl var olan canlılarla anlam kazandığını düşünüyor ve on-larla yaşamının tadına olabildiğince varmaya çalışıyorum.

İskender Çetin

Doğa Zekâsı

Küçük avcı grubu, toynak ve diğer vahşi hayvan izleriyle kaplı patikayı takip eder. Bir an için ağaçların altında dururlar. Yere çömelerek, izleri daha dikkatle incelerler. İzlemekte oldukları patika bir başkasıyla kesişmektedir. Hemencecik hangi hayvandan kaç tanesinin, hangi hızla, ne kadar zaman önce geçtiğine; hangi yaşlarda, dişi mi erkek mi, yaralı mı sağlam mı olduğuna, kendilerinden önce başka avcılarının yoldan geçip geçmediğine; grubun avın üstesinden gelip gelemeyeceğine; gelebilecekse bunun ne kadar zaman süreceğine karar verirler. Hemen ardından ellerini izleyecekleri patikaya hafifçe vurup, dişlerinin arasından rüzgâr gibi hafif bir ses çıkarır ve hemen fırlarlar. Sırtlarındaki yay ve zehirli oklarına karşın, maraton hızında saatlerce koşarlar. Hemen her zaman, toprakta okudukları mesaj onları doğru sonuca götürür. Gnuları, boğa antiloplarını ya da okapileri tahmin ettikleri yerde düştükleri sayıda ve durumda bulurlar. Av başarıyla sona ermiştir. Et geçici kamplarına taşınır ve herkes doyar.

Carl Sagan'ın *Karanlık Bir Dünya-da Bilimin Mum Işığı* adlı yapıtından alınmış bu av betimlemesi, Afrika'da Kalahari Çölü'nde yaşayan Kung San halkıyla ilgili. Soyları tükenmekte olan bu halk, uzun bir süre boyunca insanbilimciler için araştırma konusu olmuştu. İnsanlık tarihinin avcı-toplayıcı yaşam biçiminin tipik bir örneği sayılan bu insanlar nasıl olup da doğayı bu kadar ustaca değerlendiriyorlar, tek bir veriden çok sayıda sonuç çıkarabiliyorlar? Hep bir merak konusuy-

du bu. Avcı-toplayıcılar, insanların izini sürmede de oldukça başarılıydılar. Grubun her üyesi ayak izinden tanınabiliyordu. Öyle ki yerde gördüğü izleri inceleyen bir avcı "Hey bakın, Tünu kayınbiraderiyle birlikte geçmiş buradan. İyi de peki oğlu nerede" biçiminde bir yorum yapabiliyordu. Bu halkı inceleyen insanbilimci Richard Lee, bu konuya ilişkin gözlemleri sonucunda şöyle bir sonuca ulaşmıştı: Çukurlukların biçimini dikkatle inceliyorlar. Hızlı devinen bir hayvanın ayak izleri, daha ince-uzun yapıda bir simetri sergiler. Hafifçe yaralı bir hayvan yaralı ayağına özen gösterir, ona daha az ağırlık bindirir ve daha yüzeysel bir iz bırakır. Ağır bir hayvanın ayağı ise yerde daha derin ve geniş bir çukur açar. Bağıntı işlevleri avcının kafasındadır. Gün bo-



Bitkiler, hayvanlar, taşlar, fosillerle ilgileniyor musunuz? Türleri tanımlayıp birbirlerinden ayırt edebiliyor musunuz? Canlı ve cansız tüm varlıklarla nasıl bir etkileşim içindesiniz? Doğadaki değişiklikleri kolayca fark edebiliyor musunuz? En azından bu sorular ilginizi çekti mi? O zaman belki siz de...

yunca ayak izleri biraz silinir. Çukurların kenarları ufalanmaya yüz tutar. Rüzgârın savurduğu kumlar çukurun dibinde birikir. Hatta yaprak ve dal parçaları ya da çimen de girer bu çukurlara. Ne kadar çok beklerseniz, o denli çok aşınma olur.

Kung San halkı gibi avcı-toplayıcı toplumların bitki toplayıcılığı da yapması gerekiyordu. Bitki toplamak içinse birçok bitkinin özelliğini bilerek birini ötekinden ayırmaları zorunludur. Bunu yapmada da sınıflandırma uzmanı bir bilim adamı kadar ustaydılar. Bu insanların bir başka özelliği de bölgelerini bir haritacı kadar iyi tanımlarıydı.

Kung San halkı ya da Avustralya'da yaşayan Aborijinler gibi pek çok halkın sahip olduğu tüm bu beceriler yaşadıkları ortamların özellikleri ve kültürleriyle biçimleniyor. Ancak, Harvard Üniversitesi Eğitim Bölümü'nden Howard Gardner insanların doğayı böylesine anlayabilmelerine daha farklı bir yaklaşımla bakıyor. Howard Gardner, 1983 yılında yazdığı *Frames of Mind, The Theory of Multiple Intelligences* (Düşünüş Biçimi, Çoklu Zekâ Kuramı) adlı kitabında insan zekâsının yedi, hatta yediden fazla sayıda olduğunu ileri sürmüştü. Birkaç yıl önceyse Howard Gardner, sekizinci zekâ olarak "doğa zekâsı" kavramını ortaya koydu. Gardner'ın doğa zekâsı

kavramıyla belirtmeye çalıştığı, kısaca insanların doğadaki varlıkları, bitkileri, mineralleri, hayvanları tanıma ve sınıflandırma yetenekleridir.

Zekânın, bir ya da daha çok kültürde değer verilen bir şeyi yapabilme ya da problem çözebilmeyle ilgili yeteneklerden oluştuğunu düşünen Gardner, geleneksel zekâ kavramını kısıtlı buluyor. Ona göre, geleneksel zekâ kavramı, insan zekâsının yalnızca dil ve mantıksal-matematiksel yönlerini kapsıyor. Oysa Gardner, bir problemi çözmeye ya da farklı bir yoldan bir ürün yaratma yeteneğine değer veren bir kültür için, belirli bir yeteneğin zekâ olarak kabul edilmesi gerektiği görüşündeydi. Ancak, bir yeteneğin zekâ olarak kabul edilebilmesi için başka bazı ölçütlere de uygun olması gerekiyordu. Gardner şöyle sıralıyor bu ölçütleri:

- Beyinde yeteneği temsil eden özel bir bölge var mı?
- Belirli bir zekâ açısından özellikle iyi ya da özellikle zayıf olan popülasyonlar var mı?
- Belirli bir zekânın evrimsel tarihi hayvanlarda da görülebiliyor mu?

Gardner, bu ölçütlere uygun olarak yedi farklı zekâ tanımlamıştı. Bunlar, dil zekâsı, mantıksal-matematiksel zekâ, uzamsal zekâ, bedensel-duyudevinimsel zekâ, müzikal-ritmik zekâ, sosyal zekâ, özedönük zekâydı. Gardner, bu kuramı ilk olarak ileri sürdüğü yıllarda bile zekânın yediden daha fazla sayıda olabileceğini belirtmişti. Nitekim, birkaç yıl önce “doğa zekâsı” (naturalist intelligence) olarak adlandırılacak sekizinci bir zekâ olduğunu ileri süren Gardner, zekânın dokuzuncu bir yönü üzerinde de çalışmalarını sürdürüyor. Dokuzuncu zekânın varoluşla ilgili olduğunu düşünen Gardner buna “varoluş zekâsı” (existential intelligence) adını veriyor. Ancak, çalışmaların nasıl bir sonuç ortaya çıkaracağı daha belli değil. Sonuçlar, belki de zekânın varoluşla ilgili bir yönünün olmadığını ortaya koyacak.



Çoklu Zekâ Kuramına Göre

Gardner'dan önce işlevsel açıdan tanımlanan zekâ, bir bireyin belirli bir testten aldığı puanla değerlendiriliyordu. Günümüzde kullanılan bu testlerin bir bireye uygulanması sonucu elde edilen istatistik veriler, o bireyin zekâsının göstergesi olarak kabul ediliyor. Elde edilen puana da zekâ bölümü (Intelligence Quotient: IQ) adı veriliyor. Zekâ bölümünü ölçmede kullanılan testler bireylerin yalnızca dil ve matematikle ilgili becerilerine ilişkin sonuç veriyor. Zekâ bölümü için belirli puan aralıklarının belirli zekâ düzeylerini gösterdiği düşünülüyor. Örneğin, zekâ bölümü 131'in üzerinde olanlar dâhi, 100 civarında olanlar, ortalama zekâ sahibi olarak kabul ediliyorlar. Zekâ bölümünün kesin yargılarla yorumlanmasına karşı çıkınlarsa örneğin, zekâ bölümü 128 olan bir bireyin neden dâhi kabul



bölümü için belirli puan aralıklarının belirli zekâ düzeylerini gösterdiği düşünülüyor. Örneğin, zekâ bölümü 131'in üzerinde olanlar dâhi, 100 civarında olanlar, ortalama zekâ sahibi olarak kabul ediliyorlar. Zekâ bölümünün kesin yargılarla yorumlanmasına karşı çıkınlarsa örneğin, zekâ bölümü 128 olan bir bireyin neden dâhi kabul



edilmeyeceğinin sorgulanması gerektiğini düşünüyorlar.

Gardner, önce de belirttiğimiz gibi, zekâyı daha geniş bir kapsam içerisinde ele alıyor. Ona göre, her bireyin birbirinden bağımsız sekiz farklı zekâsı var. Bu kuramın geleneksel zekâ kavramından farkı, zekâyı çoğul olarak ele alıp bireyin problem çözme, iletişim kurma ve öğrenme becerilerini çok

çeşitli yollardan gerçekleştirdiğini kabul etmesidir. Gardner, her bireyin bu zekâ alanlarının her birine değişik ölçülerde sahip olduğunu düşünmektedir. Gerçekte insanların yaptığı pek çok etkinlik bu zekâ alanlarının birbiriyle kaynaşıp etkileşmesiyle gerçekleşiyor. Belirli kültürlerde bazı etkinlikler için belirli bazı zekâ alanlarının kullanımı daha yaygındır ve daha çok kabul görür; ancak zekânın yanlış ya da doğru kullanımı diye bir şey söz konusu değildir.

Çoklu zekâ kuramı, başta ABD olmak üzere dünyada giderek daha çok kabul görmeye başladı. Bugün, dünyada pek çok okul bu kuramı eğitimine temel almaktadır. Eğitimcilerin bu kurama giderek daha çok ilgi göstermesinin önemli bir nedeni, farklı zekâ alanlarına seslenen araçların ve öğretim yöntemlerinin öğrenmeyi kolaylaştırması ve zevkli hale getirmesidir. Örneğin, grafik çizmeyi bedensel-duyudevinimsel yoldan öğrenebilirsiniz. ABD'de bir lisede tuğlaları üst üste dizerek x ve y eksenlerini oluşturan öğrenciler, kendi boylarının grafiğini oluşturmuşlardır. Sadece öğretmenin anlattıklarını dinlemektense bedenlerini kullanarak grafik oluşturmayı öğrenmek daha kolay olsa gerek.

Öğretim yöntemi açısından çoklu zekâ kuramı, geleneksel zekâ testlerinin ön plana çıkardığı dil ve matematikte pek de iyi olmayan bireylerin daha iyi oldukları yönlerini açığa çıkararak gelişimlerini desteklediğinden, daha çok yarar sağlar. Böylece yalnızca dil ya da matematik yönünden “akıllı” olanların değil, başka alanlarda yetenekli olan bireylerin de gelişimlerini olumlu yönde sürdürmelerine olanak sağlamaktadır.



Doğa Zekâsı

Alan Moorehead, *Darwin ve Beagle Serüveni* adlı kitabında evrim kuramının temelini oluşturacağı o önemli Beagle gezisine henüz çıkmamış olan genç Darwin'i şöyle tanımlıyor:

Sadece bir yönüyle, doğa bilimlerine duyduğu olağanüstü ve coşkulu ilgiyle herkesten farklıydı. Kırıldaki her şey ona mutluluk veriyordu. Çiçekler, taşlar, kelebekler, kuşlar, örümcekler... Çocukluğundan beri ancak tutkulu bir amatöre ya da gerçek bir profesyonele yaraşan derin bir ilgi ile bütün bunların koleksiyonunu yapıyordu. O aralar özellikle de böceklerle merak sarmıştı. Bunların değişik türleri, odasında düzenli bir şekilde yerleştirilmişti. Bir gün bir ağaç kabuğu üzerinde ender rastlanan iki böcek gördü. Bunu kaçırmaya dayanamazdı. Sağ elini boşaltmak için böceklerden birini ağzına attıysa da böcek aniden keskin ve yakıcı bir sıvı salgılayınca tükürmek zorunda kaldı. Darwin'i üzen tek şey ise, iki değerli böcek türünü elinden kaçırmış olmasıydı. Bir ara, böcek toplamada ona yardımcı olacak bir adam bile tuttu. Ancak, en iyi örnekleri bir kınkanatlılar koleksiyoncusuna el altından verdiğini öğrendiğinde, adamı az daha merdivenden aşağı tekmeleyordu.

Darwin bu koleksiyonculuk tutkusunu, atıcılık ve avlanmak gibi, bir yan uğraş, bir hobi ve eğlence olarak görüyordu. Hayattaki tek uğraşları ise, nefret ettiği klasik bilimler ile hiç anlayamadığı matematik (Mektuplarına yanıt vermeyen bir arkadaşına "anladığım kadarıyla iki kulaç derinliğinde matematiğe gömüldün; öyle ise tanrı yardımcın olsun. Ben de aynı durumdayım ama arada bir fark var, ben dip-

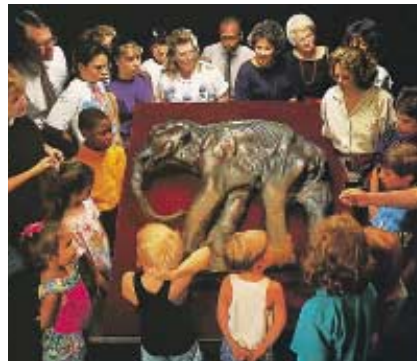
teki çamura saplandım ve öyle de kalacağım." diye yazmıştı) ve gerçekten yatkın olduğuna gizliden gizliye inandığı Kilise ile ilgili olanlardı. Ancak Cambridge'de hem bir rahip hem de botanik profesörü olan hocası Profesör Henslow, onun doğa bilimlerine olan ilgisini körüklüyordu. Onu cuma akşamlarının ünlü sohbet toplantılarına davet etmiş, botanik yürüyüşlerinde, Cam Nehri'nde yaptığı kayak gezintilerinde yanına almış, hatta Darwin'i önceleri hep kaçındığı jeolojiyi öğrenmeye bile ikna etmişti.

Alan Moorehead'in böyle tanıttığı Darwin, daha sonra Beagle gemisiyle uzun süren bir yolculuğa çıktı ve gelecekte evrim kuramının temelini oluşturacak gözlemlerini o gezide yaptı. Beagle gezisine doğadaki varlıklarla bu denli ilgilenmeyen, onlar arasındaki ilişkilere aklını yormayan, yalnızca sıradan bir merak içinde olan bir doğa bilimci gitseydi büyük olasılıkla aynı sonuçları çıkaramayacaktı. Darwin'in bu anlatılan özellikleri, Gardner'ın doğa zekâsı gelişmiş bir insanın sahip olması gerektiğini söylediği özelliklerle neredeyse tıpatıp aynı: Doğadaki canlı cansız her şeyle ilgili olmak, gözlem yapmak, aralarındaki ilişkiler üzerinde düşünmek, canlıları sınıflandırmak, onları biriktirip koleksiyonlarını yapma isteği taşımak... Gardner da doğa zekâsı üst düzeyde gelişmiş insanlara örnek olarak Darwin'i gösteriyor. Doğa zekâsı bakımından gelişkin oldukları düşünülen başka bilim adamları da var: Kuşlarla ilgili çok önemli çalışmalar ve gözlemler yapmış olan John Ja-

mes Audubon, Afrika'da uzun bir süre boyunca şempanzeler üzerinde çalışan Jane Goodall, gökbilimleri konusunda çok önemli çalışmaları bulunan Carl Sagan, bezelyelerle yaptığı deneyler sonucunda kalıtımın temellerini oluşturan ilkeleri belirleyen Mendel, ünlü yazarlar John Steinbeck, Ernest Hemingway, Mark Twain ve Jack London bunlardan yalnızca bir bölümü. Bu insanlar, zaten var olan doğa zekâlarını bir biçimde geliştirme olanağına sahip olmuşlar ve önemli çalışmalara imza atmışlardır. Doğa zekâlarını geliştirme olanağı dediğimiz şey, kimi zaman bir öğretmen, kimi zaman anne-baba, kimi zaman da bir başka yetişkin bile olmuş olabilir. Önemli olan bireylerin özel yeteneklerini açığa çıkarmak açısından onları destekleyecek olanakları çocuklara ve gençlere sunmaktır.

Doğa zekâsı gelişmiş insanın belirleyici özellikleri nelerdir? Bu soruyu şöyle yanıtlıyor Gardner: Canlılara, taşlara, bulutlara duyarlı olmak, doğadaki varlıkları sınıflandırabilmek, tüm bu varlıklarla ilgili düzenlemeleri tanıyabilmek!! Gerçekte küçük yaştaki çocuklar bütün canlıları merak edip incelemek isterler. Karıncalar, tespih-böcekleri, çiçekler, ağaçlar ve daha birçok varlık onlarda ilgi uyandırır. Biraz daha büyük olan çocuklar bu varlıkların adlarını öğrenmeye ve bunların aralarındaki farkları görebilmeye başlarlar. Bu böyle sürüp gider. Gerçekte öteki zekâ alanları gibi doğa zekâsı da tüm insanlarda vardır. Ancak, bu bazıları özel bir yetenek biçiminde olabilir ve bu farklılık çok küçük yaşlarda gözlenmeye başlanabilir.

Doğa zekâsına sahip çocuklarda çevreye ve hayvanlara karşı çok büyük bir ilgi gözlenir. Çok küçük yaşlarından beri bu ilgiye sahip olan çocuklar, hayvanlar ve doğa olaylarıyla ilgili öykülerden çok hoşlanırlar. Kimisi de bi-



yoloji, zooloji, gökbilim, botanik, yer-bilimleri ve paleontoloji gibi bilim dallarına beklenenden daha büyük bir ilgi gösterirler. Bu çocuklar taş, fosil, kelebek, tüy ve denizkabuğu gibi şeyleri toplayarak koleksiyon yapmaktan, gözlemlerini kaydetmekten, doğayla ilgili fotoğrafları biriktirmekten de çok hoşlanırlar. Doğadaki varlıkların adlarını ve özelliklerini kolayca öğrenirler. Doğadaki çok küçük değişiklikleri, benzerlikleri, farklılıkları ve normal dışı durumları kolayca fark edebilirler. Kamp yapmak, yürüyüş yapmak ve dağcılık gibi açık havada yapılan etkinliklere katılmaktan hoşlanırlar. Bu çocukların koku alma, görme, duyma, dokunma ve tatmayla ilgili duyuşsal becerileri de çok güçlüdür.

Peki, çocukların doğa zekâsını geliştirmek için okul ve aile neler yapmalıdır? Uzmanlar bu amaç için şu etkinlikleri öneriyorlar: Doğadan ilginç nesneleri (elbette doğaya ve kendine zarar vermeden) toplama, veri toplama (örneğin, hava sıcaklığı ölçümleri yaparak veri biriktirme ve bunu değerlendirmek), gözlem ve deneyler yapma, koleksiyon yapma, gözlem defteri tutma, mikroskop, büyüteç, dürbün ve teleskop kullanma, doğadaki nesnelerin resimlerini yapma, toprakla uğraşma, hayvan besleme, doğa koruma projelerine destek verme, doğa fotoğrafları çekme, doğadaki nesneleri sınıflandırma (örneğin, sarı renkli çiçekleri kurutup biriktirme), doğa gezilerine katılma, bilim projeleri geliştirme, kâşifleri tanıma ve onlarla ilgili yazılar yazma, kışın kuşlara ve çevrelerinde yaşayan öteki hayvanlara düzenli yem vererek hem yararlı olma hem de onları gözleme olanağı yaratma, çiçek kurutma, tohum ve yaprak biriktirme, doğa konusunda çalışmalar yapmış kişileri tanıma, doğayla ilgili kitapları okuma...

Doğa zekâsı, doğal çevreyi değerlendirebilmeye ilgili tüm becerileri kapsar. Varlıkları birbirinden ayırt etme, sınıflandırma gibi. Gardner, bu yeteneğin, insanlığın evrimsel geçmişiyle



ilgili olduğuna inanıyor. Ona göre, insanlığın avcı-toplayıcılık dönemi ve tarım yapmaya başladığı dönemlerde doğa zekâsı toplumlara yarar sağlıyordu. Günümüzdeyse

bu yönleri güçlü olan insanların çoğunlukla doğabilimcisi ya da benzeri alanlarda gelişme ve ilerleme gösterdiğini düşünüyor. Bu konudaki bir başka önemli görüşüyse, günümüzde tüketim ağırlık veren yaşam biçiminin doğa zekâsına zarar verdiği hakkında; ancak yine de doğa zekâsının ayırt etmeyle ilgili yönlerini hâlâ kullanabildiğimizi düşünüyor; kentlerde yaşayan insanların araba markalarını, ayakkabı tiplerini, makyaj malzemesi çeşitlerini birbirinden ayırt edebilmesinin bu yönümüze bağlı olduğunu da ileri sürüyor. Bazı bilim dallarında doğa zekâsından kaynaklanan bu sınıflandırma becerilerinin çok önem taşıyabileceğini de düşünüyor.



Anne-Babalar Ne Yapmalı?

"Tiyatrocu olmak istiyordu. Oysa ailesinde tiyatroculara pek de iyi gözle bakılmıyordu. O önce gitti, ailesinin istediği gibi tıp fakültesinde okudu. Daha sonra da tiyatro öğrenimi yaptı. Şimdi tiyatrocusu olarak çalışıyor." Buna benzer öyküleri çok duymuşsunuzdur. Öykünün ana düşüncesini yorumlamaya pek gerek yok. Ancak, bu öykünün kahramanları olan ailenin, çocuklarına nasıl bir yaklaşımda bulunmaları gerektiğini Howard Gardner'ın düşüncelerine göz atarak çıkarabiliriz. Gardner, çocuklarının gelişimleriyle ilgili olarak anne babaların rolünü şöyle açıklıyor: Anne babalar çocuklarının doğal eğilimlerine ve meraklarına saygı göstermelidirler. Zekânın bu sekiz alanının da gelişebilmesi için çocuklarını destekleyerek onlara yardımcı olmalıdır. Çocukların küçük yaşlarda çok çeşitli uyarıcılarla karşı karşıya getirilmesi, gelecekte onların özel ilgi alanlarını ve becerilerini rahatlıkla fark edebilmelerine ve o yönde gelişmelerine yardımcı olur. Bu, onların duyuşsal ve toplumsal gelişimlerine anne babaların çok dikkat etmesiyle, çocuklarını değişik düşünme ve problem çözme örnekleriyle tanıştırmalarıyla, müze, hayvanat bahçesi, spor karşılaşmaları, sanatsal çalışmalar benzeri etkinliklere sıkça katılmalarıyla gerçekleştirilebilir.

Zuhal Özer

Konu Danışmanı: Özcan Demirel
Prof. Dr., Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi

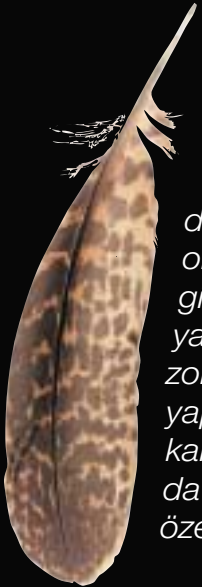
Kaynaklar

Gardner, H., *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*, 1985.
Moorehead, Alan., *Darwin ve Beagle Serüveni*, 1996.
Sagan, C., *Karanlık Bir Dünyada Bilimin Mum Işığ*, 1999.
<http://www.ascd.org/pubs/el/sept97/gardner.html>
<http://slug.ccca.utc.edu/edd/invest1/Joyce-A-Smith-multiple.htm>
http://www.newhorizons.org/gng_jwilson2.html
http://www.newhorizons.org/tm_mipattern.html
<http://edweb.gsn.org/edref.mi.hist.html>
<http://www.igs.net/cmorris/naturalistic.html>



Kuş Tüyleri

Birçok işlevi aynı anda yerine getiriyor kuş tüyleri. Öyle ki, benzersiz yapılarıyla milyonlarca yıldan bu yana, kuşların havalanarak uçmalarına, kanat çırparak okyanusları ve kıtaları aşmalarına, sert iklim koşullarına karşı korunmalarına olanak sağlıyorlar. Kuş tüylerinin işlevleri bununla da kalmıyor. Kuşlar, çok değişik renklerde, desenlerde ve biçimlerde olabilen tüyleriyle birbirlerine kur yapıyorlar. Düşmanlarından tüyleriyle gizleniyor ya da bir tehlike anında savunmaya geçiyorlar. İşin ilginç yanı, kuşların tüyleri, milyonlarca yıl süren evrim sonucunda dinozorların derilerindeki pullardan günümüzdeki kusursuz yapılarına dönüşmüş. Tüylerinin kusursuz yapısı ve kanatlarının güçlenmesiyle, uzun bir evrim sürecinin sonucunda uçmayı öğrenen kuşları öteki hayvanlardan ayıran bir başka özellikleri de tüylerini sürekli yenilemeleridir.



KUŞLARI öteki hayvanlardan ayıran en belirleyici özellikleri uçabilme yetenekleridir. Belki de "tüyleridir" demek daha doğru olur. Çünkü tüylerinin özellikli yapısı sayesinde uçabiliyorlar. Tüyleri olmasaydı, örneğin bir serçe, başka bir kuşun havadayken döktüğü bir tüyü havada yakalayıp yuvasında yapı malzemesi olarak kullanmak üzere yuvasına taşıyamazdı. Bir şahin, saatte yaklaşık 300 km'lik bir hızla yerde gördüğü bir ava doğru uçamazdı. Bunun gibi, bir sinekkuşunun olağanüstü hızlı bir biçimde kanat çırparak çiçekten çiçeğe uçuşması ve bir albatrosun geniş kanatlarını son derece tutumlu kullanarak bir yarımküreden ötekine geçmesi olanaksız olurdu elbette.

Günümüzden yaklaşık 150 milyon yıl önce yaşamış olan, daha doğrusu kuşların ilk atalarından *Archaeopteryx*'in de şaşıllacak derecede kusursuz tüyleri vardı. Bu ilkel kuşların tüyleri, günümüz kuşlarının asimetrik yapıdaki tüyleriyle büyük benzerlik içindeydi; uçmalarını da sağlayacak biçimde gelişmişti. Havalanmak amacıyla kanatlarını aşağı doğru çırpıtıklarında tüylerinin arasından hava geçmezken, yukarı doğru çırpıtıklarında aralarından hava geçebiliyordu.

Kuşlar, tüylerinin kusursuz ve işlevsel yapılarını, daha henüz uçamadıkları binlerce, hatta milyonlarca yıl öncesine dayanan bir evrim sürecine borçlular. Kuşların evrimini araştıran bilim adamları, bu hayvanların tüylerinin dinozorların pullarından türedikleri konusunda birleşiyorlar. Ancak ilk kuşların tüylerinin uçmaya mı yoksa vücutlarını sıcak tutmaya mı yaradıkları konusundaki tartışmalar sürgitliğini koruyor.

Almanya'nın Frankfurt kentinde yaşayan ve kuşların evrimini araştıran bilim adamı Stefan Peters'in tahminlerine göre ilk kuşların tüyleri daha çok beden sıcaklığını korumaya yarıyordu. Kuşların ilk atalarından theropodlar, yüksek metabolik hıza sahipti. Bunlar çevik ve sıcakkanlı yırtıcı hayvanlara dönüştüler. İster istemez iklimin sert koşullarından daha az etkilendiler. Ancak bu yırtıcı kuşların yalıtım görevi gören koruyucu bir dokuya gereksinimleri vardı. Zamanla tüyleri birçok ince dal ve yan dala ay-



Yeni Gine'nin yağmur ormanlarında yaşayan bu cennet kuşu, kur yapmak amacıyla tüylerinin bütün güzelliğini ortaya koymuş.

rıldı. Doğal olarak bu gelişme, yalnızca beden sıcaklığının korunması yönünde doğal seçim açısından yararlı oldu. Bu nedenle ilk tüyler uçmaya yaramıyordu. Böyle olsaydı, uçuşa becerisinin geliştirilmesi için ilk kuşla-

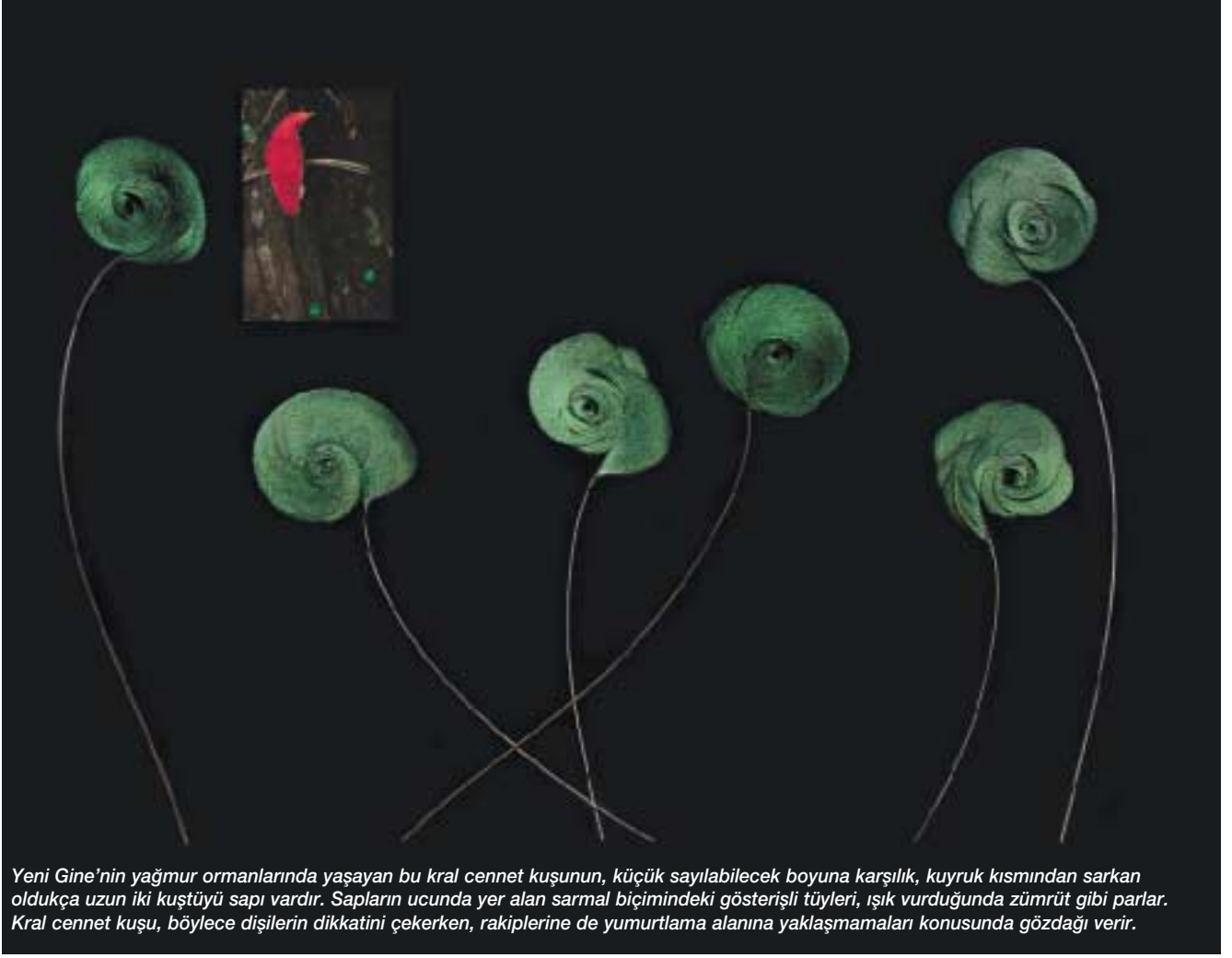


Bu toy kuşu, kendini bir dişiye beğendirmek için tüylerini kabartmış.

rın sahip oldukları pullar tüylere dönüşmezdi. Çünkü kuşların uçabilmeleri için, pullarının boyut olarak büyümesi yeterli olurdu.

1996 yılında, Çin'de, bu düşünceleri kanıtlayacak bulgular elde edildi. Bir gün, Pekin'deki Yerbilimleri Müzesi Müdürü Ji Qiang'a ilginç bir koli ulaştı. Koliyi, Pekin'in kuzeydoğusundaki Liaoning bölgesinden, bir fosil tüccarı göndermişti. Ji Qiang, koliyi açtığı anda şaşırtıcı bir manzarayla karşılaştı. Kolinin içinde, yaklaşık bir tavuk büyüklüğündeki bir canlıya ait kalıntılar vardı. Canlının kafatası büyük, dişleri keskin ve sivriydi. Gövdesinin önünde kola benzeyen iki kısa uzuv ve uzun, güçlü bacakları vardı. Ayrıca uzun bir kuyruğu da bulunuyordu.

Kalıntı oldukça iyi durumdaydı. Yalnızca kemikleri değil, kimi doku-



ları ve hatta organları da korunmuştu. Ji Qiang böyle bir hayvanı daha önce hiç görmediğinden kesinlikle emindi. Daha yakından baktığında, kaburga kemikleri arasında son yediklerinin kalıntılarını bile keşfetti. Bunlar, küçük bir memeliye aitti.

Fosilleşmiş olan bu yaratığın, theropodlar sınıfına ait, iki ayak üzerinde koşan yırtıcı bir dinazor türü olması güçlü bir olasılıktı. Ancak kalınlıkta oldukça tuhaf olan bir şey daha vardı: Sırtı boyunca, boynundan başlayarak kuyruğuna kadar, ince, koyu renkli, tüysü bir kıvrım. Bunlar ilkel tüyler olmalıydı. Hiç kuşku yoktu: Burada, kuşların dinazorlardan türediklerini gösteren yeni bir "ara tür" yatıyordu. Bu ara tür, *Archaeopteryx*'den bile daha eski bir döneme aitti. Dahası, paleontolojik değeri çok fazlaydı. Ji Qiang, yaratığa *Sinosauropteryx prima* adını verdi. Bu ad, "ilk Çinli ejderha tüyü" anlamına geliyordu.

Sonraki günlerde, Liaoning'den gelen bu ara türün tek olmadığı ortaya çıktı. Çok geçmeden, kuşların atalarına ait bir başka tür daha bulundu. Bu türün kollarında ve ayaklarında kısa tüyler, kuyruğundaysa daha uzun tüyler vardı. Paleontologlar tü-

rü, "*Archaeopteryx*'den önce" anlamına gelen *Protarchaeopteryx* olarak adlandırdılar.

Bulgu büyük bir yankı uyandırdı. Liaoning bölgesinde herkes kuş fosili aramaya başladı. Çiftçiler, kazmalarıyla sebze ekmiyor, kendilerine daha fazla kazanç sağlayan kuş fosilleri arıyorlardı. Kısa bir süre içinde milyonlarca yıllık mezarlarından birçok yeni kuş türü çıkarılmıştı. Bu bulgulardan sonra paleontologlar yalnızca iki yıl içinde, çenesinde dişleri olan, gövdesi tüylerle kaplı dinazorlardan, uçabilen ve gagasında diş ol-

mayan kuşlara değin, kuşların evrimiyle ilgili birçok gelişim aşamasını saptayabildiler.

1996 yılında Çin'de patlak veren bu kuş fosili avı giderek dünyayı sarmaya başladı. Dünyanın farklı bölgelerindeki milyonlarca yıllık tortul tabakalar uzmanlar tarafından incelendi. Bunun sonucunda Madagaskar Adası'nda, Patagonya'da ve İspanya'da değişik kuş fosillerine rastlandı. Ancak İspanya'da bulunan ve 100 milyon yıldan daha öncesine ait olan kuş fosili ilginç bir özelliğe sahipti. Bu kuşun, günümüz kuşlarına çok



Kuşa doğru adım adım: Sinosauropteryx'in (1) büyük olasılıkla beden sıcaklığını korumasına yarayan basit tüyleri vardı. Velociraptor (2), el ve kol eklemlerini rahatlıkla hareket ettirebiliyor, böylece avını kolaylıkla yakalayabiliyordu. Bu yeteneği, aynı zamanda, kanatların gelişimi açısından anatomik bir gereklilikti. Gövdesinin belki de tamamı tüylerle kaplı olan dev yırtıcı dinazor Unenlagia (3) kısa ön kollarını yürürken dengeyi sağlamak için kanatlar gibi aşağı yukarı hareket ettirebiliyordu. Hızlı koşabilen Caudipteryx (4)'in kollarında ve kuyruğunda basit tüyler vardı. Protarchaeopteryx (5)'in ön kollarında uzun tüyler bulunuyordu. Ancak bu tüyler simetrik yapıda olduğundan uçuş dengesi sağlanamıyordu. Archaeopteryx (6) uçabilen ilk kuş türüydü. Eoalulavis (7), tıpkı kargalarda (8) olduğu gibi, yavaş uçuş sırasında manevra yapmasına olanak sağlayan alula denen özel bir tüy örtüsüne sahipti.

benzeyen kanatları vardı. Dahası, kanatlarında birkaç tüyden oluşan ve yavaş uçuş sırasında kuşun değişik manevralar yapmasına olanak veren alula bulunuyordu.

Kuşlar nasıl uçmaya başladı? Bununla ilgili olarak Profesör Peters, kütleçekim kuvvetinin kuşları uçmaya yönelttiğini düşünüyor. Peters, kuşların, milyonlarca yıl süren evrim süreci boyunca uçmaya birkaç aşamadan sonra geçtiklerini düşünüyor. Ona göre, ilk kuşlar uçmayı ilk kez dağlık bölgelerde denemişler. İlk uçuş denemeleri sırasında kendilerini dik bir yamaçtan aşağı doğru bırakmışlar. Bu hayvanlar, kanatlarını, yalnızca dengeyi sağlamak ya da yavaşlamak amacıyla kullanmışlar. Daha geç çağlarda, kuşlar süzülerek bir yükseltiden diğerine uçmayı, en sonundaysa havalanarak uçmayı öğrenmişler. Kuşlar tam anlamıyla uçmaya başlayınca dağları ve denizleri aşarak daha sıcak iklimlere göç etmeye ve yeni yaşam alanları keşfetmeye başladılar. Daha uzun mesafeler kat edebilen kimi kuşlara, bulundukları bölgenin kış mevsiminden uzaklaşmak için, öteki yarımkürenin yaz mevsimine göç ettiler; yön bulma yetenekleri sayesinde doğdukları yere geri dönebildiler. Milyonlarca yıllık bir sürecin sonunda, değişik bölgelerdeki koşullara uyum sağlamış, olağanüstü çeşitlilikte ve renkte binlerce kuş türü ortaya çıktı.

Kuşları öteki hayvanlardan ayıran, özel yapıdaki tüyleridir. Bunlar, evrim süreci sonucunda birçok işlevi yerine getiren benzersiz yapılara dönüştüler. İsviçreli ünlü hayvanbilimci (zoolog) Adolf Portmann bu konuya bir yapı-



Avustralya'da yaşayan bu kuşları, gündüzleri ağaç dallarının arasında dinlenmeye çekildiklerinde fark etmek olanaksız. Bu kuşların gagalarının üzerindeki tüyler bile kırılmış dalları andırıyor (en üstte). Tüyleri, yaşadıkları ortamla büyük bir uyum içinde olan bu bataklık kar tavukları, hem yazları hem kışları, düşmanları tarafından kolaylıkla fark edilemez. Çünkü bu kuşlar tüylerini mevsime göre yenilerler (üstte, solda ve sağda).

tında şöyle değinmiş: "Hayvanların gövdelerinin görünen kısımlarını biçimlendiren birçok değişik yapı arasında hiçbirisi, karmaşıklık ve biçim zenginliği açısından kuşların tüyleriyle karşılaştırılmaz."

Kuşlar binlerce tüye sahip olabiliyorlar. Öyle ki, kimi kuş türlerinin yaklaşık 25 000 tüyü olabiliyor. Değindiğimiz gibi, bu tüylerin farklı iş-

levleri vardır. Örneğin, çavuşkuşunun başındaki tüyler ya da tavus kuşunun kuyruk tüyleriyle cennet kuşlarının rengarenk tüy örtüsü, neredeyse sonsuz çeşitlilikte renkleri ve desenleriyle, kur yaparken gösterişli görünmelerini, ayrıca bölgelerinin sınırlarını korumalarını sağlar. Erkek kuşlar, genellikle gösterişli bir tüy örtüsüne sahip olurken, dişi kuşların tüyleri daha az göze çarpar. Öte yandan, birçok kuş türü, bulundukları ortamla büyük bir uyum içinde olan tüylerinin renkleri ve desenleri sayesinde çok iyi bir biçimde düşmanlarından gizlenebiliyorlar.

Kuşların tüyleri, birçok özel işlevi de yerine getiriyor. Örneğin, kuyruk tüyleri oldukça sert yapıda olan ağaçkakanlar, bu sayede kuyruklarından destek alırlar. Birçok bağırtlak türünde karın bölgesindeki tüylerin yapısı çok ilginç. Bu tüyler, tıpkı bir sünger gibi, büyük miktarlardaki suyu emebiliyorlar. Böylece anne kuşlar, bir su birikintisinden tüyelerine emdirdikleri suyu, çölün ortasındaki yuvalarında



Bu erkek sülünün tüy örtüsünün üzerine düşen ışığın bir kısmı geri yansıtıldığından tüyleri farklı renklerde parlıyor.



Bu resimde, bir peçeli baykuşun bir kütüğe konması üç değişik aşamada gösteriliyor. Bu gece avcıları, kanatları ve tüylerinin özel yapısı sayesinde avlarına sezdirmeden yaklaşabiliyorlar.

kendilerini bekleyen yavrularına taşıyabiliyorlar. Baykuşlarsa, gece avlanırken kanatlarını, tüylerinin özel yapısı sayesinde, hiç ses çıkarmadan çırpabiliyorlar. Böylece avları, onların yaklaştığını fark etmiyor.

Kuşların tüyleri, birbirleriyle biçim ve işlev açısından uyum içindedir. Bu uyum sayesinde kanatları, hava akımları ve kuşun gittiği yöne bağlı olarak biçim alır. Kanatlarını, kusursuz bir biçimde katlamalarıysa bu hayvanların ne kadar yetenekli olduklarını gösteriyor. Ne var ki tüyler, kanatların sürekli açılıp kapanmasından, uçuş sırasındaki engellerden, olumsuz hava koşullarından zarar görüyor. Ancak kuşlar buna da çare bulmuşlar. Bu hayvanlar, tüylerindeki ince dalların açılmasını gagaları yardımıyla kolayca onarabiliyorlar ve kanadın hava geçirmezliğini yeniden sağlayabiliyorlar. Kuşlar, bu onarım ve bakım işlerini dinlenirken yerine getiriyorlar. Uygun bir yere tüneyerek tüylerini gagalarıyla tek tek düzeltiyor, arası açılmış olan tüyleri kapatıyorlar. Bu işlemler sayesinde tüyleri işlevlerini hiçbir zaman yitirmiyor. Tüyleri daha büyük zarara uğradığındaysa kuşlar bunları kolaylıkla yenileyebiliyor.

Yolculuk etmekte olduğunuz uçağın parçalarının bir bir kopup yere

düşüğünü bir düşünün. Böyle bir durumda yolcular arasında büyük korku yaşanır. Oysa kuşlar için, özel yetenekleri sayesinde böyle bir tehlike söz konusu değil. Onlar daha havadayken, dökülen tüylerinin yerine hemen bir yenisi çıkmaya başlıyor.

Kuşlar, yumurtadan çıkmalarından belirli bir süre sonra, tiroid bezinin salgıladığı tiroksin maddesinin et-

kisiyle tüylerini dökerek. Dökülen tüyler hemen yenilenir, biçimleri korunur. Bütün kuşlar, iklimsel ve biyolojik etkenlere bağlı olarak, ayrıca gereksinimleri ve yaşam biçimlerine göre tüylerini dökerek. Kuşların tüy yenileme işlemi enerji gerektirdiğinden, kuşlar tüylerini enerjiye en az gereksinim duydukları zamanlarda yenilerler. Göçmen kuşlarsa genellikle büyük göçlerden önce veya sonra yaparlar bu yenileme işlemini.

Örneğin kimi su kuşları, kanatlarındaki tüylerin tümünü birden dökerek ve birkaç hafta boyunca uçamazlar. Bu süre içinde bu kuşlar bir tehlike anında uçarak kaçamazlar da suyun içine dalıverirler. Turnalar ve kazlar da tüylerini yenilerler. Bu yenileme döneminde geçici bir süre için uçamazlar. Bu nedenle, yeterli besin bulabilecekleri ve kendilerini tehlikede hissetmeyecekleri ıssız adalara yerleşirler.

Atmacalar olağanüstü bir yenileme yöntemi geliştirmişler. Dişileri kuluçkaya yatma döneminde tüylerini yeniler. Bu dönemde zorlukla uçabildiği için erkeğine bağımlıdır. Ancak erkek atmaca ölürse, o zaman dişi atmaca tüy yenilemeye ara verir ve başının çaresine bakar; yiyecek aramaya başlar.

Güneydoğu Asya ve Afrika'daki yağmur ormanlarında yaşayan gergedankuşlarının dişileri için tüylerini



Bu tüyler bir ipekkuyruk kuşuna aittir. Kuşbilimcileri (ornitologlar), türler arasında karşılaştırma yapmak amacıyla, her bir türden kanada ve kuyruğa ait tüyleri arşivliyorlar. Bu arşivler, aynı zamanda, kuşun uçuşına olanak veren tüy çeşitliliğini gösteriyor.



Bu resimde görülen binlerce turna, uzun bir göçten sonra kışı geçirecekleri bölgeye ulaşmışlar.

yenileme işlemi son derece tehlikeli olabiliyor. Kuluçka dönemi sırasında erkekleri tarafından bir ağacın kovuğuna kapatılırlar ve orada tüylerini dökerler. Erkek gergedankuşları, bu kovukta yalnızca dar bir açıklık bırakırlar ve dişilerini buradan beslerler. Bir tehlike anında dişi, gagasıyla açıklığı kapatır. Tüy yenileme dönemi sona erip, yavrular da yumurtadan çı-

kınca dişi, erkeği tarafından gizlendiği yerden çıkarılır.

Kuşlar, tüy yenileme işlemi sırasında yalnızca uçmaya yarayan tüylerini değil, tüylerindeki renkleri ve desenleri de, yaşadıkları koşullarla uyumlu bir biçimde yenilerler. Örneğin kimi martı türleri, yumurtlama döneminde, yuvalarının sınırlarını korumak amacıyla birbirlerini başların-

daki koyu kahverengi tüylerle tehdit ederler. Yumurtlama dönemi sona erince, başlarındaki tüyler yeniden beyaza dönüşür.

Yerde kuluçkaya yatan yağmur kuşları ve çullukların yavrularının tüyleriye, bulundukları ortamla aynı renkte oluyor. Yavrular büyüdükçe tüylerinin rengi de değişiyor. Erişkin duruma geldiklerinde, kur yaptıkları ya da kendi alanlarını korudukları gösterişli bir tüy örtüsüne sahip oluyorlar.

Soyları milyonlarca yıl önce tükenen kanatlı dinozorların, yarasaların ve böceklerin kanatlarını yenileme yeteneğine sahip olmadıklarına bakılacak olursa, kuşlar bu yetenekleriyle hayvanlar dünyasında ayrıcalıklı bir konumdalar. Kuş kanatlarının geçirdiği evrim şunu gösteriyor: Doğa, başlangıçta ısınmalarına yarayan tüyleri giderek geliştirerek yeni biçimler, işlevler ve yenilenme gibi özel yetenekler kazandırmış.

George, U., "Die Feder - Höhenflug Der Evolution" GEO, Mayıs 1999
Çeviri: Ayşegül Yılmaz Güneç



Kuş tüyleri, bir tüy eksen, dallar ve kancalı yan dallardan oluşur (üstte). Yalıçapkınları, balık avlamak üzere hızlı bir biçimde suya daldıklarında, tüyleri bundan zarar görebilir. Böyle durumlarda, bu kuşlar, tüylerini gagalarıyla tarayarak küçük yırtılmaları düzeltirler. Böylece tüylerindeki dalların kapallığını yeniden sağlamış olurlar.



GM Tartışmaları ABD'ye de Sıçradı Gen Aktarımlı Bitkilerin Geleceği

Genetik değişkelerden (modifikasyonlardan) geçmiş (GM) besinlerle ilgili tartışmalar sürüyor. En ok GM tarım ürünü üreten ABD'de de bu konu kamuoyunun dikkatini çekmeye başladı. Bu durum, Avrupa'da olduğu gibi, ABD'deki kimi büyük gıda firmalarının da GM ürünlerin ötekilerden ayrılmasını istemesi ya da bunları kullanmayı reddetmesiyle birlikte değişti. Geçtiğimiz Ocak ayının sonunda, GM organizmalarla ilgili etiketleme ve ticaret uygulamalarının tartışıldığı uluslararası protokolde, ABD de, şimdiye kadar sürdürdüğü katı tutumunu değiştirdi. Birleşmiş Milletler'in Biyolojik eşitlilik Konvansiyonu'nun Biyogüvenilirlik Protokolü, genetik değişke uygulanmış bitki türleri, hayvanlar ve bakterilerden çevreyi korumaya yönelik kurallar getirmeyi amaçlıyor.

SON YILLARDA teknolojik uygulamalar arasında belki de en çok tartışılan bir konu var: Soya fasulyesi, mısır, pamuk gibi bitkilerin büyümesini ve tarladaki verimini arttırmak üzere kimi özelliklerinin genetik müdahalelerle yeniden düzenlenmesi. Genetik değişkelerden geçirilmiş (GM) besin ürünlerinin pazara sunulmasını, Avrupa kamuoyu, büyük bir tepkiyle karşıladı. Özellikle, Monsanto, Novartis gibi şirket adları, Avrupa kamuoyunun belki de en çok duyduğu sözcükler oldu. Tartışmaların bir bölümü tekelleşme ve Amerika karşıtı tutumlardan besleniyor olsa da, esas konu, GM ürünlerin tüketiciye yararının az olması, bunların evre ve sağlığa

etkileri ve kimi etik sorunlardı. Üzerinde en çok durulan konuya, etiketlendirmeydi. "Frankenstein yiyeceği" yakıştırması yapılan GM besinlerin paketlerini, başka besinlerden ayırt etmenin bir yolu yok. Tüketiciler, bu

paketlerde, içeriğinin GM ürünlerden olduğunun belirtilmesini istiyordu. Avrupa'da kamuoyunun tepkisi sonucu pek çok şirket, ürünlerinde GM malzemeler kullanmayı reddetti. şimdilerde, GM besinler konusundaki tartışmalar ve kamuoyu tepkisi ABD'ye de sıçramış görünüyor.

ABD'de, özellikle hazır gıda sektöründe GM ürünler çok kullanılıyor. Yakın zamana kadar ABD'deki tüketiciler, satın aldıkları ürünlerin çoğunun GM maddeler içerdiğinin farkında bile değildiler. Fakat, en çok GM tarım ürünü üreten ABD'de de bu konu kamuoyunun dikkatini çekmeye başladı. Tepkiler karşısında, ABD'deki kimi büyük gıda firmaları GM malzemeler içeren ürünlerin ötekilerden ayrılmasını iste-



di. Bebek maması üreten şirketler gibi kimileri de, ürünlerinde GM içeren malzemeleri kullanmayı durdurdu. İki ay önce Seattle'daki Dünya Ticaret Örgütü görüşmeleri sırasındaki protesto eylemlerinin de, ABD toplumunun GM besinler konusundaki ilgisini artırdığı söyleniyor.

Tarımda biyoteknoloji uygulamalarını endüstrileşmiş ülkelerde, altı büyük yaşambilimi şirketi, Astra-Zeneca, Aventis, Dow, Dupont, Monsanto ve Novartis elinde bulunduruyor. GM ürünler şu anda dünyada, özellikle de ABD'de yaygın olarak üretilmekte. Örneğin, ABD'de bu ürünler, mısırın %25'ini, soya fasulyesininse %40'ını oluşturuyor. Monsanto'nun geliştirdiği *Roundup ready* soya fasulyeleri ve *Bacillus thuringiensis* (Bt) toksini etkisine sahip mısırlar, tarım ilaçlarına olan ihtiyacı azaltarak ürünün maliyetini düşürüyor. Kimileri, zararlıların bu bitkilere karşı bağışıklık kazanarak "süper zararlılar" haline dönüşebileceğini düşünüyor. Öteki genetik müdahalelerse, örneğin doymamış yağ oranı yüksek yağ üreten "canola"lar gibi, ürünün ticari değerini arttırmaya yönelik. Pek çok kişi de, genetik müdahaleyle temel besin değerleri artırılmış ürünlere dünya nüfusunun beslenme sorununa çözüm getireceği gözüyle bakıyor: Provitamin A (beta karoten) açısından zenginleştirilmiş pirinç gibi.

ABD'de yaşanan son gelişmelerden biri de, daha önce Bt toksin taşıyan mısır polenleriyle zehirlendiği ortaya çıkan kiral keleklerinin korunmasına yönelik bir çalışma oldu. Hükümet, çiftçilerle, zararlılara dayanıklı GM mısırların çevresine normal mısırlar ekilmesi konusunda anlaştı. Bu yolla, GM mısırlara karşı bağışıklık kazanacak zararlıların da yayılmasını engellemeyi hedefliyorlar.

Montreal Protokolü

Ocak ayının sonunda, GM organizmalarla ilgili etiketleme ve ticaret uygulamalarının tartışıldığı uluslararası protokolde, ABD de, şimdiye kadar sürdürdüğü katı tutumunu değiştirdi. Birleşmiş Milletler'in Biyolojik Çeşitlilik Konvansiyonu'nun Biyogüvenlilik Protokolü, çevreyi genetik modifikasyon yapılmış bitki türleri, hayvan-



Tohum üreten firmalar ve kimi bilim adamları, tarım ilaçlarına dayanıklı ve böceklerle karşı dirençli ürünlerin, tarım ilacı kullanımını azalttığını ve ürünlerin verimini artırdığını öne sürüyorlar.

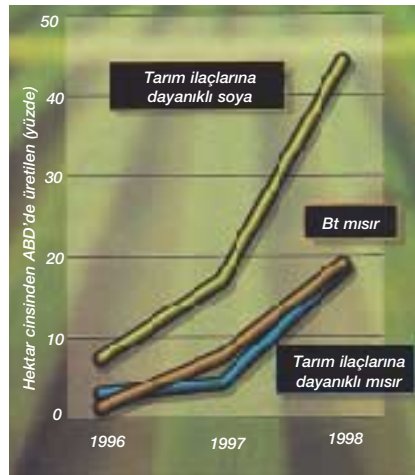
lar ve bakterilerden korumaya yönelik kurallar getirmeyi amaçlıyor. Bu protokole göre ülkeler, eğer genetik modifikasyondan geçmiş bir ürünün güvenilir olduğunu gösteren yeterli bilimsel kanıt olmadığı kanısına kapılırlarsa, bu ürünün ithalini yasaklayabilecek. Protokol, bu ürünlerin taşınması ve etiketlendirilmesi için de kurallar getiriyor. Mısır ve pamuk gibi genetik düzenlemeden geçmiş malların taşınması sırasında bunların üzerinde "düzenlemeden geçmiş organizmalar içerebilir" sözleri yer alacak. Geçtiğimiz yıl Kolombiya'nın Cartagena kentinde yapılan görüşmeler, ABD ve öteki beş ülke, Kanada, Avustralya, Arjantin, Şili ve Uruguay, 125 ülkenin onayladığı anlaşma taslağını reddedince anlaşmaya varılmadan sonuçlanmıştı.

Açlık Sorununa Çözüm mü?

1998 yılında, genetik değişiklerden geçmiş ürünler, Çin dışında kalan yerlerde 29 milyon hektarlık bir alanda ekilip biçildi. O yıl, ABD'de üreti-

len pamuğun %35'i, mısırın %25'i GM türlerden oluşuyordu. Geçtiğimiz yıl, GM bitkilerin ekilip biçildiği tarım arazilerinin yüzölçümü 70 milyon hektara çıktı. Bitkilerde ticari amaçla yapılan genetik müdahaleler, tek gen değişimleriyle bitkileri zararlılara ya da tarım ilaçlarına karşı dayanıklı duruma getirmeyi hedefliyor. Gelişmekte olan ülkelerde yetiştirilen GM ürünlerin çoğu sanayi kullanımlı ürünler. Örneğin Çin'de bir milyondan fazla çiftçinin Bt pamuk yetiştirdiği biliniyor. Ancak, "dünyayı beslemek" iddialarının yanı sıra, büyük yaşambilimi firmaları, yoksul çiftçilerin ürünleriyle fazla ilgilenmiyor, çünkü bunların getirisi az. Ancak, GM teknolojisi tümüyle özel sektörün elinde değil. Ulusal hükümetler, Uluslararası Tarım Araştırmaları Danışma Grubu CGIAR'ın uluslararası araştırma merkezleri ve batıdaki kimi gönüllü kuruluşlar, yoksul çiftçilere yarar sağlayacak biyoteknolojik gelişmeler oluşturulması çalışmalarını destekliyorlar. Örneğin, bu gönüllü kuruluşlardan Rockefeller Vakfı, son 15 yılda pirinç teknolojisi araştırmalarına 100 milyon ABD doları yatırmış. Asya, Afrika ve Güney Amerika'dan 400 bilim adamı yetiştirmiş. Bugün Asya'nın çeşitli yerlerinde biyoteknolojinin, pirincin iyileştirilmesi için uygulanması üzerine çalışan önemli sayıda bilim adamı var.

Yeni türlerin çoğu, doku kültürü ve işaretçi genler yardımıyla gen belirleme tekniklerinin kullanılmasıyla ortaya çıkarılmış. Örneğin, Batı Afrika Pirinç Geliştirme Birliği, anter kültürünü, verimi yüksek Asya pirinçleriyle geleneksel Afrika pirinçlerini çaprazlamak için kullanmış. Ortaya çıkan bitki, gelişiminin ilk basamaklarında Af-



rika pirinci gibi, tanelerini gölgede bırakacak biçimde büyüyor. Olgunluğa eriştiği zamansa, daha az uğraşmayla yüksek verim veren Asya piriçlerine benziyor. DNA işaretçileri yardımıyla yapılan gen aktarımı tekniğiyle, bitkilerin patojenlere karşı direncini ve kuraklığa dayanıklılığını arttırmak için, bunları sağlayan genlerin toplanmasında kullanılıyor.

A Vitaminli Pirinç

Bitkilere daha iyi gelişmelerini sağlayan yeni özelliklerin eklenmesinin yanı sıra, GM teknolojisi, besleyici özellikleri artırılmış bitkiler üretmek için de kullanılabilir. Bu konudaki en umut verici gelişmelerden biri, pirince provitamin A (beta karoten) üreten genlerin aktarılması oldu. Dünya nüfusunun yarısının temel besin maddesi olan pirinç, gerçekte vitamin açısından zengin bir besin değil. Örneğin, Güneydoğu Asya'da 5 yaşın altındaki çocukların % 70'i A vitamini eksikliği çekiyor. Fotosentez için gerekli bir pigment olan beta karoten, pirinç dahil tüm bitkilerin yeşil dokularında bulunur. Ancak, tohum gibi fotosentez yapmayan dokularda genellikle bulunmaz. Havuç kökü gibi fotosentez yapmayan dokularında beta karoten bulunan bitkiler olsa da, araştırmalara rağmen, geleneksel tarım ürünleri arasında tohumlarında beta karoten bulunan pirinç mutantlarına rastlanamamış. Tohum hücrelerinin beta karoten üretmesi için genetik mühendisleri pirinç genomuna, beta karoten sentezinde anahtar enzimlerden sorumlu üç gen aktarmışlar. Gen aktarımlı bu pirincin taneleri, parlak sarı-yeşil renkte. Bunlar, bir insanın A vitamini gereksinimini yalnızca pirinçten almasına yetecek kadar beta karoten içeriyor. Bilim adamları, pirince, bitkinin demir açısından besleyiciliğini üç katına çıkaran genler de aktarmışlar.

Terminatör Teknolojisi

Bitki biyoteknolojisinin insanlığa potansiyel yararları gözden kaçmayacak kadar çok. Ancak, *Nature*'ın 2 Aralık 1999 tarihli sayısında yazan Conway ve Toenniessen'e göre bunlar, to-

humlar parasız olarak ya da çok düşük fiyatlarla satılmadıkça bir işe yaramayacak. Bunun için, hükümetlerin ve gönüllü kuruluşların, zaman zaman özel sektörle de işbirliği yaparak hem araştırmalara hem de tohumların dağıtımına ve çiftçilere teknik yardım sağlanmasına yatırım yapması gerekiyor. Bu da, tohumlar çok uluslu şirketler tarafından pazarlanmaya devam ederse ve onlar gen koruma teknolojilerini yaygınlaştırırlarsa, gerçekleştirilecek bir hedefmiş gibi durmuyor. Terminatör gen teknolojisi olarak bilinen bu teknoloji, çiftçilerin bir sonraki ekim için tohum toplayarak bunları ekmesine olanak vermiyor.

Günümüzde gelişmekte olan ülkelerdeyse yaklaşık 1,4 milyar çiftçi, bu yöntemle tarım yapıyor ve kendi aralarında tohumları değiş-tokuş ederek yeni türler yetiştiriyor. Terminatör teknolojisiyle, bitki türlerinin çiftçiler arasında değiş-tokuş edilmesini önlemek üzere geliştirilmiş. Kimileri bu teknolojinin çiftçilere zararının dokunmayacağını ve çiftçilerin özel sektörden satın aldığı yeni türleri yeniden ekebileceğini söylüyor. Ama, eğer şirketler önemli genlerin DNA dizilimlerini patentlerle ve sahip oldukları tohumların dağıtımını terminatör teknolojileriyle kontrol ederse, kamu sektörünün biyoteknolojiyi yoksulların gereksinimlerini karşılamak için kullanma çabasının da önüne geçilmiş olacak.

Terminatör teknolojilerin kullanılması söz konusu olmasa bile, gelişmekte olan ülkelerin kendi genetik kaynaklarını kullanma hakkı var. Öte



GM bitki teknolojisi Avrupa'da büyük tepkiyle karşılanmıştır. Bir çok yerde eylemciler test tarlalarına saldırlar düzenlediler.



yandan, bitki geliştirme uzmanlarının yeni teknolojileri yerel ortama uyum sağlamış türler geliştirmek için kullanma hakkı, ve yoksul çiftçilerin sömürülmesi gibi etik sorunlar da bulunuyor. Bu sorunların bir bölümü, ürünlerin genetik düzenlenmesinin özelleşmesinden, özellikle de patent kullanımından kaynaklanıyor. Patentler gelişmiş ülkelerde firmaların araştırmalara daha çok yatırım yapmasını sağlıyor, ancak yoksul çiftçiler için tohum üreten kamu sektörünün, zaten kısıtlı bütçelerle yapılan geliştirme çalışmalarına yük getirebiliyor.

GM ürünlerin ve bunları içeren besinlerin güvenilirliğiyle ilgili tartışmaların merkezinde, bunların yararlarının zararlarıyla karşılaştırılması yatıyor. GM karşıtlığı, riskler üzerinde, özellikle de doğal türlere zarar verilmesi riski üzerinde yoğunlaşıyor. Ancak, GM organizmaların hepsinin birbiriyle aynı olmadığını da göz önüne alınması gerekiyor. Bunların herbiri, farklı insanlara farklı yararlar sağlayabilir; çevreye ve insan sağlığına zararları da farklı farklı olabilir.

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde iyi düzenlenmiş tarla testlerinin yapılması gerekiyor, çünkü, bu ülkelerde GM ürünleri kullanma ya da kullanmamanın taşıdığı riskler gelişmiş ülkelerdekilerde geçerli olanlardan çok farklı. Buna ek olarak, 21. yüzyılda tarımın 20. yüzyılda olduğundan çok daha verimli yapılması gerektiği de bir gerçek. 21. yüzyıl tarımının geçen yüzyıla göre çevreye çok daha az zarar vermesi de gerekiyor.

Aslı Zülâl

Katkılarından ötürü Tübitak Tarım Orman ve Gıda Teknolojileri Araştırma Grubu Yürütme Komitesi Sekreteri Prof. Dr. Neşet Kılınçer'e teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Conway, G. & Toenniessen G., "Feeding the world in the twenty-first century" *Nature*, Vol.402 Supp. 55-58.
"Global deal agreed on gm food", 31 Ocak 2000.
Guerinot, Mary Lou, "Enhanced: the green revolution strikes gold" *Science*, Vol 287, 5451, 241-242.
US Joins GM Foods Treaty, 29 Ocak 2000.
<http://abcnews.go.com/sections/science/DailyNews/gmagreement00129.html>
<http://bioindustry.org/newsnet/current/1.html>

Sinir Onarımını Engelleyen Protein Bulundu Felç Tedavisinde Yeni Umut: Nogo

Gözülcü başarılarına karşın tıp biliminin çare bulamadığı bir sorun, omurilik yaralanmalarının yol açtığı felç. Gerçi felçli hastaları kısmen de olsa iyileştirebilmek için mekanik elektronik düzenekler geliştirilmiş bulunuyor. Hatta bunlarla biyolojik araçları birleştiren “biyonik çözümler” de tasarım ve deney aşamasında. Yeni denenen bir yöntem de, kök hücreler aracılığıyla yeni sinir hücreleri üretmek. Bu çalışmaların odağı, miyelin denen sinir hücre kılıfının onarılmasıydı. Oysa, yeni bir buluş miyelinin, beyin ve omurilik hücrelerinin bağ yapmasını engelleyen bir proteinin yatağı olduğunu ortaya koydu. Nogo adlı proteinin belirlenmesi, uzmanlarca sinir onarımı için geniş ufuklar açan bir gelişme olarak değerlendiriliyor.



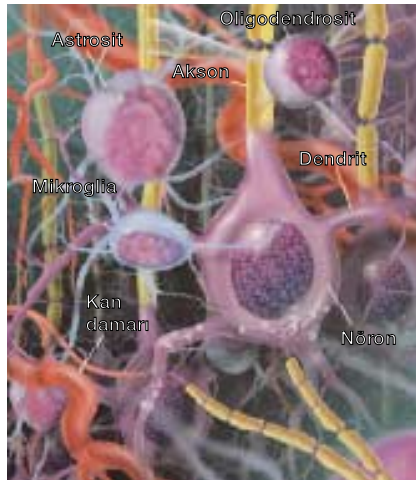
VÜCUT dokularının çoğu, örneğin kas, deri, karaciğer ve çevre sinirleri (periferik sinirler), yaralandıktan sonra kendilerini tümüyle onarabilirler. Gariptir ki, merkez sinir sistemini oluşturan beyin ve omuriliğin, böyle bir becerisi yoktur. Yaralandıktan sonra kendilerini hemen hemen hiç onaramazlar. Erişkin canlılarda merkez sinir sistemi, yeni nöronlar ve yeni aksonlar oluşturamaz. Nitekim merkez sinir sisteminin ken-

dini yenileme (rejenerasyon) gücü çok sınırlı olduğundan beyin ve omurilikten kaynaklanan felçler çoğu kez kalıcı oluyor.

Merkez sinir sistemindeki aksonlar acaba neden yenilenemiyorlar? Yüzyıl kadar önce Santiago Ramon y Cajal şunu gözlemledi: Beyin ve omurilik aksonları, yaralandıktan hemen sonra, uzamaya çalışıyorlar; fakat bu çaba az sonra duruyor. 20 yıl kadar önce David ve Aguayo şu ilginç gerçeği ortaya koydu: Erişkinlerde merkez sinir sis-

temi aksonları, bir çevre siniri grefi (nakledilmiş parça) içinde çok uzayabiliyorlar. Bu gözlemler şu varsayıma yol açtı: Aksonların merkez sinir sistemi içinde büyümemelerinin nedeni, merkez sinir sisteminde bulunan oligodendrosit ve astrosit adlı destek hücreleri (Bunlara toplu olarak glia denir. Glia sinir hücreleri (nöron) arasına serpilmiştir). Schwab ve arkadaşlarıysa deneylerle şunu kanıtladılar: Omuriliğin arka kök sinir düğümlerinde (ganglia) bulunan nöronlar, hücre kültürlerinde, iletişim kurmaya yarayan aksonlarını asla oligodendrosit hücrelerine ya da oligodendrosit hücrelerinin aksonlar etrafına sardığı yağlı miyelin kılıfına uzatamıyorlardı. Bunun yerine, aksonlar çevre sinirlerine ait glia hücrelerine yöneltiliyordu. (Oligodendrositlerin görevlerinden biri, yağlı miyelin maddesini sentezleyerek aksonların etrafına sarmak ve böylece akson elektriğini yalıtmak).

Bu deneyler sonucu, akson düşmanı miyelin moleküllerinin neler olduğunu bulmak ve onları etkisizleştirerek aksonları onarabilmek umudu doğdu. Schwab ve arkadaşları miyelin-

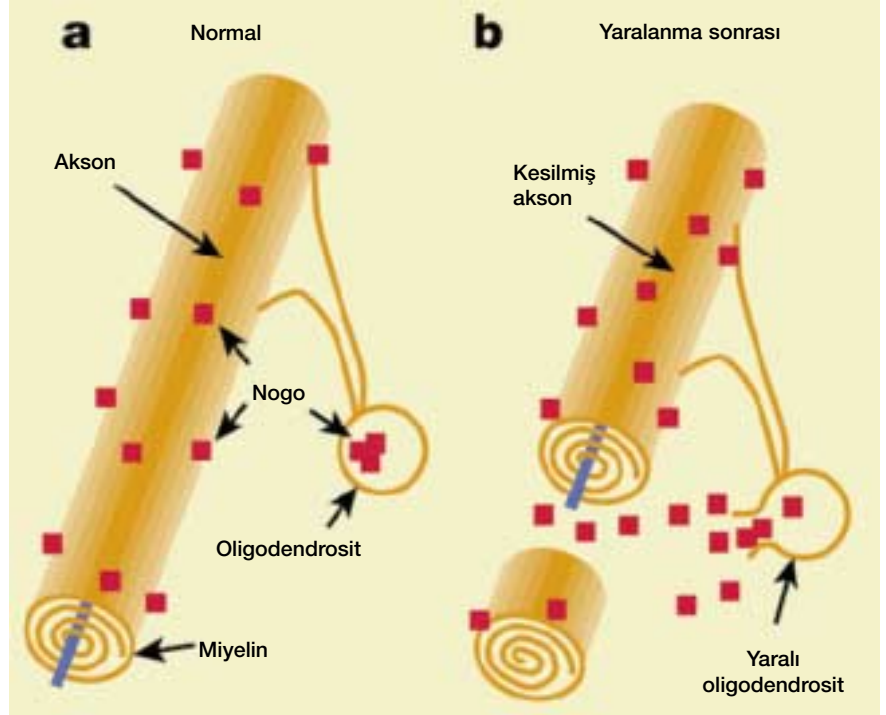




de molekül ağırlıkları 35 000 ve 250 000 olan iki akson düşmanı protein buldular. Bunlara N135 ve N1250 de deniyor (molekül ağırlıkları nedeniyle). Aynı araştırmacılar bu iki proteine karşı IN-1 adını verdikleri bir monoklonal antikor geliştirdiler. Bu antikor, hücre kültürlerinde oligodendrosit hücrelerinin ve miyelinin akson büyümesini engelleyici etkisini ortadan kaldırıyor. Schwab ve ekibi omurluğu yaralanmış erişkin sıçanlara IN-1 enjekte ettiklerinde, yaralı dokudaki aksonların % 5'inin kendilerini yeniden oluşturduğunu gördüler; sıçanların yürümesinde önemli düzeltilmeler olmuştur.

10 yıl sonra daha da ileri bir adım atılarak, insan ve sıçanlarda Nogo geni bulundu. Bu genin yaptırdığı Nogo A, Nogo B ve Nogo C proteinleri, miyelindeki akson düşmanı maddelerin ta kendileri. Nogo A 1163, Nogo B 360 ve Nogo C 199 amino asit içeriyor. Nogo A ile sığırlardaki bN1220 ve sıçanlardaki N1-250 proteinleri aynı yapıda bulunuyor. Nogolar hücre zarını delip geçici (transmembranik) proteinler sınıfında yer alıyorlar. Bu gibi proteinlere retikülön deniyor; Nogo, retikülön ailesinin 4. bireyi; yani retikülön 4-A.

Beklendiği gibi Nogo A, merkez sinir sisteminde miyelinde ve miyelin



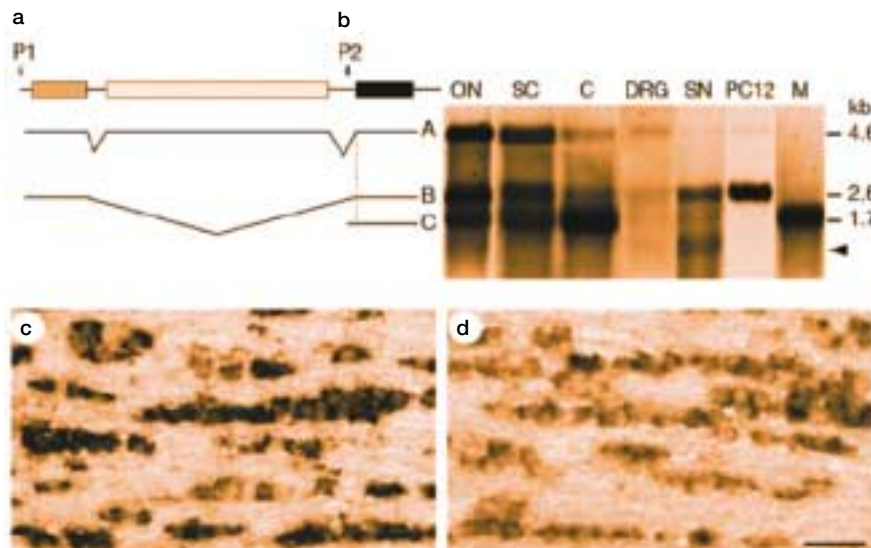
Şekil 1- Akson yenilenmesinin ketlenmesi. a) Miyelinde bulunan akson ketleyiciler, örneğin yeni bulunan Nogo proteini, yaralanmamış merkez sinir sisteminde aksonların uzamasını ketler. b) Yaralanmadan sonra, zedelenmiş miyelin ve oligodendrosit hücreleri sinirin onarılmasını ketler.

yapıcı oligodendrosit hücrelerinde bulundu. Çevre sinirlerinde ve çevre sinir kılıflarındaki Schwann hücrelerinde Nogo-A yoktu. Nogo B ve Nogo C bazı nöronlarda, böbrek, kıkırdak, deri, akciğer ve dalakta, Nogo C ise iskelet kasında bulundu. Merkez sinir sisteminde oligodendrosit hücrelerince yapılan miyelinin fibroblastların (bağ doku hücreleri) yayılmasını ve akson-

ların uzamasını, yani merkez sinir sisteminin onarılmasını ketleyici etkisi, Nogo proteinlerinden ileri geliyor. Bu ketleme Nogo proteinlerine karşı oluşturulmuş serumlarla, yani anti-Nogo serumlarıyla, ortadan kalkıyor. Nogo-A sığır, sıçan ve insandan başka sinek ve solucanlarda da bulunuyor.

Nogo-A, IN-1 antikoruyla birleşen 250 000 molekül ağırlıklı bir protein. Nogo-B ve Nogo-C'den biri de IN-1'le bağlanan 35 000 molekül ağırlıklı protein. Nogo-B ve C'nin akson düşmanı olup olmadığı, Nogo-A molekülünün hangi parçasının aksonları ketlediği ve Nogo-A'nın hücre zarındaki biçimi henüz bilinmiyor.

Bu buluşların ardından bir de sürpriz geldi: Nogo-A'nın molekül yapısı, onun hücre içinde 'endoplazmik retikulum' denilen borucuk sistemi içinde bulunduğunu gösteriyordu. Acaba Nogo-A oligodendrosit yüzeyine çıkabiliyor muydu? En azından endoplazmik retikulumda bulunan diğer iki miyelin oligodendrosit yüzeyine çıkabiliyorlardı. Oligodendrositlerin hücre kültürlerinde boyayla işaretleme yöntemiyle en azından bir miktar Nogo A'nın oligodendrosit yüzeyinde bulunduğu gösterildi. Fakat temel bazı sorunlar henüz çözülmemiş değil. Nogo-A,

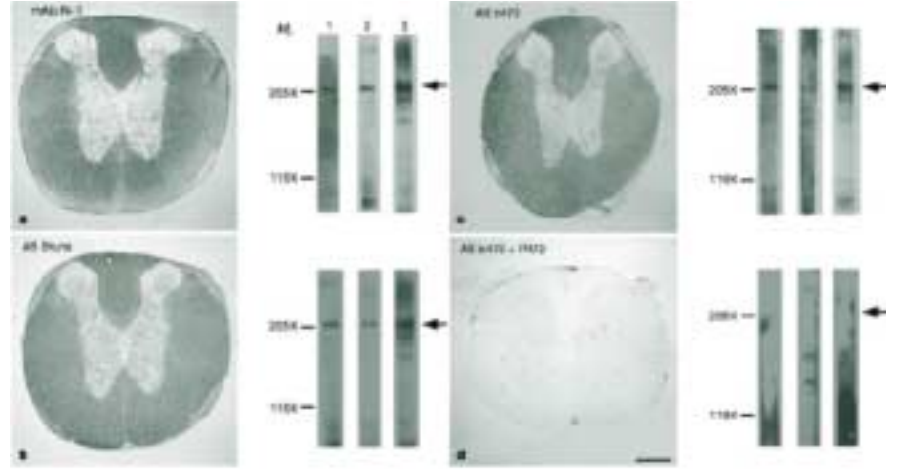


Şekil 2- Nogo baz sırası ve mRNA ifadesi. a) Nogo A, B ve C proteinlerinin Nogo geninden kopulanması. P1 ve P2 varsayımsal teşvik edici (promotör) bölgeler. b) Erişkin sıçan dokularında Nogo mRNA'sı. ON: görme siniri, SC: omurilik, C: beyin kabuğu, DRG: arka kök ganglionları, SN: siyatik siniri, PC12: PC12 hücreleri, M: iskelet kası. Nogo A, B ve C sırasıyla 4.6, 2.6 ve 1.7 kilobaza karşılık olarak görülüyor. c-d) Erişkin sıçan görme sinirinde Nogo-A pozitif oligodendrositler.

canlı vücutta da tüpte olduğu gibi akson büyümesini engelliyor mu? IN-1 antikoru Nogoyu nötralize ederek akson yenilenmesini artırıyor mu? IN-1 her ne kadar hücre kültürlerinde Nogo-A'nın akson düşmanlığını engelliyorsa da, henüz bileşimi bilinmeyen birçok omurilik proteinine de bağlanıyor. Aksonların onarılmasını ketleyen diğer moleküller de biliniyor: Örneğin aksona yol açıcı proteinlerden semaforinler, efrinler, slit ve ayrıca diğer bazı miyelin molekülleri. Ayrıca, miyelinle birarada bulunan glikoprotein (MAG) ve bazı proteoglikanlar.

Nogo geninin bulunuşundan sonra yeni olanaklar doğdu; örneğin spesifik anti-Nogo A antikollarının, IN-1 gibi, canlılarda akson onarımını artırıp artırmadığı ve Nogo proteinini yapamayan gen aktarımlı (transgenik) farelerde merkez sinir sistemi aksonlarının yenilenip yenilenmeyeceği araştırılabilir.

Eğer miyelinin akson düşmanlığı yenilebilirse, akson onarımı garanti-



Şekil 3- Erişkin sıçan omurilik kesitinin immünohistokimya yöntemi kullanılarak Nogo A, B ve C'ye karşı monoklonal antikolarla boyanması beyaz maddede Nogo proteinleri olduğunu göstermiştir (a, b, c). d'de boyayıcı serum P472 peptidinin katılmasıyla omurilik beyaz maddesinin boyanması tamamen durmuştur. Western kurulumu tekniğinde ok işareti hizasında [1] miyelin, 2) omurilik ekstresi ve 3) q havuzu] Nogo proteinini görüldü.

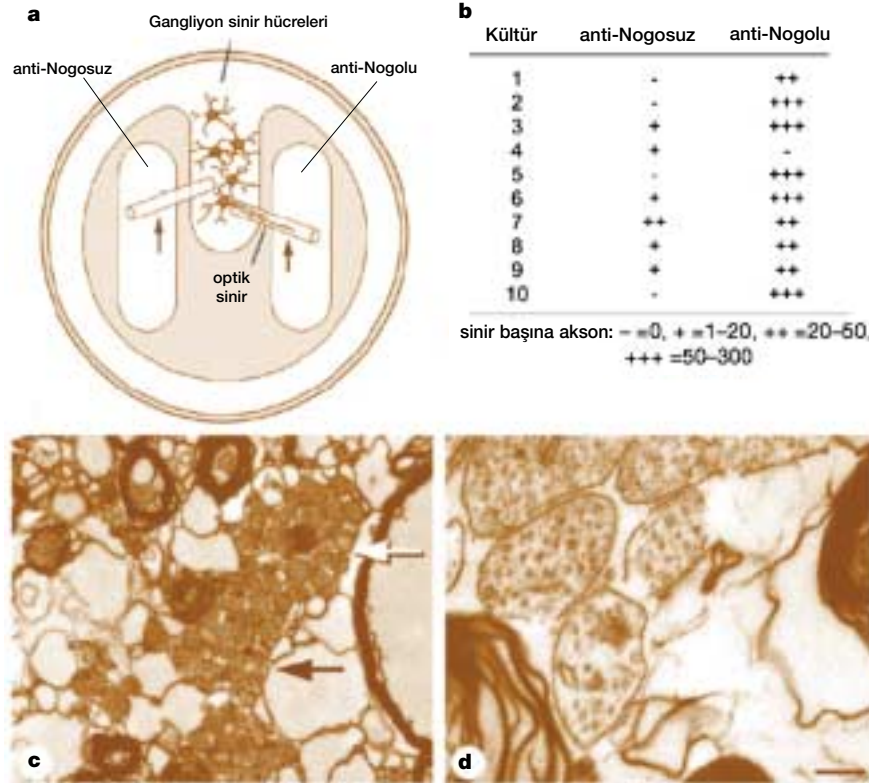
lenmiş olacak mı? Son zamanlarda Davies ve arkadaşları omurilik arka kök sinir düğümlerinden alınmış nöronları beyin miyelinli bölgelerine naklettiler ve hayretle nöronların kendilerini onardıklarını gördüler. Miyelinin ket-

leyici etkisi yaralanmadan sonra ortaya çıkıyor olmalı; Nogenin hücrenin içinde olması da buna uyuyor. Davies akson onarımını miyelinin çok, yara bölgesinde etkinleşmiş astrosit hücrelerinin engellediğini düşünüyor.

Fakat glia ketlemesinin tamamı önlenirse bile geriye bir sorun daha kalıyor: Nöronlar yaşamak ve büyümek için hayat boyu uyarılmak zorundalar. Beynin birçok bölgesinde, aksonların kesilmesi, bu uyarıcı etkenleri ciddi şekilde bozar; bunun sonucu, nöron ölümü ve onarımın durması. Bu nedenle yaralı aksonların uzamasını sağlamak için, hem miyelinin akson düşmanlığı nötrleştirilmeli, hem de nöron büyümesi hızlandırılmalı.

Bir başka şaşırtıcı deney: David ve arkadaşları miyeline bağışık kılınmış farelerde sinir onarımının on kat arttığını gösterdiler. Bu farelerin yarısında aksonlar omurilikte uzun mesafelere gidecek biçimde uzadılar; bu gibi farelerde felç önemli ölçüde iyileşti. Bu da bize miyelinin, akson düşmanlığını yenmemizde ne kadar yararlı olabileceğini gösteriyor. Omurilik ve beyin kaynaklı felçlerin kökten tedavisi belki de çok uzaklarda değil.

Selçuk Alsan



Şekil 4- Anti-Nogo serumunun varlığında, omurilik arka kök ganglion hücrelerinin aksonları, miyelinli görme siniri parçalarına doğru uzuyor. a) Kültür odacığında iki görme siniri parçası (oklar), solda anti-Nogo serumu olmadan, sağda anti Nogo serumu eşliğinde omurilik arka kök ganglion hücreleriyle beraber görülüyor. Ganglion hücrelerinin aksonları, anti-Nogo serumuyla Nogo etkisi yok edilmiş görme sinirine doğru (sağdaki) yöneliyor. b) Anti serumlu ve antiserumsuz görme siniri üzerinde ganglion hücrelerinin akson sayısı (elektron mikroskop ölçmeleri). Anti-Nogo serumuyla Nogenin akson düşmanlığı önlenince akson sayısı 300'e kadar yükseliyor. c) Akson demetleri anti-Nogo serumu verilmiş görme siniri içinde büyüyor. d) Büyümüş olan aksonlar miyelinle temas halindedir.

Kaynaklar
Goldberg, J. L., Barres, B. A., "Nogo in nerve regeneration" Nature, 27 Ocak 2000, s. 369-70
Prinjha, R., ve ark., "Neurobiology: Inhibitor of neurite outgrowth in humans" Nature, 27 Ocak 2000, s. 383-4
Chen, M. S., ve ark., "Nogo-A is a myelin-associated neurite outgrowth inhibitor and an antigen for monoclonal antibody IN-1" Nature, 27 Ocak 2000, s. 434-439
Grandpré, T., "Identification of the Nogo inhibitor of axon regeneration as a Reticulon protein" Nature, 27 Ocak 2000, s.439-444

İnternet'e Dayalı Uzaktan Eğitim

Uzaktan eğitim, en temel biçimiyle bir öğretmen ile öğrencinin fiziksel bir uzaklıkla ayrılmasından doğan bir gereksinimdir. Bununla birlikte ses, video, bilgisayar verisi ve basılı yayın gibi teknolojiler, genellikle yüz yüze eğitimin yerini alan bir köprü görevi görür. Bu yolla verilen eğitim programları, yetişkinlere aldıkları eğitime ek olarak yeni eğitim olanakları sağlar. Zaman, mesafe ya da fiziksel engelli kişiler içinse bu sistem, bulundukları iş-ev ortamında bilgilerini artırma, eğitimlerini sürdürme olanağı demektir.

Uzaktan eğitim 1800'lerin sonunda baskı temelli yazışmalı çalışmaların ortaya çıkmasıyla başladı. İnternet'e dayalı eğitimiye, özünde baskı temelli yazışmaların elektronik biçimi diye aslandırabiliriz. Ancak günümüzde elektronik yoldan eğitim de birçok biçimde verilebiliyor. Bunlar ses konferans, videokonferans ve bilgisayarlı konferans biçiminde olabilir. Ne var ki burada söz konusu edilen, geleneksel sınıf eğitimi alanında başarılı olmuş öğrenme kuramlarını değiştirmeksizin yalnızca gönderme yöntemlerinde bir farklılık öngören biçimdir.

Uzaktan Eğitim Etkili mi?

Birçok eğitimcinin, uzaktan eğitim alan öğrencilerin yüz yüze ders alanlara göre ne kadar öğrendikleri konusunda kuşkuları vardır. Uzaktan eğitimle yüz yüze eğitimi karşılaştıran araştırmalara göre ise etki bakımından ikisi arasında göze batacak büyük bir fark yok. Elbette ki kullanılan yöntem ve teknolojinin

verilen derse uygun olması koşuluyla. Etkin bir uzaktan eğitim programının can alıcı bölümü, dikkatli bir planlama ve ders ile öğrencinin gereksinimlerinin doğru biçimde belirlenmesidir. Kuşkusuz, kullanılacak teknoloji, bütün bu öğeler ayrıntısına kadar belirlendikten sonra seçilir. Gerçekten de başarılı bir uzaktan eğitim programı öğrenci, öğretim üyesi, asistan, sistem geliştiricileri ve yöneticilerin sıkı bir işbirliğine de dayanır.

Bunların dışında İnternet üzerinden verilen eğitimin çok önemli başka üstünlükleri de var. Bunlar, eğitmen, asistan ve öğrenciler arasında etkileşim ileri düzeyde olabilmesi; ayrıca ders materyalinin rahatlıkla güncellenip öğrenciye iletilebilmesi. Bunların yanında İnternet üzerinde bulunan materyale de öğrenci yönlendirilebiliyor. İnternet'te ücretsiz birçok simülasyon ve belge mevcut. Yani kısaca İnternet'in sağladığı olanakların tümü kullanılabiliyor. Bir başka üstünlükse bu eğitimin hem bilgisayar hem de çokluortam teknolojisinin tüm özelliklerinden yararlanıyor olması.

İnternet'e Dayalı Uzaktan Eğitimin Temel Öğeleri

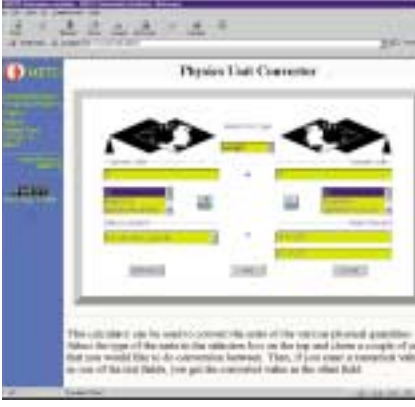
Uzaktan eğitimi öğrenci, öğretim üyesi, ders asistanları, destek grubu ve yöneticiler gibi temel öğelerine ayırarak olursak bunların herbirinin yeri ve işlevleri daha açık biçimde ortaya çıkar.

Öğrenci

Eğitim ortamı ne olursa olsun, öğrencinin temel işi öğrenmedir. Ancak bunun için de kendisi gerekli biçimde güdülenmelidir. Bunun yanı sıra ona planlama ve sunulan içeriği inceleyip, uyguluyabilme olanaklarının sağlanması gerekir. Buradaki en büyük yanılgılardan biriye, uzaktan eğitimin kendi kendine öğrenebilecek kişilere yönelik bir uygulama sanılması. Elbette ders notları, ödevler, sanal laboratuvarlar gibi online uygulamalar, öğrencinin değerlendirmekte özgür olduğu şeyler. Ancak eğitim uzaktan verildiğinde, öğrenci kendi bilgi ve ilgilerini

öteki öğrencilerle ve eğitimle paylaşamayacaktır. İşte bu yüzden aradaki boşluğu kapatmak için teknolojinin bir köprü görevi üstlenmesi gerekiyor. Bunun için de İnternet'e dayalı uzaktan eğitimde, etkileşimi sağlamak amacıyla forum (tartışma grupları), e-posta, söyleşi (chat) gibi ortamlar sağlanır. Bunun yanı sıra öğrencilerin katılımını, öğretmenlere soru yöneltmelerini kolaylaştıracak ortamlar da sağlanır. Gerçekte diğer eğitim yöntemlerine göre bir üstünlüğü de vardır bunun;





ODTÜ Enformatik Enstitüsü'nce hazırlanan METU Online'daki Java diliyle hazırlanmış fizik birimleri dönüştürücüsü (solda), astronomi dersinin videoyla desteklenmiş içeriği (ortada) ve İnternet'te yapılan sınavlara bi örnek (sağda).

çünkü deneyimler, sınıfta utangaç olup soru soramayan öğrencilerin İnternet'te çok daha rahat ve katılımcı olduklarını göstermiş. Bu, özellikle Türkiye'deki eğitim sistemine uygun düşen bir nitelik. Nedenine gelince, araştırmalar, Türkiye'deki öğrencilerin yurtdışındakilere göre sınıfta çok daha çekingen olduklarını ortaya koyuyor.

Öğretim Üyesi

Uzaktan eğitimin başarısı, büyük ölçüde eğitimi veren fakültenin çabasına bağlı. Geleneksel sınıf eğitiminde, eğitici ve öğreticinin görevi dersin içeriğini birleştirip, geliştirerek bunu öğrencinin gereksinmelerine uygun biçimde sunmaktır. Uzaktan eğitimdeyse bu, birtakım güçlükleri içeriyor. Çünkü öğretmen, uzaktan öğrencinin özellikleri ve gereksinmelerini sınırlı bir biçimde öğrenmeli, öğrencilerin gereksinme ve beklentilerini göz

önünde tutmalıdır. Bunun yanı sıra bir öğretim yöntemi geliştirmeli, kullanılabilecek teknolojinin ne şekilde uygulanacağına karar verip, içerik sunmanın yanında yol gösterici olmalıdır.

Bunların dışında öğretmenin birtakım görevleri daha bulunuyor. Bunlar öğrenci devamlılığını izleme, sınav-ödev hazırlama gibi sınıf yönetimi alanına giren görevlerle, forum yönetimi, etkileşimli ödevler, duyurular gibi iletişimi sağlayacak görevler. Burada en önemli nokta, öğretmenin ders sunmanın yanında artık esas olarak yol gösterici rolünü üstlenmesidir.

Site Asistanları

Öğretmenler, genellikle öğrenci-öğretmen arasında köprü görevi gören site asistanlarından yararlanıyor. Dersin etkinliğini arttırmak için site asistanlarının da, dersi alacak öğrencilerin ve öğretmenin beklentilerini iyi anlaması gerekiyor. Bunlar aygıtları kurar,

ödevleri toplar, testleri kontrol eder. Kısacası asistanlar, öğretmenin site üzerindeki göz ve kulağıdır ve onun üzerindeki yükü azaltmakla görevlidir.

Destek Grubu

İnternet'e dayalı uzaktan eğitimin verildiği sistemin yer aldığı sunucunun işletimi, güvenliği, yedeklenmesi ve iletişim altyapısından sorumlu bir personelin bulunması gerekli. Ayrıca gerektiği zaman öğrenci kayıtları, derslerin düzenlenmesi gibi kullanıcı sorunlarını çözecek ve yönetim işlerine bakacak birine de gereksinim var.

Bunların yanı sıra yine bir grafiker ve yazılım uzmanı ya da uzmanları bulunması da gereklidir.

Yöneticiler

Bir dersi hazırlamak, aslında Web'den görüldüğü kadar kolay değildir. Bunun için başlangıçta önemli ölçüde parasal kaynak ve disiplinlerarası uzun ve yorucu bir çalışma gerekir.

İdari yönden bakıldığında bu konuyu belli birkaç bölüme ayırabiliriz. Böyle bir eğitimi vermek için öncelikle öğretim elemanının eğitimi gerekir. Bunun yanında dersin yeterince başarılı olabilmesi için yönetici kadrosunda da bu konuda bilgili öğretmenlerin bulunması gerekir.

İkinci olarak altyapı düzenlemeleri yapılmalıdır. Bunun için de yeterli donanım ve yazılımın bulunması gerekir. Ancak dersin içeriği, (Türkçe kullanmamızdan kaynaklanan) yerel koşullar gibi nedenlerden ötürü hazır yazılımlar sorun yaratabilir. Bu yüzden yazılımı ya eğitimi veren kuruluş kendisi geliştirir, ya satın alır ya da her iki yolu birden kullanır. Böyle bir yazılımı geliştirmekse, önemli ölçüde zaman



ODTÜ'deki idea'nın (idea.metu.edu.tr) Web sitesindeki Yazılım Mühendisliği dersinin haftalık programı (solda üstte), tartışma panosu (solda altta) ve site haritası (üstte)

ve para gerektiriyor. Bunun dışında hukuksal ve yönetsel düzenlemeler de gerekir. Örneğin bir dersin programının hazırlanması için çalışanlarda güçlü bir güdülenme gerekir. Bunların yanında hazırlanan programın telif hakkı, programa eklenecek dış kaynakların alımı için telif hakları düzenlemesi gibi konular da vardır.

İdari Düzenleme

Böyle bir eğitim sistemi için yönetmelikleri uygun hale getirecek bir personele de gerek duyulur. Derslerin aynı zamanda içerik ve yapı bakımından akredite edilmesi gereklidir. Üniversiteler ve geçen aylarda oluşturulan İletişim ve bilgi Teknolojilerine Dayalı Uzaktan Yükseköğretim Kurulu gibi kurullarca akredite edilmesi gerekir.

Bunların yanında kullanılacak dış materyaller için telif hakkı, hazırlanan derslerin telif hakları gibi konular da idari düzenlemenin kapsamına giriyor. Bu kayıtlamalara göre hazırlanan bir ders üzerinde düzeltme yapmak o kadar kolay olmayacaktır. Ancak bütün bunların yanında en önemli konulardan biri de gerekli öğretim üyesi güdülenmesi. Çünkü hem ders hazırlamak, hem de ders vermek öğretim üyesi için yüz yüze ders vermekten çok daha fazla zaman alıyor.

Uzaktan Eğitimde Farklı Olan Ne?

Sınıf öğretmenleri, öğrencilerinden edindikleri izlenimler ve ipuçları doğrultusunda ders verir. Bu izlenim ve ipuçları, kimlerin nasıl dikkatle not aldığı, güç bir konu üzerinde düşünüp taşındığı ya da bir yorum yapmaya hazırlandığı gibi ögeler olabilir. Dikkatli öğretmen bunları algılayıp, yorumlayarak dersi, öğrencilerin gereksinimlerini karşılayacak biçimde düzenler ve geliştirir.

Buna karşın uzaktan eğitmen, ancak sınırlı ölçüde ipucu ve izlenim edinir. Bunlar teknolojik araçların süzgeçinden geçerek gelir öğretmene. Bu yüzden eğitmen yüzünü görmediği öğrenci hakkında İnternet'teki sohbet, tartışma ortamları ya da e-posta gibi araçlar sayesinde ipuçları edinmeye çalışır.



Neden Uzaktan Eğitim?

Peki bunca para aktarımı, uzun çalışmalarla değer mi uzaktan eğitim? İnternet'e dayalı uzaktan eğitim hazırlayanlar, bazı eğitim yöntem-bilimlerinin gelişen İnternet teknolojisiyle ha-

zırlanmasının (etkileşimli çokluortam, bireysel öğrenci izlenmesi, rahat ve sınırsız tartışma ortamı vs. nedeniyle) çok daha etkin ve başarılı olacağı görüşündeler. Çünkü yöntem, öğretmenin yardımı ve ortak çalışmalarının yanında öğrencinin kendi başına öğrenmesini sağlıyor. Ayrıca, artık yaşam boyu eğitimin önem kazanması ve bu yoldan verilen bir eğitimin yer ve zamandan bağımsızlığı da tercih nedeni oluyor. Bu, özellikle çalışan ve sıkça yolculuk yapması gerekenler için önemli; çünkü zamandan tasarruf sağlıyor. Öte yandan Netscape, İnternet Explorer gibi Web tarayıcı yazılımlarının kullanılması, onları ister Linux'ta ister Macintosh isterse Windows gibi işletim sistemlerinde kullanmanıza olanak veriyor. Yani kısaca platform-

İnternet Üzerinden Bilgi Teknolojileri Sertifika Programı

Yurtiçinde ve yurtdışında bilgi teknolojileri alanında çalışabilecek nitelikli eleman açığı gün geçtikçe artmaktadır. Üniversiteler ve diğer eğitim kurumları hızla büyüyen bu açığı kapatmak için yeterli olamamaktadırlar. Son zamanlarda yaygınlaşan İnternet'in bu sorunu çözmeye katkıda bulunabileceği düşünülerek İnternet üzerinden Bilgi Teknolojileri Sertifika Programı (BTSP) 4 Mayıs 1998 tarihinde başlatılmıştır.

BTSP, 4 dönemde verilen 9 dersten oluşan ve 8 ay süren bir sertifika programıdır. Ders konuları Bilgisayar Mühendisliği'nin temel derslerine uygun olarak seçilmiştir ve ODTÜ Bilgisayar Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri tarafından tamamen Türkçe olarak hazırlanmıştır. Dönem sonunda katılımcılar yüz yüze dersler ve sınavlar için ODTÜ'ye davet edilmektedirler. Yapılan sınavlar sonucunda, 8 dersten de başarılı olan katılımcılar Bilgi Teknolojileri Sertifikası almaya hak kazanmaktadır. Bu program çerçevesinde halen aşağıdaki dersler verilmektedir:



1. Dönem: Bilgisayar Sistemleri ve Yapıları, Java ile Bilgisayar Programcılığına Giriş I
2. Dönem: Unix ile İşletim Sistemleri, Java ile Bilgisayar Programcılığına Giriş II
3. Dönem: C++ ile Veri Yapıları ve Algoritmalar, Yazılım Mühendisliği
4. Dönem: Veri Tabanı Yönetim Sistemleri, Bilgisayar Ağları, Yazılım Geliştirme Projesi

Geliştirilen modele göre öğretim üyesi haftalık olarak notları sanal sınıfa asar, gelen sorulara yanıt verir, motivasyonu arttırmak için sorular sorar ve ödev verir. Öğrenci ise ders verildiği sırada şunları yapar: ders notlarını okur, o haftanın konusu ile ilgili sorular sorar, diğer öğrencilerin sorularına yanıt verir ve verilen ödevleri yapıp ders asistanına iletir. Bu esnada teknik kadro ve asistan web sitesini işletir, teknik sorunları çözer, hocanın sorularını, ödevlerini İnternet sitesine taşır, ödevler için gerekli sistem yazılımlarını bildirir ve ödevleri değerlendirir. Ayrıca her hafta düzenli olarak öğrencilerin ve öğretim üyelerinin bulunduğu gerçek zamanlı sohbet (chat) seansları düzenlenmektedir. Öğrenciler ders ile ilgili sorularını öğretim üyelerine forum veya e-posta yoluyla bildirirler.

BTSP'ye başvuru koşulları aşağıdaki gibidir:

- Bir yüksek öğrenim kurumunda öğrenci veya mezun olmak
- İyi düzeyde İngilizce okuduğunu anlamak
- Çok iyi düzeyde bilgisayar okur-yazarı olmak
- İnternet erişimi ve çokluortam özelliklerine sahip bir bilgisayar kullanma olanağına sahip olmak

BTSP hakkında daha ayrıntılı ve güncel bilgi almak için <http://idea.metu.edu.tr/> adresi ziyaret edilebilir.

Doç. Dr. Veysi İşler
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

dan bağımsız bir ortam sağlıyor diyebiliriz. Ancak burada hemen şunu söylemeliyiz ki, platformdan bağımsızlık, aslında tam değil. Çünkü yalnızca Windows'ta ya da Macintosh'da kullanılan yazılımların kullanımı zorunlu olabilir (örneğin Windows Media Player, asp gibi). Ancak bunlarda da her platformda çalışabilecek doğru alternatifler (real player ve html) kullanıldığı takdirde sorun yaşanmayacaktır. Bir başka tercih nedeniye başarılı, öğrenciyi çeken ve etkileşimli hazırlandığı takdirde kullanımı gerçekten çok zevkli bir yöntem olması.

Öte yandan, İnternet'e dayalı uzaktan eğitimin olumsuz yanları da var. Yeterli bilgisayar ağ altyapısının bütün bir ülkede oluşturulması zaman ve para isteyen bir iş. Hızlı gelişen bilgisayar ve yazılım teknolojisinde hangi yeniliklerin kullanılacağı sorun oluşturuyor. Çünkü eğitimi veren kuruluş son yenilikleri kullansa bile eğitimden yararlanacak kişinin bilgisayarı bu yenilikleri desteklemeyebilir. Bunun yanında dünyada ve özellikle ülkemizde bilgisayar okur/yazarlığının yaygınlaşmamış olması. Özellikle ülkemizde bilgisayar kullanıcı sayısı ne yazık ki çok az.

İnternet'in Önemi

İnternet günümüzde dünyada en geniş ve gelişmeye açık bilgisayar ağı. Yaklaşık 50 milyondan fazla bilgisayarı bağlıyor ve 200-300 milyon kadar kullanıcıyı barındırıyor. Bunların yanında, her geçen gün yeni üniversiteler, okullar, şirketler bağlanıyor bu büyük ağa. İnternet'e erişim sayesinde eğitimciler ve öğrencileri birçok servisten yararlanabiliyor. Bunlar elektronik posta (e-posta), tartışma listeleri, Web, sohbet odaları vs.

Bir Ders Nasıl Hazırlanmalı?

İlk önce içeriğin oluşturulması gerek. Bunun için ders materyalinin doğru ve açık bir dille açıklanması gerekiyor. İçerik ögesinin yanında Web'de sunulacak sayfaların grafik tasarımı ve stil de büyük önem taşıyor. Ders notlarının içerisinde çoklu ortam araçlarıyla kolayca anlatılabilecek kavramların

kullanılması ve öğrenciyi sıkacak metinlerden kaçınılmasının daha yararlı olduğu görüşünde öğreticiler. Bununla birlikte, sistemi yavaşlatacak gereksiz süslemelerden de kaçınılması gerekir. Bunun yerine sayfalarda kolay gezinmeyi sağlayacak bir yapı izlenmeli ve öğrenciyi ekrana bağlayacak şekilde, ders notları soru-yanıt ve etkileşimli örneklerle zenginleştirilmelidir.

Peki sayfaların genel yapı ve biçimi nasıl olmalıdır? İlk önce her ders için ayrı bir kapak sayfası olmalı. Bunun altlarında haftalık programın, dersin yürüyüş şeklinin belirtildiği içerik sayfası ve ders materyallerinin tanıtıldığı sayfa ve dersin izlenmesiyle ilgili bilgi sayfaları olmalı.

Bunların yanında etkileşimi sağlamak için tartışma, sohbet, ödev/sınav ve konuyla ilgili bağlantıların olduğu sayfalar bulunmalıdır.



Dersi verirken öğretmen, genellikle öğrenciyle iletişimi en üst düzeyde tutmalı. Bunun için forumu canlı tutacak mesajlar atması ve bu şekilde öğrencileri tartışmaları için teşvik etmesi gerekir. Bunların yanında çeşitli grup çalışmaları yaratarak onları derse teşvik etmesi gerekir.

Teknoloji Boyutu

Peki böyle birçok servisin çalıştırıldığı bir iş nasıl bir teknik altyapı gerektiriyor? Bunun için bir ya da birden çok sunucunun olması gerekiyor. Öğrenci tarafı içinse laboratuvar ortamı veya bağımsız çokluortam uçları gerekiyor. Yerel ağ yapısının sunucuya bağlanma konusunda sorunsuz olması gerekiyor.

Kullanılan yazılımında da sadece ders yapısına değil ayrıca idari

yapıya da uygun olması gerek. Bir dersin hazırlanma süreci ortalama 6-9 ay sürüyor. Ancak bu süre ders materyali, çoklu ortam öğelerine de bağlı olarak 1 seneye kadar uzuyor. En temel şekliyle dersin hazırlığı için 1 öğretmen, 1 asistan, grafiker ve bir programcı gerekiyor.

İnternet temelli uzaktan eğitimde derslerin verilmesinde bütünlük açısından tutarlı olmak için ilkeler ve standartlar olması gerekir (kullanılacak fontlar, sayfa yapısı, anlatım vs.).

Bunların yanında öğretim elemanı ve yardımcı elemanlar için ayrı bir eğitim gerekiyor.

Dünya'da İnternet'e Dayalı Uzaktan Eğitim

İnternet'e dayalı uzaktan eğitimin en sık kullanıldığı alanlarda, bilgisayar/iletişim teknolojileri, işletme ve mühendislik ve fen bilgileri. Şu anda dünyada en yaygın kullanıldığı ülkelerse ABD, Avustralya (ulaşım çok zor, zaten daha önceden de uzaktan eğitimin bir başka yöntemi olan telsizle eğitim bu ülkede çok yaygındı) ve İngiltere. Kısaca bir bilgi vermek gerekirse ABD'de University of Phoenix'te 40 bin, University of Maryland'da 15 bin sanal öğrenci bulunuyor. Illinois Üniversitesi'ndeysen 8 master programı bulunuyor. Stanford Üniversitesi'nin Elektrik Bölümü'nün İnternet üzerinden verdiği Yüksek Lisans derecesi bulunuyor. Bu programa kabul edilmek için öğrenciler çok sıkı bir elemenden (klasik yüksek lisanstaki gibi) sonra kabul ediliyorlar.

Ayrılan kaynak konusunda bilgi vermek gerekirse şimdiye kadar ABD'deki üniversitelere Alfred Sloan Vakfı bu konuyla ilgili 26 milyon dolar aktardı.

Bu yazının hazırlanmasındaki katkılarından dolayı Doç. Dr. Mustafa Akgül, Prof. Dr. Ethem Derman, Prof. Dr. Ümit Kızıloğlu, Dr. Yaşar Özden ve Nazlı Dino'ya teşekkür ederiz.

Alkm Özyaygen

Konu Danışmanı: Veyis İşler
Doç., Dr., ODTÜ Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Kaynaklar:

Neşe Yalabık, Ümit Kızıloğlu, Web'e Dayalı Eğitimde Temel Yaklaşımlar, Yöntemler Veyis İşler, ODTÜ Sanal Kampüsü, Bilgi Teknolojileri Sertifika Programı Barry Willis, Distance Education at a Glance (<http://www.uidaho.edu/levodistlan.html>)

Mary Beth Almeda, University of California Extension Online: From Concept to Reality

David Fudell, The Distance Education Primer (<http://www.utexas.edu/cc/cit/de/deprimer>)

İnternet'e Dayalı Uzaktan Eğitim

Uzaktan eğitim, en temel biçimiyle bir öğretmen ile öğrencinin fiziksel bir uzaklıkla ayrılmasından doğan bir gereksinimdir. Bununla birlikte ses, video, bilgisayar verisi ve basılı yayın gibi teknolojiler, genellikle yüz yüze eğitimin yerini alan bir köprü görevi görür. Bu yolla verilen eğitim programları, yetişkinlere aldıkları eğitime ek olarak yeni eğitim olanakları sağlar. Zaman, mesafe ya da fiziksel engelli kişiler içinse bu sistem, bulundukları iş-ev ortamında bilgilerini artırma, eğitimlerini sürdürme olanağı demektir.

Uzaktan eğitim 1800'lerin sonunda baskı temelli yazışmalı çalışmaların ortaya çıkmasıyla başladı. İnternet'e dayalı eğitimiye, özünde baskı temelli yazışmaların elektronik biçimi diye aslandırabiliriz. Ancak günümüzde elektronik yoldan eğitim de birçok biçimde verilebiliyor. Bunlar ses konferans, videokonferans ve bilgisayarlı konferans biçiminde olabilir. Ne var ki burada söz konusu edilen, geleneksel sınıf eğitimi alanında başarılı olmuş öğrenme kuramlarını değiştirmeksizin yalnızca gönderme yöntemlerinde bir farklılık öngören biçimdir.

Uzaktan Eğitim Etkili mi?

Birçok eğitimcinin, uzaktan eğitim alan öğrencilerin yüz yüze ders alanlara göre ne kadar öğrendikleri konusunda kuşkuları vardır. Uzaktan eğitimle yüz yüze eğitimi karşılaştıran araştırmalara göre ise etki bakımından ikisi arasında göze batacak büyük bir fark yok. Elbette ki kullanılan yöntem ve teknolojinin

verilen derse uygun olması koşuluyla. Etkin bir uzaktan eğitim programının can alıcı bölümü, dikkatli bir planlama ve ders ile öğrencinin gereksinimlerinin doğru biçimde belirlenmesidir. Kuşkusuz, kullanılacak teknoloji, bütün bu öğeler ayrıntısına kadar belirlendikten sonra seçilir. Gerçekten de başarılı bir uzaktan eğitim programı öğrenci, öğretim üyesi, asistan, sistem geliştiricileri ve yöneticilerin sıkı bir işbirliğine de dayanır.

Bunların dışında İnternet üzerinden verilen eğitimin çok önemli başka üstünlükleri de var. Bunlar, eğitmen, asistan ve öğrenciler arasında etkileşim ileri düzeyde olabilmesi; ayrıca ders materyalinin rahatlıkla güncellenip öğrenciye iletilebilmesi. Bunların yanında İnternet üzerinde bulunan materyale de öğrenci yönlendirilebiliyor. İnternet'te ücretsiz birçok simülasyon ve belge mevcut. Yani kısaca İnternet'in sağladığı olanakların tümü kullanılabiliyor. Bir başka üstünlükse bu eğitimin hem bilgisayar hem de çokluortam teknolojisinin tüm özelliklerinden yararlanıyor olması.

İnternet'e Dayalı Uzaktan Eğitimin Temel Öğeleri

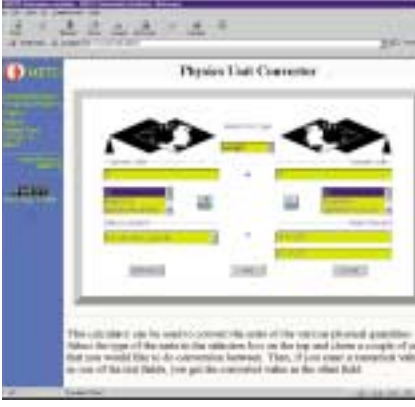
Uzaktan eğitimi öğrenci, öğretim üyesi, ders asistanları, destek grubu ve yöneticiler gibi temel öğelerine ayıracak olursak bunların herbirinin yeri ve işlevleri daha açık biçimde ortaya çıkar.

Öğrenci

Eğitim ortamı ne olursa olsun, öğrencinin temel işi öğrenmedir. Ancak bunun için de kendisi gerekli biçimde güdülenmelidir. Bunun yanı sıra ona planlama ve sunulan içeriği inceleyip, uyguluyabilme olanaklarının sağlanması gerekir. Buradaki en büyük yanılgılardan biriye, uzaktan eğitimin kendi kendine öğrenebilecek kişilere yönelik bir uygulama sanılması. Elbette ders notları, ödevler, sanal laboratuvarlar gibi online uygulamalar, öğrencinin değerlendirmekte özgür olduğu şeyler. Ancak eğitim uzaktan verildiğinde, öğrenci kendi bilgi ve ilgilerini

öteki öğrencilerle ve eğitimle paylaşamayacaktır. İşte bu yüzden aradaki boşluğu kapatmak için teknolojinin bir köprü görevi üstlenmesi gerekiyor. Bunun için de İnternet'e dayalı uzaktan eğitimde, etkileşimi sağlamak amacıyla forum (tartışma grupları), e-posta, söyleşi (chat) gibi ortamlar sağlanır. Bunun yanı sıra öğrencilerin katılımını, öğretmenlere soru yöneltmelerini kolaylaştıracak ortamlar da sağlanır. Gerçekte diğer eğitim yöntemlerine göre bir üstünlüğü de vardır bunun;





ODTÜ Enformatik Enstitüsü'nce hazırlanan METU Online'daki Java diliyle hazırlanmış fizik birimleri dönüştürücüsü (solda), astronomi dersinin videoyla desteklenmiş içeriği (ortada) ve İnternet'te yapılan sınavlara bi örnek (sağda).

çünkü deneyimler, sınıfta utangaç olup soru soramayan öğrencilerin İnternet'te çok daha rahat ve katılımcı olduklarını göstermiş. Bu, özellikle Türkiye'deki eğitim sistemine uygun düşen bir nitelik. Nedenine gelince, araştırmalar, Türkiye'deki öğrencilerin yurtdışındakilere göre sınıfta çok daha çekingen olduklarını ortaya koyuyor.

Öğretim Üyesi

Uzaktan eğitimin başarısı, büyük ölçüde eğitimi veren fakültenin çabasına bağlı. Geleneksel sınıf eğitiminde, eğitici ve öğreticinin görevi dersin içeriğini birleştirip, geliştirerek bunu öğrencinin gereksinmelerine uygun biçimde sunmaktır. Uzaktan eğitimdeyse bu, birtakım güçlükleri içeriyor. Çünkü öğretmen, uzaktan öğrencinin özellikleri ve gereksinmelerini sınırlı bir biçimde öğrenmeli, öğrencilerin gereksinme ve beklentilerini göz

önünde tutmalıdır. Bunun yanı sıra bir öğretim yöntemi geliştirmeli, kullanılabilecek teknolojinin ne şekilde uygulanacağına karar verip, içerik sunmanın yanında yol gösterici olmalıdır.

Bunların dışında öğretmenin birtakım görevleri daha bulunuyor. Bunlar öğrenci devamlılığını izleme, sınav-ödev hazırlama gibi sınıf yönetimi alanına giren görevlerle, forum yönetimi, etkileşimli ödevler, duyurular gibi iletişimi sağlayacak görevler. Burada en önemli nokta, öğretmenin ders sunmanın yanında artık esas olarak yol gösterici rolünü üstlenmesidir.

Site Asistanları

Öğretmenler, genellikle öğrenci-öğretmen arasında köprü görevi gören site asistanlarından yararlanıyor. Dersin etkinliğini arttırmak için site asistanlarının da, dersi alacak öğrencilerin ve öğretmenin beklentilerini iyi anlaması gerekiyor. Bunlar aygıtları kurar,

ödevleri toplar, testleri kontrol eder. Kısacası asistanlar, öğretmenin site üzerindeki göz ve kulağıdır ve onun üzerindeki yükü azaltmakla görevlidir.

Destek Grubu

İnternet'e dayalı uzaktan eğitimin verildiği sistemin yer aldığı sunucunun işletimi, güvenliği, yedeklenmesi ve iletişim altyapısından sorumlu bir personelin bulunması gerekli. Ayrıca gerektiği zaman öğrenci kayıtları, derslerin düzenlenmesi gibi kullanıcı sorunlarını çözecek ve yönetim işlerine bakacak birine de gereksinim var.

Bunların yanı sıra yine bir grafiker ve yazılım uzmanı ya da uzmanları bulunması da gereklidir.

Yöneticiler

Bir dersi hazırlamak, aslında Web'den görüldüğü kadar kolay değildir. Bunun için başlangıçta önemli ölçüde parasal kaynak ve disiplinlerarası uzun ve yorucu bir çalışma gerekir.

İdari yönden bakıldığında bu konuyu belli birkaç bölüme ayırabiliriz. Böyle bir eğitimi vermek için öncelikle öğretim elemanının eğitimi gerekir. Bunun yanında dersin yeterince başarılı olabilmesi için yönetici kadrosunda da bu konuda bilgili öğretmenlerin bulunması gerekir.

İkinci olarak altyapı düzenlemeleri yapılmalıdır. Bunun için de yeterli donanım ve yazılımın bulunması gerekir. Ancak dersin içeriği, (Türkçe kullanmamızdan kaynaklanan) yerel koşullar gibi nedenlerden ötürü hazır yazılımlar sorun yaratabilir. Bu yüzden yazılımı ya eğitimi veren kuruluş kendisi geliştirir, ya satın alır ya da her iki yolu birden kullanır. Böyle bir yazılımı geliştirmekse, önemli ölçüde zaman



ODTÜ'deki idea'nın (idea.metu.edu.tr) Web sitesindeki Yazılım Mühendisliği dersinin haftalık programı (solda üstte), tartışma panosu (solda altta) ve site haritası (üstte)

ve para gerektiriyor. Bunun dışında hukuksal ve yönetsel düzenlemeler de gerekir. Örneğin bir dersin programının hazırlanması için çalışanlarda güçlü bir güdülenme gerekir. Bunların yanında hazırlanan programın telif hakkı, programa eklenecek dış kaynakların alımı için telif hakları düzenlemesi gibi konular da vardır.

İdari Düzenleme

Böyle bir eğitim sistemi için yönetmelikleri uygun hale getirecek bir personele de gerek duyulur. Derslerin aynı zamanda içerik ve yapı bakımından akredite edilmesi gereklidir. Üniversiteler ve geçen aylarda oluşturulan İletişim ve bilgi Teknolojilerine Dayalı Uzaktan Yükseköğretim Kurulu gibi kurullarca akredite edilmesi gerekir.

Bunların yanında kullanılacak materyaller için telif hakkı, hazırlanan derslerin telif hakları gibi konular da idari düzenlemenin kapsamına giriyor. Bu kayıtlamalara göre hazırlanan bir ders üzerinde düzeltme yapmak o kadar kolay olmayacaktır. Ancak bütün bunların yanında en önemli konulardan biri de gerekli öğretim üyesi güdülenmesi. Çünkü hem ders hazırlamak, hem de ders vermek öğretim üyesi için yüz yüze ders vermekten çok daha fazla zaman alıyor.

Uzaktan Eğitimde Farklı Olan Ne?

Sınıf öğretmenleri, öğrencilerinden edindikleri izlenimler ve ipuçları doğrultusunda ders verir. Bu izlenim ve ipuçları, kimlerin nasıl dikkatle not aldığı, güç bir konu üzerinde düşünüp taşındığı ya da bir yorum yapmaya hazırlandığı gibi ögeler olabilir. Dikkatli öğretmen bunları algılayıp, yorumlayarak dersi, öğrencilerin gereksinimlerini karşılayacak biçimde düzenler ve geliştirir.

Buna karşın uzaktan eğitmen, ancak sınırlı ölçüde ipucu ve izlenim edinir. Bunlar teknolojik araçların süzgeçinden geçerek gelir öğretmene. Bu yüzden eğitmen yüzünü görmediği öğrenci hakkında İnternet'teki sohbet, tartışma ortamları ya da e-posta gibi araçlar sayesinde ipuçları edinmeye çalışır.



Neden Uzaktan Eğitim?

Peki bunca para aktarımı, uzun çalışmalarla değer mi uzaktan eğitim? İnternet'e dayalı uzaktan eğitim hazırlayanlar, bazı eğitim yöntembilimlerinin gelişen internet teknolojisiyle ha-

zırlanmasının (etkileşimli çokluortam, bireysel öğrenci izlenmesi, rahat ve sınırsız tartışma ortamı vs. nedeniyle) çok daha etkin ve başarılı olacağı görüşündeler. Çünkü yöntem, öğretmenin yardımı ve ortak çalışmalarının yanında öğrencinin kendi başına öğrenmesini sağlıyor. Ayrıca, artık yaşam boyu eğitimin önem kazanması ve bu yoldan verilen bir eğitimin yer ve zamandan bağımsızlığı da tercih nedeni oluyor. Bu, özellikle çalışan ve sıkça yolculuk yapması gerekenler için önemli; çünkü zamandan tasarruf sağlıyor. Öte yandan Netscape, İnternet Explorer gibi Web tarayıcı yazılımlarının kullanılması, onları ister Linux'ta ister Macintosh isterse Windows gibi işletim sistemlerinde kullanmanıza olanak veriyor. Yani kısaca platform-

İnternet Üzerinden Bilgi Teknolojileri Sertifika Programı

Yurtiçinde ve yurtdışında bilgi teknolojileri alanında çalışabilecek nitelikli eleman açığı gün geçtikçe artmaktadır. Üniversiteler ve diğer eğitim kurumları hızla büyüyen bu açığı kapatmak için yeterli olamamaktadırlar. Son zamanlarda yaygınlaşan internetin bu sorunu çözmeye katkıda bulunabileceği düşünülerek internet üzerinden Bilgi Teknolojileri Sertifika Programı (BTSP) 4 Mayıs 1998 tarihinde başlatılmıştır.

BTSP, 4 dönemde verilen 9 dersten oluşan ve 8 ay süren bir sertifika programıdır. Ders konuları Bilgisayar Mühendisliği'nin temel derslerine uygun olarak seçilmiştir ve ODTÜ Bilgisayar Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri tarafından tamamen Türkçe olarak hazırlanmıştır. Dönem sonunda katılımcılar yüz yüze dersler ve sınavlar için ODTÜ'ye davet edilmektedirler. Yapılan sınavlar sonucunda, 8 dersten de başarılı olan katılımcılar Bilgi Teknolojileri Sertifikası almaya hak kazanmaktadır. Bu program çerçevesinde halen aşağıdaki dersler verilmektedir:



1. Dönem: Bilgisayar Sistemleri ve Yapıları, Java ile Bilgisayar Programcılığına Giriş I
2. Dönem: Unix ile İşletim Sistemleri, Java ile Bilgisayar Programcılığına Giriş II
3. Dönem: C++ ile Veri Yapıları ve Algoritmalar, Yazılım Mühendisliği
4. Dönem: Veri Tabanı Yönetim Sistemleri, Bilgisayar Ağları, Yazılım Geliştirme Projesi

Geliştirilen modele göre öğretim üyesi haftalık olarak notları sanal sınıfa asar, gelen sorulara yanıt verir, motivasyonu arttırmak için sorular sorar ve ödev verir. Öğrenci ise ders verildiği sırada şunları yapar: ders notlarını okur, o haftanın konusu ile ilgili sorular sorar, diğer öğrencilerin sorularına yanıt verir ve verilen ödevleri yapıp ders asistanına iletir. Bu esnada teknik kadro ve asistan web sitesini işletir, teknik sorunları çözer, hocanın sorularını, ödevlerini internet sitesine taşır, ödevler için gerekli sistem yazılımlarını bildirir ve ödevleri değerlendirir. Ayrıca her hafta düzenli olarak öğrencilerin ve öğretim üyelerinin bulunduğu gerçek zamanlı sohbet (chat) seansları düzenlenmektedir. Öğrenciler ders ile ilgili sorularını öğretim üyelerine forum veya e-posta yoluyla bildirirler.

BTSP'ye başvuru koşulları aşağıdaki gibidir:

- Bir yüksek öğrenim kurumunda öğrenci veya mezun olmak
- İyi düzeyde İngilizce okuduğunu anlamak
- Çok iyi düzeyde bilgisayar okur-yazarı olmak
- İnternet erişimi ve çokluortam özelliklerine sahip bir bilgisayar kullanma olanağına sahip olmak

BTSP hakkında daha ayrıntılı ve güncel bilgi almak için <http://idea.metu.edu.tr/> adresi ziyaret edilebilir.

Doç. Dr. Veysi İşler
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

dan bağımsız bir ortam sağlıyor diyebiliriz. Ancak burada hemen şunu söylemeliyiz ki, platformdan bağımsızlık, aslında tam değil. Çünkü yalnızca Windows'ta ya da Macintosh'da kullanılan yazılımların kullanımı zorunlu olabilir (örneğin Windows Media Player, asp gibi). Ancak bunlarda da her platformda çalışabilecek doğru alternatifler (real player ve html) kullanıldığı takdirde sorun yaşanmayacaktır. Bir başka tercih nedeniye başarılı, öğrenciyi çeken ve etkileşimli hazırlandığı takdirde kullanımı gerçekten çok zevkli bir yöntem olması.

Öte yandan, İnternet'e dayalı uzaktan eğitimin olumsuz yanları da var. Yeterli bilgisayar ağ altyapısının bütün bir ülkede oluşturulması zaman ve para isteyen bir iş. Hızlı gelişen bilgisayar ve yazılım teknolojisinde hangi yeniliklerin kullanılacağı sorun oluşturuyor. Çünkü eğitimi veren kuruluş son yenilikleri kullansa bile eğitimden yararlanacak kişinin bilgisayarı bu yenilikleri desteklemeyebilir. Bunun yanında dünyada ve özellikle ülkemizde bilgisayar okur/yazarlığının yaygınlaşmamış olması. Özellikle ülkemizde bilgisayar kullanıcı sayısı ne yazık ki çok az.

İnternet'in Önemi

İnternet günümüzde dünyada en geniş ve gelişmeye açık bilgisayar ağı. Yaklaşık 50 milyondan fazla bilgisayarı bağlıyor ve 200-300 milyon kadar kullanıcıyı barındırıyor. Bunların yanında, her geçen gün yeni üniversiteler, okullar, şirketler bağlanıyor bu büyük ağa. İnternet'e erişim sayesinde eğitimciler ve öğrencileri birçok servisten yararlanabiliyor. Bunlar elektronik posta (e-posta), tartışma listeleri, Web, sohbet odaları vs.

Bir Ders Nasıl Hazırlanmalı?

İlk önce içeriğin oluşturulması gerek. Bunun için ders materyalinin doğru ve açık bir dille açıklanması gerekiyor. İçerik ögesinin yanında Web'de sunulacak sayfaların grafik tasarımı ve stil de büyük önem taşıyor. Ders notlarının içerisinde çoklu ortam araçlarıyla kolayca anlatılabilecek kavramların

kullanılması ve öğrenciyi sıkacak metinlerden kaçınılmasının daha yararlı olduğu görüşünde öğreticiler. Bununla birlikte, sistemi yavaşlatacak gereksiz süslemelerden de kaçınılması gerekir. Bunun yerine sayfalarda kolay gezinmeyi sağlayacak bir yapı izlenmeli ve öğrenciyi ekrana bağlayacak şekilde, ders notları soru-yanıt ve etkileşimli örneklerle zenginleştirilmelidir.

Peki sayfaların genel yapı ve biçimi nasıl olmalıdır? İlk önce her ders için ayrı bir kapak sayfası olmalı. Bunun altlarında haftalık programın, dersin yürüyüş şeklinin belirtildiği içerik sayfası ve ders materyallerinin tanıtıldığı sayfa ve dersin izlenmesiyle ilgili bilgi sayfaları olmalı.

Bunların yanında etkileşimi sağlamak için tartışma, sohbet, ödev/sınav ve konuyla ilgili bağlantıların olduğu sayfalar bulunmalıdır.



Dersi verirken öğretmen, genellikle öğrenciyle iletişimi en üst düzeyde tutmalı. Bunun için forumu canlı tutacak mesajlar atması ve bu şekilde öğrencileri tartışmaları için teşvik etmesi gerekir. Bunların yanında çeşitli grup çalışmaları yaratarak onları derse teşvik etmesi gerekir.

Teknoloji Boyutu

Peki böyle birçok servisin çalıştırıldığı bir iş nasıl bir teknik altyapı gerektiriyor? Bunun için bir ya da birden çok sunucunun olması gerekiyor. Öğrenci tarafı içinse laboratuvar ortamı veya bağımsız çokluortam uçları gerekiyor. Yerel ağ yapısının sunucuya bağlanma konusunda sorunsuz olması gerekiyor.

Kullanılan yazılımında da sadece ders yapısına değil ayrıca idari

yapıya da uygun olması gerek. Bir dersin hazırlanma süreci ortalama 6-9 ay sürüyor. Ancak bu süre ders materyali, çoklu ortam öğelerine de bağlı olarak 1 seneye kadar uzuyor. En temel şekliyle dersin hazırlığı için 1 öğretmen, 1 asistan, grafiker ve bir programcı gerekiyor.

İnternet temelli uzaktan eğitimde derslerin verilmesinde bütünlük açısından tutarlı olmak için ilkeler ve standartlar olması gerekir (kullanılacak fontlar, sayfa yapısı, anlatım vs.).

Bunların yanında öğretim elemanı ve yardımcı elemanlar için ayrı bir eğitim gerekiyor.

Dünya'da İnternet'e Dayalı Uzaktan Eğitim

İnternet'e dayalı uzaktan eğitimin en sık kullanıldığı alanlarda, bilgisayar/iletişim teknolojileri, işletme ve mühendislik ve fen bilgileri. Şu anda dünyada en yaygın kullanıldığı ülkelerse ABD, Avustralya (ulaşım çok zor, zaten daha önceden de uzaktan eğitimin bir başka yöntemi olan telsizle eğitim bu ülkede çok yaygındı) ve İngiltere. Kısaca bir bilgi vermek gerekirse ABD'de University of Phoenix'te 40 bin, University of Maryland'da 15 bin sanal öğrenci bulunuyor. Illinois Üniversitesi'ndeysen 8 master programı bulunuyor. Stanford Üniversitesi'nin Elektrik Bölümü'nün İnternet üzerinden verdiği Yüksek Lisans derecesi bulunuyor. Bu programa kabul edilmek için öğrenciler çok sıkı bir elemenden (klasik yüksek lisanstaki gibi) sonra kabul ediliyorlar.

Ayrılan kaynak konusunda bilgi vermek gerekirse şimdiye kadar ABD'deki üniversitelere Alfred Sloan Vakfı bu konuyla ilgili 26 milyon dolar aktardı.

Bu yazının hazırlanmasındaki katkılarından dolayı Doç. Dr. Mustafa Akgül, Prof. Dr. Ethem Derman, Prof. Dr. Ümit Kızıloğlu, Dr. Yaşar Özden ve Nazlı Dino'ya teşekkür ederiz.

Alkm Özyaygen

Konu Danışmanı: Veyis İşler

Doç., Dr., ODTÜ Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Kaynaklar:

Neşe Yalabık, Ümit Kızıloğlu, Web'e Dayalı Eğitimde Temel Yaklaşımlar, Yöntemler Veyis İşler, ODTÜ Sanal Kampüsü, Bilgi Teknolojileri Sertifika Programı Barry Willis, Distance Education at a Glance (<http://www.uidaho.edu/levo/distlan.html>)

Mary Beth Almeda, University of California Extension Online: From Concept to Reality

David Fudell, The Distance Education Primer (<http://www.utexas.edu/cc/cit/de/deprimer>)



Turnuva Zamanı

Yeni yılın başlamasıyla birlikte satranç dünyasında turnuvalar da son hızla yapılmaya başlandı. Bu ay sayfalarımızda birçok turnuvadan haberler bulacaksınız. Turnuvadan Oyunlar bölümümüzüyseniz Corus Turnuvası'ndan oyunlarla sürdürüyoruz. Her zamanki gibi Açılış Ansiklopedimiz yine yan sayfada.

Corus Turnuvası

Hollanda'nın Wijk aan Zee kentinde yapılan Corus Turnuvası 14-30 Ocak 2000 arasında düzenlendi. Dünyaca ünlü 14 oyuncunun katıldığı turnuvada birinciliği 9,5 puanla Kasparov aldı. 8 puan toplayan oyuncularından Kramnik ikinci Leko üçüncü oldu aynı puanlı Anandise dördüncülüğü aldı. Kadınlar arsında en yüksek elo puanlı Judit Polgar'sa 5 puanla on birinciliği aldı.

Linares 2000

1999 yılındaki olumsuz gelişmelerden sonra Linares süper turnuvasının devam edip etmeyeceği konusunda kuşku vardı. Ancak son gelişmelerden sonra Li-

nares 2000 için hazırlıklar başladı. Turnuva ya Kasparov, Anand, Shirov, Kramnik, Khalifman (daha önce açıklanan Morozevich'in yerini alacak) ve Leko katılacak. İki tur üzerinden oynanacak turnuva 28 Şubat-10 Mart tarihleri arasında oynanacak.

Wydra Hızlı Oyun Turnuvası

Viswanathan Anand Wydra Hızlı Oyun Turnuvası'nı kazandı. Anand turnuva sonunda turnuvayı baştan beri önde götüren Peter Svidler'in yarım puan önünde, 9,5 puanla bitirmeyi başardı. Svidler'le aynı puanı Boris Gelfand üçüncü oldu. 3-5 Şubat tarihleri arasında

düzenlenen turnuva bir gemi taşımacılık şirketi tarafından desteklenmişti.

Adams-Seirawan Karşılaşması

Michael Adams ve Yasser Seirawan 8-19 Şubat tarihleri arasında düzenlenen özel bir karşılaşmada birbirlerine güçlerini gösterdi. Bermuda'da on oyun üzerinden oynanan maçın ilk oyununu Adams bir Fransız savunması oyunuyla 49 hamlede kazandı. İkinci oyun, 13 hamlelik beraberliğe giden bir minyatüdü. Üçüncü oyunu yine Adams aldı. Dördüncü oyunda Adams yine Seirawan'ı beraberliğe zorladı. Beşinci oyunda bu kez Seirawan Adams'ı gafil avlayarak açılışla bir-

Turnuvadan Oyunlar

Kasparov, G-Van Wely, L ECO "B80"

1. e4 c5 2. Af3 d6 3. d4 cxd4 4. Axd4 Af6 5. Ac3 a6 6. Fe3 e6 7. f3 b5 8. g4 h6 9. Vd2 Abd7 10. O-O-O Fb7 11. h4 b4 12. Aa4 d5 13. Fh3 g5 14. Fg2 gxh4 15. Kxh4 dxe4 16. g5 Ad5 17. Kxe4 hxg5 18. Fxg5 Va5 19. f4 Kh2 20. Axe6 fxe6 21. Kxe6+ Sf7 22. Vd3 Fg7 23. Vf5+ Sg8 24. Kxd5 Vxa4 25. Ke7 1-0

Leko, P-Anand, V ECO "C42"

1. e4 e5 2. Af3 Af6 3. Axe5 d6 4. Af3 Axe4 5. d4 d5 6. Fd3 Fe7 7. O-O Ac6 8. c4 Ab4 9. Fe2 O-O 10. Ac3 Fe6 11. Ae5 f6 12. Af3 c5 13. Fe3 Kc8 14. dxc5 Fxc5 15. Ad4 Axc3 16. bxc3 Fxd4 17. Fxd4 Ac6 18. c5 Ff7 19. Ke1 Ke8 20. Fd3 Kxe1+ 21. Vxe1 Kc7 22. Vb1 h6 23. Vb3 Ke7 24. h3 Va5 25. Kd1 Sh8 26. Kb1 Fg8 27. Kd1 1/2-1/2

Nikolic, Pr-Lputian, S ECO "D55"

1. d4 d5 2. c4 e6 3. Ac3 Af6 4. Af3 Fe7 5. Fg5 O-O 6. e3 h6 7. Fxf6 Fxf6 8. Vb3 dxc4 9. Vxc4 b6 10. Fe2 Fa6 11. Va4 Fxe2 12. Sxe2 c5 13. Khd1 cxd4 14. Axd4 Vc7 15. Ae4 Fxd4 16. Kxd4 a5 17. Kad1 Aa6 18. Ad6 b5 19. Axb5 Vxh2 20. Ad6 Ab4 21. g3 Vh5+ 22. Sf1 Vh1+ 23. Se2 Vh5+ 24. Sf1 e5 25. K4d2 Vh1+ 26. Se2 Vh5+ 27. Sf1 f5 28. Sg1 f4 29. exf4 exf4 30. Vb5 Vxb5 31. Axb5 fxxg3 32. fxxg3 Axa2 33. Ac7 Kab8 34. Ka1 Kfc8 35. Kxa2 Kxc7 36. Kxa5 Kcb7 37. Ka2 Kb3 38. Sg2 K8b6 39. Kf2 Sh7 40. Ka3 1/2-1/2

Timman, J-Piket, Je ECO "A53"

1. d4 Af6 2. c4 c6 3. Ff4 d6 4. Ac3 g6 5. Af3 Fg4 6. Vd3 Fg7 7. O-O-O Aa6 8. h3 Fxf3 9. Vxf3 Ad7 10. h4 Va5 11. h5 O-O-O 12. h6 Ff6 13. g3 e5 14. Fe3 exd4 15. Fxd4 Fxd4 16. Kxd4 f5 17. Fg2 Ae5 18. Vf4 Ac5 19. Vh4 Ae6 20. Kdd1 Vb4 21. Sc2 g5 22. Vh3 Axc4 23. b3 g4 24. Vh4 Aa3+ 25. Sb2 Ad4 26. Kd3 Ac4+ 27. Sa1 Axb3+ 28. axb3 Va3+ 0-1

Timman, J-Nikolic, Pr ECO "E32"

1. d4 Af6 2. c4 e6 3. Ac3 Fb4 4. Vc2 O-O 5. a3 Fxc3+ 6. Vxc3 d6 7. f3 Ah5 8. g4 Vh4+ 9. Sd1 Af6 10. Ah3 h6 11. g5 e5 12. gxh6 Fxh3 13. fxxg7 Ke8 14. Fxh3 Vxh3 15. Ve3 Ad7 16. d5 Sxxg7 17. Fd2 Sh7 18. Sc2 Kg8 19. Khg1 a6 20. b4 Kg6 21. Vd3 Kag8 22. Kg3 Vh5 23. f4 f5 24. Kh3 Vg4 25. Kg3 Vh5 26. Kh3 Vg4 27. Kg3 Vh5 1/2-1/2

Adams, Mi-Kasparov, G ECO "B50"

1. e4 c5 2. Af3 d6 3. c3 Af6 4. Fe2 Fd7 5. Vc2 Vc7 6. O-O g6 7. d4 cxd4 8. Axd4 Ac6 9. Fe3 Fg7 10. c4 Ag4 11. Fxg4 Fxg4 12. Vd2 O-O 13. b3 Axd4 14. Fxd4 Fxd4 15. Vxd4 Vc5 16. Vd3 a6 17. Ac3 Fe6 18. a4 b6 19. Sh1 b5 20. axb5 axb5 21. Kxa8 Kxa8 22. Axb5 Ka2 23. Sg1 Kb2 24. Ad4 Fd7 25. h3 Va5 26. Kd1 Va2 27. Vf1 Va7 28. Ve1 f6 29. Ve3 Va2 30. Ve1 Va7 31. Sf1 Sf7 32. Kd2 Va2 33. Kxb2 Vxb2 34. Vd1 h5 35. f3 g5 36. Ae2 g4 37. hxxg4 hxxg4 38. Sf2 Fe6 39. Vd3 Fd7 40. f4 Fc6 41. Sg3 Va1 42. Ac3 f5 43. Ve3 fxe4 44. Axe4 Vf1 45. Ag5+ Se8 46. Vd2 Vb1 47. Sxxg4 Vxb3 48. Ve2 Vb1 49. Sg3 Vf5 50. Af3 Vg6+ 51. Sf2 Vf7 52. Sg3 Vg6+ 53.

Ag5 Vf5 54. Vd2 e5 55. Af3 Vxf4+ 56. Vxf4 exf4+ 57. Sxxf4 Fb7 58. g3 Fa6 59. Ad2 Se7 60. Se4 Se6 61. Sd4 1/2-1/2

Morozevich, A-Korchnoi, V ECO "C11"

1. e4 e6 2. d4 d5 3. Ac3 Af6 4. Fg5 dxe4 5. Axe4 Abd7 6. Axf6+ Axf6 7. Af3 c5 8. Fc4 Va5+ 9. c3 Fe7 10. O-O O-O 11. Ke1 Kd8 12. Ke5 Vb6 13. Ve2 h6 14. Fxf6 gxf6 15. Kh5 Ff8 16. dxc5 Vc7 17. Ke1 Fg7 18. h3 b6 19. Ah2 Fb7 20. Ag4 1/2-1/2

Kramnik, V-Short, A ECO "D37"

1. Af3 d5 2. d4 Af6 3. c4 e6 4. Ac3 Fe7 5. Ff4 O-O 6. e3 c5 7. dxc5 Fxc5 8. cxd5 Axd5 9. Axd5 exd5 10. a3 Ac6 11. Fd3 Fe7 12. O-O Ff6 13. Vb3 Vb6 14. Vxd5 Kd8 15. Ve4 g6 16. Fg5 Vxb2 17. Fc4 Sg7 18. Vh4 h5 19. Fxf7 Fxg5 20. Axxg5 Vf6 21. e4 Kd4 22. Kae1 Fd7 23. f4 Kf8 24. Fa2 Vd6 25. Sh1 Vxa3 26. Fb1 Ve7 27. Vg3 Sh6 28. Af3 Kb4 29. Ah4 Fe8 30. e5 Kxb1 31. Kxb1 Ad4 32. Vg5+ 1-0

Short, A-Polgar, Ju ECO "B85"

1. e4 c5 2. Af3 d6 3. d4 cxd4 4. Axd4 Af6 5. Ac3 a6 6. Fe2 e6 7. O-O Fe7 8. f4 Ac6 9. Fe3 O-O 10. Sh1 Vc7 11. Ve1 Axd4 12. Fxd4 b5 13. a3 Fb7 14. Vg3 Fc6 15. Kad1 Kad8 16. Kfe1 Ae8 17. Ff3 a5 18. Vf2 Kb8 19. e5 Fxf3 20. gxf3 Vc6 21. Ae4 dxe5 22. fxe5 f5 23. exf6 Fxf6 24. Axf6+ Axf6 25. Vg2 Kb7 26. Fe5 Kd7 27. Kg1 Kf7 28. Kde1 Ah5 29. Ke4 Kf5 30. b3 Kdf7 31. c4 bxc4 32. bxc4 Kxf3 33. Kh4 g6 34. Kxh5 K7f5 35. Kxf5 exf5 36. Ke1 h6 37. Fd4 g5 38. Sg1 g4 39. Ve2 g3 40. Ve5 1-0

likte oyunu beraberliğe götürdü bu oyun da 14 hamlede sona erdi. Altıncı oyun da beraberlikle sonuçlanınca Adams karşılaşmadan 4-2 galip ayrıldı.

WFG Chess Match 2000

FIDE Dünya Şampiyonu Alexander Khalifman, Macar genç yetenek Peter Leko'yla altı oyun üzerinden oynanan maçta boyun eğdi. Maç 4,5-1,5 Leko lehine bitti.

Cadaqués Bilgisayar Satranç Turnuvası

Cadaqués satranç turnuvası 3-9 Şubat tarihleri arasında İspanya'da yapıldı. Turnuvaya yedi satranç programı katıldı ve hepsi 256MB RAM'li PIII-500 bilgisayarlar da çalışıyordu. Oyun zamanları 40 dakikada 40 hamle üzerine kuruluydu. Her program birbiriyle tam 20 kez karşılaştı. Böylece turnuvada toplam 420 oyun oynandı. Junior 6 adlı oyun 120 karşılaşmadan 73 puan alarak birinci oldu. İkinciliği Fritz 6a, 69 puanla üçüncülüğü, Nimzo 7.32, 64,5 puanla aldı. Dördüncü Rebel Tiger 61 puan, beşinci Hiarc 7.32, 57 puan, altıncı Shredder 4 yedinci aynı puanlı Rebel Century, 40,5 puan, oldu.

Kasparovchess Grand Prix

Kasparovchess Grand Prix turnuvası 9-19 Şubat tarihleri arasında yapıldı. İnternet üzerinden düzenlenen turnuvada oyuncuların tüm hamlelerini yapabilmeleri için tam bir saatleri vardı. İki oyun oynayarak karşılaşan oyuncular bunların berabere bitmesi halinde sonucu belirleyen bir oyun daha oynuyor. Turnuvaya Kasparov, Adams, Svidler, Morozevich, Short, Piket, Gulko gibi önemli oyuncular katıldı. Bir başka katılımcı ise Cadaqués Bilgisayar Satranç Turnuvası'nı birinci olarak bitiren Junior 6 adlı satranç programıydı. Turnuvanın beşinci gününde Junior 6 İllescas'ı 2-0 yenmeyi başardı. Aynı gün Kasparov van Wely'le ilk oyunda berabere kalsa da Siyah'la oynama üstadı olarak ikinci oyunu zor yoldan da olsa aldı ve bir üst tura geçti. Altıncı günde Svidler Short'u 1,5-0,5 yendi. Bir sonraki gün Piket'de Morozevich'i alt etmeyi başardı. Sekizinci günde Adams Junior'la oynuyordu. Oyun programın lehine olduğu halde İnternet sorunları yüzünden oyun oynamadı ve hakemler beraberliğe karar verdi. Yarı fianlde Kasparov Adams'ı 1,5-0,5 yendi.

Düzeltili: Geçtiğimiz ay yaptığımız Ödüllü Sorular-4'deki üçüncü sorunun yanıtına ilişkin ilk hamle bir yanlışlık sonucu 1. Ff3 olarak verilmiştir. Birçok okuyucumuzun da gönderdiği gibi yanıt 1. Ff3 olacaktı.

Özgür Tek

Açılış Ansiklopedisi

Bu ay köşemizde Kabul edilmeyen Vezir Gambiti açılışlarının Slav varyasyonu ve Kabul edilen Vezir Gambitlerini bulabilirsiniz.

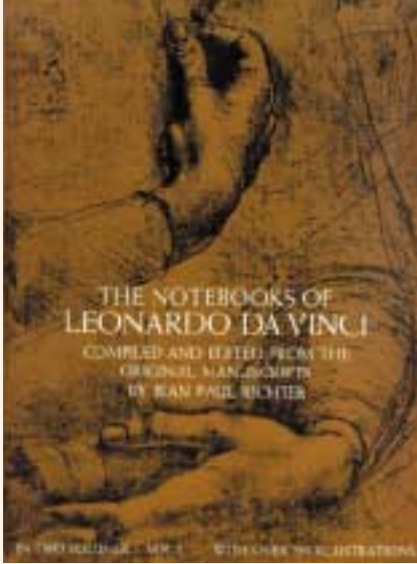
D14/03 KEVG Slav: değişim, Wuss atağı
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.cxd5 cxd5
5.Ac3 Ac6 6.Ff4 Ff5 7.e3 e6 8.Fd3
D14 KEVG Slav: değişim, Trifunovic varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.cxd5 cxd5
5.Ac3 Ac6 6.Ff4 Ff5 7.e3 e6 8.Vb3 Fb4
D15 KEVG Slav (Ac3'le)
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 a6 5.e3 b5
D15 KEVG Slav kabul edilen
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 dxc4
D15 KEVG Slav: 5.e3 (Alekhine varyasyonu)
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 dxc4 5.e3
b5 6.a4 b4
D15 KEVG Slav: Slav gambiti
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 dxc4 5.e4
D15/07 KEVG Slav: Tolush-Geller gambiti
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 dxc4 5.e4
b5 6.e5
D15 KEVG Slav: Schlechter varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 g6
D15 KEVG Slav: Suechting varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 Vb6
D16 KEVG Slav: Steiner varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 dxc4 5.a4
Fg4
D16 KEVG Slav: Soultanbeieff varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 dxc4 5.a4
e6
D16 KEVG Slav: Smyslov varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 dxc4 5.a4
Aa6 6.e4 Fg4
D17 KEVG Slav: Czech savunması
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 dxc4 5.a4
Ff5
D17 KEVG Slav: Krause atağı
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 dxc4 5.a4
Ff5 6.Ae5
D17 KEVG Slav: Wiesbaden varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 dxc4 5.a4
Ff5 6.Ae5 e6
D17 KEVG Slav: Carlsbad varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 dxc4 5.a4
Ff5 6.Ae5 Abd7 7.Axc4 Vc7 8.g3 e5
D18 KEVG Slav: Hollanda varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 dxc4 5.a4
Ff5 6.e3 e6 7.Fxc4 Fb4 8.O-O Abd7 9.Ve2
Fg6
D18/02 KEVG Slav: Hollanda, Slav gambiti
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 dxc4 5.a4
Ff5 6.e3 e6 7.Fxc4 Fb4 8.O-O Abd7 9.Ve2
Fg6
D19 KEVG Slav: Hollanda varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 dxc4 5.a4
Ff5 6.e3 e6 7.Fxc4 Fb4 8.O-O O-O 9.Ve2
D19 KEVG Slav: Hollanda varyasyonu, ana yolu
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 dxc4 5.a4
Ff5 6.e3 e6 7.Fxc4 Fb4 8.O-O O-O 9.Ve2
D19 KEVG Slav: Hollanda, Saemisch varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Ac3 dxc4 5.a4
Ff5 6.e3 e6 7.Fxc4 Fb4 8.O-O O-O 9.Ve2
Ae4
D20 KVG (Kabul Edilen Vezir gambiti)
1.d4 d5 2.c4 dxc4
D20 KVG: 3.e4
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.e4
D20 KVG: Linares varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.e4 c5 4.d5 Af6 5.Ac3
b5
D21 KVG: 3.Af3
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3
D21 KVG: Ericson varyasyonu

1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 b5
D22 KVG: Alekhine savunması
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 a6
D22 KVG: Alekhine savunması, Alatortsev varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 a6 4.e3 Fg4 5.Fxc4
e6 6.d5
D23/06 KVG: 4.Vc2
1.d4 d5 2.c4 c6 3.Af3 Af6 4.Vc2 dxc4
D23 KVG: Mannheim varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 Af6 4.Va4+
D24 KVG: 4.Ac3
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 Af6 4.Ac3
D24 KVG: Bogolyubov varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 Af6 4.Ac3 a6 5.e4
D25 KVG: 4.e3
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 Af6 4.e3
D25 KVG: Janowsky-Larsen varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 Af6 4.e3 Fg4
D26 KVG: Klasik varyasyon
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 Af6 4.e3 e6 5.Fxc4
c5
D26 KVG: Klasik varyasyon(6.O-O)
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 Af6 4.e3 e6 5.Fxc4
c5 6.O-O
D26 KVG: Klasik, Steinitz varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 Af6 4.e3 e6 5.Fxc4
c5 6.O-O cxd4
D26 KVG: Klasik, Furman varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 Af6 4.e3 e6 5.Fxc4
c5 6.Ve2 a6 7.dxc5 Fxc5
8.O-O Ac6 9.e4 b510.e5
D27 KVG: Klasik (6...a6)
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 Af6 4.e3 e6 5.Fxc4
c5 6.O-O a6
D27 KVG: Klasik, Rubinstein varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 Af6 4.e3 e6 5.Fxc4
c5 6.O-O a6 7.a4
D27 KVG: Klasik, Geller varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 Af6 4.e3 e6 5.Fxc4
c5 6.O-O a6 7.e4
D28 KVG: Klasik (7.Ve2)
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 Af6 4.e3 e6 5.Fxc4
c5 6.O-O a6 7.Ve2
D28 KVG: Klasik (7...b5)
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 Af6 4.e3 e6 5.Fxc4
c5 6.O-O a6 7.Ve2 b5
D28 KVG: Klasik, Flohr varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 Af6 4.e3 e6 5.Fxc4
c5 6.O-O a6 7.Ve2 b5 8.Fb3 Ac6 9.Kd1
c410.Fc2 Ab411.Ac3 Axc212.Vxc2 Fb713.d5
Vc7
D29 KVG: Klasik (8...Fb7)
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 Af6 4.e3 e6 5.Fxc4
c5 6.O-O a6 7.Ve2 b5 8.Fb3 Fb7
D29 KVG: Klasik, Smyslov varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 dxc4 3.Af3 Af6 4.e3 e6 5.Fxc4
c5 6.O-O a6 7.Ve2 b5 8.Fb3 Fb7 9.Kd1
Abd710.Ac3 Fd6
D30 KEVG (Kabul Edilmeyen Vezir Gambiti)
1.d4 d5 2.c4 e6
D30 KEVG
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Af3 Af6 4.Fg5
D30 KEVG : Viyana varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Af3 Af6 4.Fg5 Fb4+
D30 KEVG : Capablanca-Duras varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Af3 Af6 4.Fg5 h6
D30 KEVG : Hastings varyasyonu : w/ 7.Vb3
is D43 yan-Slav Hastings below
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Af3 Af6 4.Fg5 h6 5.Fxf6
Vxf6 6.Ac3 c6
D30 KEVG : Capablanca varyasyonu
1.d4 d5 2.c4 e6 3.Af3 Af6 4.Fg5 Abd7 5.e3
c6 6.Abd2

Vitrinde Olmayanlar

Barış Bıçakçı

Bu sayfada bundan böyle, henüz Türkçe'ye çevrilmemiş bir kitabı tanıtmak için kısa alıntılara yer vereceğiz. Leonardo Da Vinci'nin Defterleri ile başlıyoruz. Bilim ve sanatın hemen her alanında ilginç düşünceleri ve ürünleri olan Da Vinci'nin 15. yüzyılda kaleme aldığı defterlerinden yıldızlar ve zamanla ilgili notları...



The Notebooks of Leonardo Da Vinci

Orijinal elyazmalarını derleyen ve yayıma hazırlayan Jean Paul Richter
Dover Publications, Inc. New York, 1975
I. Cilt 367 sayfa, II. Cilt 499 sayfa

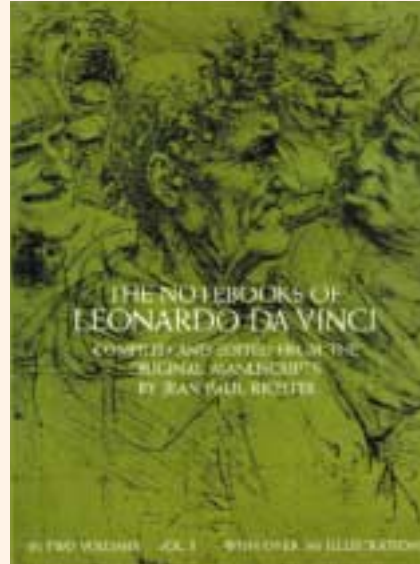
*

Yıldızlar gündüzleri değil geceleri görülebilir. Bunun nedeni, sayılamayacak kadar çok nem parçacığıyla dolu yoğun bir atmosferin altında olmamız ve Güneş ışınları üzerlerine düştüğünde bu nem parçacıklarının her birinin bir parlaklık yansıtmasıdır. Böylece bu sayısız parlak parçacık, yıldızları gizler. Atmosferin bu özelliği olmasaydı gökyüzü kendi karanlığı üzerinde yıldızları her zaman sergileyebilirdi.

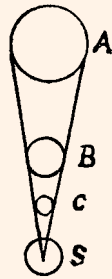
*

Yıldızlar Işıklarını Güneş'ten mi Alıyorlar, Yoksa Kendileri mi Birer Işık Kaynağı?

Kimileri, Venüs ve Merkür'ün birer ışık kaynağı olmasalardı, bizimle Güneş arasına girdiklerinde Güneş'in kapayabildikleri kısmını karartmaları gerektiğini iddia ederek, bu gezegenlerin birer ışık kaynağı olduğunu söylüyor. Ancak bu yanlıştır, çünkü karanlık bir nesne ışık veren bir cismin önünde durduğunda, ışık veren cismin karanlık nesne tarafından kapanmayan kısmından gelen yanıl ışınların nesneyi kuşattığı ve tamamen gizlediği, böylece de görünmez yaptığı kanıtlanmıştır. Belli bir mesafeden, yapraksız bir ağacın dalları arasından Güneş'e bakıldığında görülebileceği gibi dallar Güneş'in herhangi bir kısmını ka-



patmaz. Aynı şey, birer ışık kaynağı olmasalar da yukarıda sözü edilen gezegenler için de geçerlidir. Bu gezegenler, söylendiği gibi, Güneş'in herhangi bir kısmını kapatmaz.

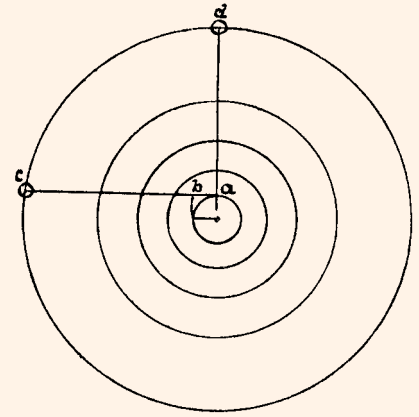


kişiler, Dünya'nın koni biçimindeki gölgesinin çoğu yıldızla ulaşamayacağını hesaba katmıyor. Diyelim ki ulaştı, gölge konisi o kadar küçüldür ki yıldızın kütlelerinin ancak çok küçük bir bölümünü kapatır ve yıldızın geri kalanı Güneş tarafından aydınlatılır.

*

Gezegenler neden Doğu'dayken tam tepemizde olduklarından daha büyükmüş gibi görünüyorlar? Aslında bunun tam tersi olması gerekir; çünkü gökyüzünün tam ortasındayken bize, ufuk çizgisinde olduklarından 3500 mil daha yakındırlar.

Göksel cisimlerin görüntülerinin gözümüze ulaşmak için geçtiği hava katmanları eşmerkezli eğrilerden oluşur ve bu görüntülerin merkez çizgilerinin bu katmanlardan geçerken oluşturduğu açılar dik değildir ve mesafe ad 'den ab kadar fazladır.



*

Gezegenlerin özelliklerini anlamak için kapağı açın ve tek bir gezegenin tabana düşen görüntüsüne bakın (burada da Vinci bir aletten, belki de bir 'camera obscura' dan söz ediyor). Bu görüntünün yansıtılmasıyla söz konusu gezegenin özellikleri görülebilir. Ancak tabanı her defasında tek bir gezegeni görecektir biçimde ayarlayın.

*

Zaman, bölünemeyen ve cisimsiz bir şey olarak Kesintisiz Nicelikler kümesinde yer almasına karşın, tam olarak Geometri'nin alanına girmez. Geometri, somut ve görülebilir özellikleri açısından kesintisiz gibi görünen sonsuz çeşitlilikte biçim ve nesne ile ilgilenir. Ancak yalnızca Geometri'nin temel unsurları yani Nokta ve Çizgi, Zaman ile benzerlik içindedir. Nokta zamanın belli bir anıyla karşılaştırılabilir ve çizgi de belli bir sürenin uzunluğuyla ilişkilendirilebilir ve tıpkı bir çizginin bir noktadan başlayıp bir noktada bitmesi gibi bir zaman aralığı da belli bir anda başlar ve başka bir anda biter. Ve yine nasıl bir çizgi sonsuz kez bölünebiliyorsa, bir zaman aralığı da aynı özelliğe sahiptir. Çizginin bölümleri arasında nasıl belli bir oran varsa, zamanın bölümleri arasında da vardır.

*

Zaman'ın doğasını Geometri tanımlamalarına başvurmadan açıkla...

*

Bir saatlik süreyi 3000 parçaya böl. Bu nu saatin sarkacını hafifleterek veya ağırlaştırarak yapabilirsiniz.

Yayın Dünyası

Murat Dirican



İslam'da Bilimin Yükselişi ve Çöküşü (827-1107)

Cengiz Özakinci
Otopsi Yayınları
Bilimsel
Araştırmalar Dizisi

Batı'nın bilimsel üstünlüğünü Eski Yunan çoktanrıcılığının, Yahudiliğin ve Hristiyanlığın bir başarısı olarak gösterenler, Doğu'nun bilimsel geriliğini tümüyle Müslümanlığa bağlamaktadırlar. Oysa Müslümanlar, 827-1107 yılları arasında yeryüzünde bilimin tek öncüsü durumundaydılar. İşte *İslam'da Bilimin Yükselişi ve Çöküşü* bunun belgeleriyle dolu. Peki ama, nasıl oldu da Müslümanlar 400 yıl süren bilim öncülüğünü Batı'ya kaptırıp Batı'dan bilim dilenir duruma düştüler? Bir bakıma bu kitap, bugüne dek doyurucu bir yanıt verilemeyen bu soruyu bilimsel verilere dayanarak, herkesin anlayabileceği bir dille yanıtlıyor...



Boğaziçi Büyüsü

Necati Güngör
İnkılap Kitabevi
Tarih/İnceleme
Biyografi Dizisi
İstanbul 1999
Boğaziçi Büyüsü, yazarı

Necati Güngör'ün daha önce yayımlanmış "Şehr-i Şirin İstanbul" ve "Bir Hayal İstanbul" adlı kitaplarının devamı görünümünde. Kitapta, Bizans döneminde birbirinden uzak köyler

halinde bulunan, ancak Osmanlı'nın keşfedip zenginleştirdiği cennet köşesi Boğaz semtlerinin o büyü ve gizemli havasını soluyacaksınız... Gerek Knut Hamsun, Adolphus Slade, Max Müller gibi geçmiş yüzyıllarda İstanbul'un büyüüne kapılan Batılı yazarların kaleme aldıkları Boğaziçi izlenimleri, gerekse Yahya Kemal, Ahmet Hamdi Tanpınar, Ahmet Haşim gibi İstanbul tutkunu yerli yazarların anıları ve gözlemleri bir arada, adeta bir Boğaziçi tarihini oluşturuyor. Aynı yayınevi, Necati Güngör'ün bu kapsamlı çalışmasının yanı sıra, yine İstanbul'u işleyen yeni kitaplarıyla okurlarını buluşturmayı amaçlıyor.



Schrödinger'in Kedisi

1. Kitap
Kâbus
Alev Alattı
Boyut Yayınevi
İstanbul, Kasım 1999

2020'li yıllar... Postni-

şinde Yüce Pir'in oturduğu Yeni Dünya Düzeni tarikatı iktidarını hızla güçlendirmektedir. Tarikatı oluşturan vâsıl, sâlik, mürid ve tâlipler, "Son Hakikat" dedikleri dünya görüşlerini gezegenin bütününe tebliğ etmekle yükümlüdürler. Dünya halkları ya "Tekleşmiş Varoluş"ta eriycekler ya da genleri yok edilmek suretiyle mutlak bir biyolojik ölüme karşı karşıya bırakılan Sömürölmezler'in

ve Lanetliler'in kaderini paylaşacaklardır. Postmodern Faşizm, "Tek bir dünya, tek bir devlet, tek bir bayrak!" sloganıyla özetlenen çağdaş değerlerini, evrensel medyanın tüm olanaklarını kullanarak dayatır. Yüce Pir'in Kutsal Koalisyonu ile baş edebilecek tek bir güç vardır: Schrödinger'in kedisi. Erwin Schrödinger'in kedisi, yeni fiziğin maskotudur. Aynı anda ölü ve diri olabilmek gibi akıl almaz bir bilimsel gerçekliği temsil eden Schrödinger'in kedisi, Yüce Pir'in ve onun Kutsal Koalisyonu'nun önündeki tek engeldir. Buna karşın, *Schrödinger'in Kedisi* bir bilimkurgu romanı değildir. Tersine, 1950-2035 yılları arasında yaşayan, Çankırı doğumlu psikoterapist İmre Kadızade'nin, yıldızların İblis'i resmetmekte kullanılan taşlar olarak göründükleri bir ortamdan, 21. yüzyıla, yeni fiziğe, kaos teorisine, bulanık mantığa uzanan zihinsel cenklerinin öyküsüdür. Alev Alattı'nın uzun yıllardır üzerinde çalıştığı dev romanı, ülkemiz edebiyatındaki ilk çaplı 'Anti-Ütopya' özelliğini, altını çizdirecek bir tonlamayla okurun ve düşünebilen Türk insanının ilgisine sunuyor. Bir gerilim romanının tempo ve heyecanını bir an bile elden kaçırmadan, ülke olarak neden ön-insanlar aşamasında kaldığımızın çözümlemelerini yapıyor. Bu gerçeği acımasız ve çarpıcı bir biçimde yüzümüze vuruyor.



Osmanlı İmparatorluğu'nda Paranın Tarihi

Şevket Pamuk
Tarih Vakfı Yurt
Yayınları
İstanbul, Nisan 1999

Osmanlılar

için sikke, hutbeyle birlikte egemenliğin en önemli iki simgesinden biriydi. Altın ve gümüş sikkeler elden ele, bölgeden bölgeye taşındıkça hükümdarın gücünü ülkenin en uzak köşelerine ulaştırıyorlardı. Osmanlılar, paranın bolluğu ve piyasalardaki dolaşımının ticaret ve ekonomi üzerindeki olumsuz etkileriyle yaşamak ve mücadele etmek zorunda kalmışlar. Buna karşın yine de para konularında genellikle esnek ve pragmatik davranmışlardır. Bu kitap, Orhan Bey'in darp ettirdiği ilk gümüş akçeden, imparatorluğun son yıllarında kullanılan kaimelere kadar Osmanlı para tarihinin altı yüzyıllık serüvenini anlatıyor.

Prof. Dr. Şevket Pamuk, Osmanlı arşivlerindeki titiz araştırmalarla desteklenen çalışmalarında Osmanlı para düzenini bütün boyutlarıyla ele alıyor. Geniş Osmanlı coğrafyasında tedavül eden sikkeleri, Osmanlı ekonomisi politikalarını, taşıyıcıları, enflasyonu, kredi ve finans kurumlarını, para piyasalarını, ayrıca bunların yerel gelişmeler ve küresel güçlere bağlı olarak evrimini ayrıntılı biçimde inceliyor.



Proust Yaşamınızı Nasıl Değiştirebilir

İnceleme
Alain de Botton
Çeviri: Banu Telliöğlu
Sel Yayıncılık
Edebiyat Dizisi
İstanbul, Şubat 2000



Herkes İçin Visual Basic

Bilgisayar
M. Şakir Unutur
Arter Yayıncılık
İstanbul,
Ocak 2000



Media

İstanbul Dörtlüsü 4
Roman
Hikmet Temel
Akarsu
İnkılap Kitabevi
İstanbul, 2000



Internet Kullanım Kılavuzu

Bilgisayar
Alfa Basım Yayım
Dağıtım
İstanbul,
Kasım 1999



Hikaye

İnceleme
Halid Ziya Uşaklıgil
Hazırlayan: Nur
Gürani Arslan
Yapı Kredi Yayınları
Edebiyat Dizisi
İstanbul, 1998



Felidae

Roman
Akif Piringçi
Çeviri: Selahattin
Dilidüzgün
Güncel Yayıncılık /
Edebiyat Dizisi
İstanbul, Kasım 1999



Siyaset, Sosyoloji ve Toplumsal Teori

Kuram
Anthony Giddens
Çeviri: Tuncay Birkan
Metis Yayınları / Tarih
Toplumsal Felsefe Dizisi
İstanbul, Ocak 2000



Benim Gençliğim

Anı
Can Dündar
İmge Kitabevi
Yayınları
İstanbul,
Ocak 2000

Yayın Dünyası

Murat Dirican



İslam'da Bilimin Yükselişi ve Çöküşü (827-1107)

Cengiz Özakinci
Otopsi Yayınları
Bilimsel
Araştırmalar Dizisi

Batı'nın bilimsel üstünlüğünü Eski Yunan çoktanrıcılığının, Yahudiliğin ve Hristiyanlığın bir başarısı olarak gösterenler, Doğu'nun bilimsel geriliğini tümüyle Müslümanlığa bağlamaktadırlar. Oysa Müslümanlar, 827-1107 yılları arasında yeryüzünde bilimin tek öncüsü durumundaydılar. İşte *İslam'da Bilimin Yükselişi ve Çöküşü* bunun belgeleriyle dolu. Peki ama, nasıl oldu da Müslümanlar 400 yıl süren bilim öncülüğünü Batı'ya kaptırıp Batı'dan bilim dilenir duruma düştüler? Bir bakıma bu kitap, bugüne dek doyurucu bir yanıt verilemeyen bu soruyu bilimsel verilere dayanarak, herkesin anlayabileceği bir dille yanıtlıyor...



Boğaziçi Büyüsü

Necati Güngör
İnkılap Kitabevi
Tarih/İnceleme
Biyografi Dizisi
İstanbul 1999
Boğaziçi Büyüsü, yazarı

Necati Güngör'ün daha önce yayımlanmış "Şehr-i Şirin İstanbul" ve "Bir Hayal İstanbul" adlı kitaplarının devamı görünümünde. Kitapta, Bizans döneminde birbirinden uzak köyler

halinde bulunan, ancak Osmanlı'nın keşfedip zenginleştirdiği cennet köşesi Boğaz semtlerinin o büyü ve gizemli havasını soluyacaksınız... Gerek Knut Hamsun, Adolphus Slade, Max Müller gibi geçmiş yüzyıllarda İstanbul'un büyüüne kapılan Batılı yazarların kaleme aldıkları Boğaziçi izlenimleri, gerekse Yahya Kemal, Ahmet Hamdi Tanpınar, Ahmet Haşim gibi İstanbul tutkunu yerli yazarların anıları ve gözlemleri bir arada, adeta bir Boğaziçi tarihini oluşturuyor. Aynı yayınevi, Necati Güngör'ün bu kapsamlı çalışmasının yanı sıra, yine İstanbul'u işleyen yeni kitaplarıyla okurlarını buluşturmayı amaçlıyor.



Schrödinger'in Kedisi

1. Kitap
Kâbus
Alev Alattı
Boyut Yayınevi
İstanbul, Kasım 1999

2020'li yıllar... Postni-

şinde Yüce Pir'in oturduğu Yeni Dünya Düzeni tarikatı iktidarını hızla güçlendirmektedir. Tarikatı oluşturan vâsıl, sâlik, mürid ve tâlipler, "Son Hakikat" dedikleri dünya görüşlerini gezegenin bütününe tebliğ etmekle yükümlüdürler. Dünya halkları ya "Tekleşmiş Varoluş"ta eriycekler ya da genleri yok edilmek suretiyle mutlak bir biyolojik ölüme karşı karşıya bırakılan Sömürölmezler'in

ve Lanetliler'in kaderini paylaşacaklardır. Postmodern Faşizm, "Tek bir dünya, tek bir devlet, tek bir bayrak!" sloganıyla özetlenen çağdaş değerlerini, evrensel medyanın tüm olanaklarını kullanarak dayatır. Yüce Pir'in Kutsal Koalisyonu ile baş edebilecek tek bir güç vardır: Schrödinger'in kedisi. Erwin Schrödinger'in kedisi, yeni fiziğin maskotudur. Aynı anda ölü ve diri olabilmek gibi akıl almaz bir bilimsel gerçekliği temsil eden Schrödinger'in kedisi, Yüce Pir'in ve onun Kutsal Koalisyonu'nun önündeki tek engeldir. Buna karşın, *Schrödinger'in Kedisi* bir bilimkurgu romanı değildir. Tersine, 1950-2035 yılları arasında yaşayan, Çankırı doğumlu psikoterapist İmre Kadızade'nin, yıldızların İblis'i resmetmekte kullanılan taşlar olarak göründükleri bir ortamdan, 21. yüzyıla, yeni fiziğe, kaos teorisine, bulanık mantığa uzanan zihinsel cenklerinin öyküsüdür. Alev Alattı'nın uzun yıllardır üzerinde çalıştığı dev romanı, ülkemiz edebiyatındaki ilk çaplı 'Anti-Ütopya' özelliğini, altını çizdirecek bir tonlamayla okurun ve düşünebilen Türk insanının ilgisine sunuyor. Bir gerilim romanının tempo ve heyecanını bir an bile elden kaçırmadan, ülke olarak neden ön-insanlar aşamasında kaldığımızın çözümlemelerini yapıyor. Bu gerçeği acımasız ve çarpıcı bir biçimde yüzümüze vuruyor.



Osmanlı İmparatorluğu'nda Paranın Tarihi

Şevket Pamuk
Tarih Vakfı Yurt
Yayınları
İstanbul, Nisan 1999

Osmanlılar

için sikke, hutbeyle birlikte egemenliğin en önemli iki simgesinden biriydi. Altın ve gümüş sikkeler elden ele, bölgeden bölgeye taşındıkça hükümdarın gücünü ülkenin en uzak köşelerine ulaştırıyorlardı. Osmanlılar, paranın bolluğu ve piyasalardaki dolaşımının ticaret ve ekonomi üzerindeki olumsuz etkileriyle yaşamak ve mücadele etmek zorunda kalmışlar. Buna karşın yine de para konularında genellikle esnek ve pragmatik davranmışlardır. Bu kitap, Orhan Bey'in darp ettirdiği ilk gümüş akçeden, imparatorluğun son yıllarında kullanılan kaimelere kadar Osmanlı para tarihinin altı yüzyıllık serüvenini anlatıyor.

Prof. Dr. Şevket Pamuk, Osmanlı arşivlerindeki titiz araştırmalarla desteklenen çalışmalarında Osmanlı para düzenini bütün boyutlarıyla ele alıyor. Geniş Osmanlı coğrafyasında tedavül eden sikkeleri, Osmanlı ekonomisi politikalarını, taşıyıcıları, enflasyonu, kredi ve finans kurumlarını, para piyasalarını, ayrıca bunların yerel gelişmeler ve küresel güçlere bağlı olarak evrimini ayrıntılı biçimde inceliyor.



Proust Yaşamınızı Nasıl Değiştirebilir

İnceleme
Alain de Botton
Çeviri: Banu Telliöğlu
Sel Yayıncılık
Edebiyat Dizisi
İstanbul, Şubat 2000



Herkes İçin Visual Basic

Bilgisayar
M. Şakir Unutur
Arter Yayıncılık
İstanbul,
Ocak 2000



Media

İstanbul Dörtlüsü 4
Roman
Hikmet Temel
Akarsu
İnkılap Kitabevi
İstanbul, 2000

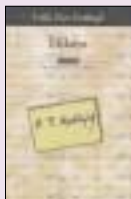


Internet Kullanım Kılavuzu

Bilgisayar
Alfa Basım Yayım
Dağıtım
İstanbul,
Kasım 1999

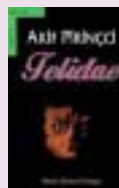
Hikaye

İnceleme
Halid Ziya Uşaklıgil
Hazırlayan: Nur
Gürani Arslan
Yapı Kredi Yayınları
Edebiyat Dizisi
İstanbul, 1998



Felidae

Roman
Akif Pirinçci
Çeviri: Selahattin
Dilidüzgün
Güncel Yayıncılık /
Edebiyat Dizisi
İstanbul, Kasım 1999



Siyaset, Sosyoloji ve Toplumsal Teori

Kuram
Anthony Giddens
Çeviri: Tuncay Birkan
Metis Yayınları / Tarih
Toplum Felsefe Dizisi
İstanbul, Ocak 2000



Benim Gençliğim

Anı
Can Dündar
İmge Kitabevi
Yayınları
İstanbul,
Ocak 2000



Yayın Dünyası

Murat Dirican



İslam'da Bilimin Yükselişi ve Çöküşü (827-1107)

Cengiz Özakinci
Otopsi Yayınları
Bilimsel
Araştırmalar Dizisi

Batı'nın bilimsel üstünlüğünü Eski Yunan çoktanrıcılığının, Yahudiliğin ve Hristiyanlığın bir başarısı olarak gösterenler, Doğu'nun bilimsel geriliğini tümüyle Müslümanlığa bağlamaktadırlar. Oysa Müslümanlar, 827-1107 yılları arasında yeryüzünde bilimin tek öncüsü durumundaydılar. İşte *İslam'da Bilimin Yükselişi ve Çöküşü* bunun belgeleriyle dolu. Peki ama, nasıl oldu da Müslümanlar 400 yıl süren bilim öncülüğünü Batı'ya kaptırıp Batı'dan bilim dilenir duruma düştüler? Bir bakıma bu kitap, bugüne dek doyurucu bir yanıt verilemeyen bu soruyu bilimsel verilere dayanarak, herkesin anlayabileceği bir dille yanıtlıyor...



Boğaziçi Büyüsü

Necati Güngör
İnkılap Kitabevi
Tarih/İnceleme
Biyografi Dizisi
İstanbul 1999
Boğaziçi Büyüsü, yazarı

Necati Güngör'ün daha önce yayımlanmış "Şehr-i Şirin İstanbul" ve "Bir Hayal İstanbul" adlı kitaplarının devamı görünümünde. Kitapta, Bizans döneminde birbirinden uzak köyler

halinde bulunan, ancak Osmanlı'nın keşfedip zenginleştirdiği cennet köşesi Boğaz semtlerinin o büyü ve gizemli havasını soluyacaksınız... Gerek Knut Hamsun, Adolphus Slade, Max Müller gibi geçmiş yüzyıllarda İstanbul'un büyüüne kapılan Batılı yazarların kaleme aldıkları Boğaziçi izlenimleri, gerekse Yahya Kemal, Ahmet Hamdi Tanpınar, Ahmet Haşim gibi İstanbul tutkunu yerli yazarların anıları ve gözlemleri bir arada, adeta bir Boğaziçi tarihini oluşturuyor. Aynı yayınevi, Necati Güngör'ün bu kapsamlı çalışmasının yanı sıra, yine İstanbul'u işleyen yeni kitaplarıyla okurlarını buluşturmayı amaçlıyor.



Schrödinger'in Kedisi

1. Kitap
Kâbus
Alev Alattı
Boyut Yayınevi
İstanbul, Kasım 1999

2020'li yıllar... Postni-

şinde Yüce Pir'in oturduğu Yeni Dünya Düzeni tarikatı iktidarını hızla güçlendirmektedir. Tarikatı oluşturan vâsıl, sâlik, mürid ve tâlipler, "Son Hakikat" dedikleri dünya görüşlerini gezegenin bütününe tebliğ etmekle yükümlüdürler. Dünya halkları ya "Tekleşmiş Varoluş"ta eriycekler ya da genleri yok edilmek suretiyle mutlak bir biyolojik ölüme karşı karşıya bırakılan Sömürölmezler'in

ve Lanetliler'in kaderini paylaşacaklardır. Postmodern Faşizm, "Tek bir dünya, tek bir devlet, tek bir bayrak!" sloganıyla özetlenen çağdaş değerlerini, evrensel medyanın tüm olanaklarını kullanarak dayatır. Yüce Pir'in Kutsal Koalisyonu ile baş edebilecek tek bir güç vardır: Schrödinger'in kedisi. Erwin Schrödinger'in kedisi, yeni fiziğin maskotudur. Aynı anda ölü ve diri olabilmek gibi akıl almaz bir bilimsel gerçekliği temsil eden Schrödinger'in kedisi, Yüce Pir'in ve onun Kutsal Koalisyonu'nun önündeki tek engeldir. Buna karşın, *Schrödinger'in Kedisi* bir bilimkurgu romanı değildir. Tersine, 1950-2035 yılları arasında yaşayan, Çankırı doğumlu psikoterapist İmre Kadızade'nin, yıldızların İblis'i resmetmekte kullanılan taşlar olarak göründükleri bir ortamdan, 21. yüzyıla, yeni fiziğe, kaos teorisine, bulanık mantığa uzanan zihinsel cenklerinin öyküsüdür. Alev Alattı'nın uzun yıllardır üzerinde çalıştığı dev romanı, ülkemiz edebiyatındaki ilk çaplı 'Anti-Ütopya' özelliğini, altını çizdirecek bir tonlamayla okurun ve düşünebilen Türk insanının ilgisine sunuyor. Bir gerilim romanının tempo ve heyecanını bir an bile elden kaçırmadan, ülke olarak neden ön-insanlar aşamasında kaldığımızın çözümlemelerini yapıyor. Bu gerçeği acımasız ve çarpıcı bir biçimde yüzümüze vuruyor.



Osmanlı İmparatorluğu'nda Paranın Tarihi

Şevket Pamuk
Tarih Vakfı Yurt
Yayınları
İstanbul, Nisan 1999

Osmanlılar

için sikke, hutbeyle birlikte egemenliğin en önemli iki simgesinden biriydi. Altın ve gümüş sikkeler elden ele, bölgeden bölgeye taşındıkça hükümdarın gücünü ülkenin en uzak köşelerine ulaştırıyorlardı. Osmanlılar, paranın bolluğu ve piyasalardaki dolaşımının ticaret ve ekonomi üzerindeki olumsuz etkileriyle yaşamak ve mücadele etmek zorunda kalmışlar. Buna karşın yine de para konularında genellikle esnek ve pragmatik davranmışlardır. Bu kitap, Orhan Bey'in darp ettirdiği ilk gümüş akçeden, imparatorluğun son yıllarında kullanılan kaimelere kadar Osmanlı para tarihinin altı yüzyıllık serüvenini anlatıyor.

Prof. Dr. Şevket Pamuk, Osmanlı arşivlerindeki titiz araştırmalarla desteklenen çalışmalarında Osmanlı para düzenini bütün boyutlarıyla ele alıyor. Geniş Osmanlı coğrafyasında tedavül eden sikkeleri, Osmanlı ekonomisi politikalarını, taşıyıcıları, enflasyonu, kredi ve finans kurumlarını, para piyasalarını, ayrıca bunların yerel gelişmeler ve küresel güçlere bağlı olarak evrimini ayrıntılı biçimde inceliyor.



Proust Yaşamınızı Nasıl Değiştirebilir

İnceleme
Alain de Botton
Çeviri: Banu Telliöğlu
Sel Yayıncılık
Edebiyat Dizisi
İstanbul, Şubat 2000



Herkes İçin Visual Basic

Bilgisayar
M. Şakir Unutur
Arter Yayıncılık
İstanbul,
Ocak 2000



Media

İstanbul Dörtüsü 4
Roman
Hikmet Temel
Akarsu
İnkılap Kitabevi
İstanbul, 2000



Internet Kullanım Kılavuzu

Bilgisayar
Alfa Basım Yayımları
Dağıtım
İstanbul,
Kasım 1999



Hikaye

İnceleme
Halid Ziya Uşaklıgil
Hazırlayan: Nur
Gürani Arslan
Yapı Kredi Yayınları
Edebiyat Dizisi
İstanbul, 1998



Felidae

Roman
Akif Pirinçci
Çeviri: Selahattin
Dilidüzgün
Güncel Yayıncılık /
Edebiyat Dizisi
İstanbul, Kasım 1999



Siyaset, Sosyoloji ve Toplumsal Teori

Kuram
Anthony Giddens
Çeviri: Tuncay Birkan
Metis Yayınları / Tarih
Toplumsal Felsefe Dizisi
İstanbul, Ocak 2000



Benim Gençliğim

Anı
Can Dündar
İmge Kitabevi
Yayınları
İstanbul,
Ocak 2000

Yayın Dünyası

Murat Dirican



İslam'da Bilimin Yükselişi ve Çöküşü
(827-1107)
Cengiz Özakinci
Otopsi Yayınları
Bilimsel
Araştırmalar Dizisi

Batı'nın bilimsel üstünlüğünü Eski Yunan çoktanrıcılığının, Yahudiliğin ve Hristiyanlığın bir başarısı olarak gösterenler, Doğu'nun bilimsel geriliğini tümüyle Müslümanlığa bağlamaktadırlar. Oysa Müslümanlar, 827-1107 yılları arasında yeryüzünde bilimin tek öncüsü durumundaydılar. İşte *İslam'da Bilimin Yükselişi ve Çöküşü* bunun belgeleriyle dolu. Peki ama, nasıl oldu da Müslümanlar 400 yıl süren bilim öncülüğünü Batı'ya kaptırıp Batı'dan bilim dilenir duruma düştüler? Bir bakıma bu kitap, bugüne dek doyurucu bir yanıt verilemeyen bu soruyu bilimsel verilere dayanarak, herkesin anlayabileceği bir dille yanıtlıyor...



Boğaziçi Büyüsü
Necati Güngör
İnkılap Kitabevi
Tarih/İnceleme
Biyografi Dizisi
İstanbul 1999
Boğaziçi Büyüsü, yazarı

Necati Güngör'ün daha önce yayımlanmış "Şehr-i Şirin İstanbul" ve "Bir Hayal İstanbul" adlı kitaplarının devamı görünümünde. Kitapta, Bizans döneminde birbirinden uzak köyler

halinde bulunan, ancak Osmanlı'nın keşfedip zenginleştirdiği cennet köşesi Boğaz semtlerinin o büyü ve gizemli havasını soluyacaksınız... Gerek Knut Hamsun, Adolphus Slade, Max Müller gibi geçmiş yüzyıllarda İstanbul'un büyüüne kapılan Batılı yazarların kaleme aldıkları Boğaziçi izlenimleri, gerekse Yahya Kemal, Ahmet Hamdi Tanpınar, Ahmet Haşim gibi İstanbul tutkunu yerli yazarların anıları ve gözlemleri bir arada, adeta bir Boğaziçi tarihini oluşturuyor. Aynı yayınevi, Necati Güngör'ün bu kapsamlı çalışmasının yanı sıra, yine İstanbul'u işleyen yeni kitaplarıyla okurlarını buluşturmayı amaçlıyor.



Schrödinger'in Kedisi
1. Kitap
Kâbus
Alev Alattı
Boyut Yayınevi
İstanbul, Kasım 1999

2020'li yıllar... Postni-

şinde Yüce Pir'in oturduğu Yeni Dünya Düzeni tarikatı iktidarını hızla güçlendirmektedir. Tarikatı oluşturan vâsıl, sâlik, mürid ve tâlipler, "Son Hakikat" dedikleri dünya görüşlerini gezegenin bütününe tebliğ etmekle yükümlüdürler. Dünya halkları ya "Tekleşmiş Varoluş"ta eriycekler ya da genleri yok edilmek suretiyle mutlak bir biyolojik ölüme karşı karşıya bırakılan Sömürölmezler'in

ve Lanetliler'in kaderini paylaşacaklardır. Postmodern Faşizm, "Tek bir dünya, tek bir devlet, tek bir bayrak!" sloganıyla özetlenen çağdaş değerlerini, evrensel medyanın tüm olanaklarını kullanarak dayatır. Yüce Pir'in Kutsal Koalisyonu ile baş edebilecek tek bir güç vardır: Schrödinger'in kedisi. Erwin Schrödinger'in kedisi, yeni fiziğin maskotudur. Aynı anda ölü ve diri olabilmek gibi akıl almaz bir bilimsel gerçekliği temsil eden Schrödinger'in kedisi, Yüce Pir'in ve onun Kutsal Koalisyonu'nun önündeki tek engeldir. Buna karşın, *Schrödinger'in Kedisi* bir bilimkurgu romanı değildir. Tersine, 1950-2035 yılları arasında yaşayan, Çankırı doğumlu psikoterapist İmre Kadızade'nin, yıldızların İblis'i resmetmekte kullanılan taşlar olarak göründükleri bir ortamdan, 21. yüzyıla, yeni fiziğe, kaos teorisine, bulanık mantığa uzanan zihinsel cenklerinin öyküsüdür. Alev Alattı'nın uzun yıllardır üzerinde çalıştığı dev romanı, ülkemiz edebiyatındaki ilk çaplı 'Anti-Ütopya' özelliğini, altını çizdirecek bir tonlamayla okurun ve düşünebilen Türk insanının ilgisine sunuyor. Bir gerilim romanının tempo ve heyecanını bir an bile elden kaçırmadan, ülke olarak neden ön-insanlar aşamasında kaldığımızın çözümlemelerini yapıyor. Bu gerçeği acımasız ve çarpıcı bir biçimde yüzümüze vuruyor.



Osmanlı İmparatorluğu'nda Paranın Tarihi
Şevket Pamuk
Tarih Vakfı Yurt Yayınları
İstanbul, Nisan 1999

Osmanlılar

için sikke, hutbeyle birlikte egemenliğin en önemli iki simgesinden biriydi. Altın ve gümüş sikkeler elden ele, bölgeden bölgeye taşındıkça hükümdarın gücünü ülkenin en uzak köşelerine ulaştırıyorlardı. Osmanlılar, paranın bolluğu ve piyasalardaki dolaşımının ticaret ve ekonomi üzerindeki olumsuz etkileriyle yaşamak ve mücadele etmek zorunda kalmışlar. Buna karşın yine de para konularında genellikle esnek ve pragmatik davranmışlardır. Bu kitap, Orhan Bey'in darp ettirdiği ilk gümüş akçeden, imparatorluğun son yıllarında kullanılan kaimelere kadar Osmanlı para tarihinin altı yüzyıllık serüvenini anlatıyor.

Prof. Dr. Şevket Pamuk, Osmanlı arşivlerindeki titiz araştırmalarla desteklenen çalışmalarında Osmanlı para düzenini bütün boyutlarıyla ele alıyor. Geniş Osmanlı coğrafyasında tedavül eden sikkeleri, Osmanlı ekonomisi politikalarını, taşıyıcıları, enflasyonu, kredi ve finans kurumlarını, para piyasalarını, ayrıca bunların yerel gelişmeler ve küresel güçlere bağlı olarak evrimini ayrıntılı biçimde inceliyor.



Proust Yaşamınızı Nasıl Değiştirebilir
İnceleme
Alain de Botton
Çeviri: Banu Telliöğlu
Sel Yayıncılık
Edebiyat Dizisi
İstanbul, Şubat 2000



Herkes İçin Visual Basic
Bilgisayar
M. Şakir Unutur
Arter Yayıncılık
İstanbul, Ocak 2000



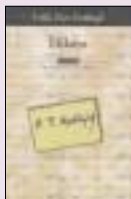
Media
İstanbul Dörtlüsü 4
Roman
Hikmet Temel Akarsu
İnkılap Kitabevi
İstanbul, 2000



Internet Kullanım Kılavuzu
Bilgisayar
Alfa Basım Yayım Dağıtım
İstanbul, Kasım 1999

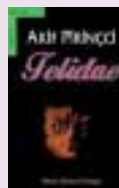
Hikaye

İnceleme
Halid Ziya Uşaklıgil
Hazırlayan: Nur Gürani Arslan
Yapı Kredi Yayınları
Edebiyat Dizisi
İstanbul, 1998



Felidae

Roman
Akif Piringçi
Çeviri: Selahattin Dilidüzgün
Güncel Yayıncılık / Edebiyat Dizisi
İstanbul, Kasım 1999



Siyaset, Sosyoloji ve Toplumsal Teori

Kuram
Anthony Giddens
Çeviri: Tuncay Birkan
Metis Yayınları / Tarih Toplum Felsefe Dizisi
İstanbul, Ocak 2000



Benim Gençliğim

Anı
Can Dündar
İmge Kitabevi Yayınları
İstanbul, Ocak 2000



Zekâ Oyunları

Selçuk Alsan

Saç Sayısı

İngiltere’de 50 milyon insan yaşıyor. Bir insanın başında en çok 1 milyon saç var. İngiltere’de kafasında aynı sayıda saç olan en az kaç kişi bulunuyor?

Köklü Sayıların Çizimle Bulunması

2’den sonsuza kadar olan sayıların köklerinin ($\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{4}$, $\sqrt{5}$, $\sqrt{6}$, $\sqrt{7}$, ...) çizimle bulunması için bir yöntem düşünün.

Hanoi Kulesi



Bu dünyaca ünlü problem 1883’de Fransız matematikçisi Lucas tarafından bulundu. Hanoi, Vietnam’ın başkentiydi; Vietnam ise o tarihte bir Fransız kolonisiydi. Lucas Fransa’da St. Louis Lisesi’nde matematik öğretiyordu. Lucas, buluşunu Li-Su-Srian Kolejinde öğretmen olan Claus adında birinin buluşu diye sundu.

Büyük Benares tapınağının kubbesi altında 3 elmas iğne dikilidir. Bunlardan birincisi üzerinde 64 altın disk vardır. Diskler en büyüğü en altta, en küçüğü en üstte olmak üzere konulmuştur. Bu Bramah Kulesidir. Rahipler, Yaratıcı’nın emrine uyarak altın diskleri bir iğneden ötekine naklederler. Kural şu-

dur: bir disk, kendinden daha küçük bir disk üzerine konulamaz ve her keresinde yalnız bir disk nakledilebilir. Efsaneye göre 64 disk 1. iğneden bir diğer iğneye nakledilebildiğinde Kıyamet kopacaktır. Kıyamet ne zaman kopacak dersiniz?

İki Jokey



Bu resmi öyle 3 dikdörtgene ayırınız ki her merkebin üstünde 1 jokey olsun.

Ruhiye’nin Düğünü

Deli Ruhiye sonunda bir ruh doktoruyla evlenmeye karar verdi. Nikah günü sorulduğunda şöyle yanıt veriyordu: “Eylül ayında 2. Perşembe’den sonraki 2. Pazartesi”. Düğün Eylül’ün kaçında yapıldı?

Dairenin Merkezi

Yalnızca gönye kullanarak bir dairenin merkezini nasıl bulursunuz?

Yonca Biçimli Düğüm



Yonca biçimi bir düğüm elde edebilmek için uzun bir kağıt şerit alın. Şeridin uçlarından birini bir buçuk devir (yarım devir=180°) döndürün ve diğer ucu yapıştırın. Sonra tüm şeridi uzunlamasına ortadan kesin. Ortaya yonca biçimli bir düğüm çıkacaktır.

İğne ile π ’nin Hesaplanması

Bu yöntemi 18. yüzyılda Fransız doğa bilimcisi Kont Buffon bulmuştur. Bir düzlem üzerine araları d birim olan paralel çizgiler çizilsin. Uzunluğu d’den kısa olan bir iğne, bu yüzeye rastgele düşürülsün. Eğer iğne bir çizginin üzerine düşerse buna “iyi atış”, düşmezse “kötü atış” diyelim. Buffon gösterdi ki, iğnenin uzunluğu d ise, iyi atış olasılığı $2/\pi$ idi ($2/3$ ’den biraz küçük). Atış sayısı arttırıldıkça sonuç π ’ye daha yaklaşıyordu. 1901’de İtalyan matematikçisi Lazzzerini, 3408 atış yaparak π ’nin değerini 3.1415929 olarak hesapladı; bu sayı, 6 ondalık basamağa kadar doğruyd.

Düşünen Adam

Resimdeki heykel ünlü bir heykeltıraşın “Düşünen Adam” adlı yapıtı. Sanatçının adı nedir? Bu heykelde normal olmayan bir şey var, nedir?



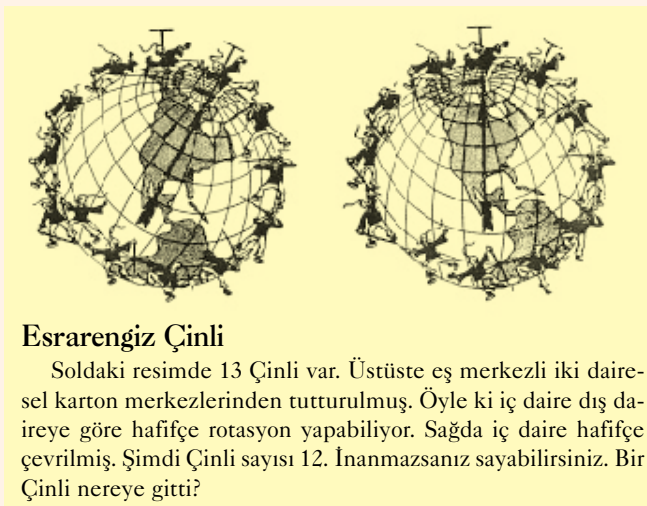
Chanukalu Problemi

a) 8 gece süren Chanukalu Bayramını kutlamak için 1. gece 2 mum, 2. gece 3 mum, 3. gece 4 mum,..., 8. gece 9 mum yakılıyor. Böylece 8 gece sonunda $2+3+4+...+9=44$ mum yakılmış oluyor. Elde çeşitli renklerden mumlar var. Fakat belli bir gecede yanan mumların hepsi aynı renkten. Her renk tam 2 gece yanıyor. (İki ardışık gece olması şart değil) Bir örnekle belirtelim: 1. gece 2 mavi, 8. gece 9 mavi, 2.gece 3 kırmızı, 3.gece 4 kırmızı, 4. gece 5 yeşil, 6.gece 7 yeşil, 5.gece 6 sarı ve 7. gece 8 sarı mum yanıyor. Ama tabi ki mavi mumlar örneğin 1. ve 5. gece, kırmızı mumlar 6. ve 8. gece, yeşil mumlar 2. ve 4. gece ve sarı mumlar 3. ve 7. gece de yanabilir. Görüldüğü gibi, gereken renkli mum sayısı çok değişik olabiliyor. Örneğin ilk örnekte $2+9=11$ mavi, $3+4=7$ kırmızı, $5+7=12$ yeşil ve $6+8=14$ sarı mum gerekli. Toplam $11+7+12+14=44$ mum. İkinci örnekte $2+6=8$ mavi, $7+9=16$ kırmızı, $3+5=8$ yeşil ve $4+8=12$ sarı mum gerekli. Toplam yine $8+16+8+12=44$ mum. Renklerin başharflerini alırsak 8 gecede renkler, M, M, K, K, Y, Y, S, S olacak. (Bu sıra rastgele permüte edilebilir) 4 renk ikişer ikişer alınarak $(8!/2! 2! 2! 2! = 2520)$ tekrarlı permutasyon yapar. Örneğin MKKSYSYM kadar KMM-SYYSK sırası da olasıdır. Her yeni permutasyonda gereken 44 mumun dört renge dağılışı değişir; çünkü mum sayısı her gece 1 artmaktadır. Sorulan şudur: her olasılığı karşılamak için herbirinin renk dağılımı farklı, kaç türlü 44 mumluk kutu gereklidir?

b) Aynı soruyu genelleylim: bayram $2N$ gece sürecek. Her n. gece $(n+1)$ mum yakılacak.

2’nin Kuvvetleri

758 sayısını 2’nin kuvvetlerini toplamı olarak $(2^0, 2^1, 2^2, 2^3, ...)$ yazınız.



Esrarengiz Çinli

Soldaki resimde 13 Çinli var. Üstüste eş merkezli iki daire-sel karton merkezlerinden tutturulmuş. Öyle ki iç daire dış daireye göre hafifçe rotasyon yapabiliyor. Sağda iç daire hafifçe çevrilmiş. Şimdi Çinli sayısı 12. İnanmazsanız sayabilirsiniz. Bir Çinli nereye gitti?

Geçen Ayın Çözümleri

Yer Değiştirme



Her öğrenci en fazla 27 farklı öğrenciyle yanyana oturabileceğinden bu yer değiştirme 27 aydan fazla süremez. Bu 27 ayda öğretmenin öğrencileri nasıl oturduğuna bir bakalım.

Öğrencilere 1'den 28'e numara vererek onları düzgün bir yirmiyedincinin köşelerine oturtalım (sol şekil) 28 Nolu öğrenci merkezde olsun. 1-28 doğrusuna göre simetrik olan numaraları birleştirelim: 27-2, 26-3, 25-4, ... On üç paralel doğru ve 1-28 çizgisi 14 sıraya karşılıktır. Her sırada iki öğrencisinin numaraları toplamı 29'dur: 27+2= 26+3= 25+4=... 29, 27'ye bölünürse 2 artar. 1 ancak 28 ile oturursa 29 yapar ve bu , 27 ile bölünürse 2 artar. 1'in durumu özeldir. Bir sonraki ay öğrenciler sağ şekildeki gibi otururlar. Toplam 31'dir ve 27 ile bölünürse 4 artar. Devam edelim: 28-3, 28-4, 28-5, ..., 28-27 dairelerini çizelim ve aynı yöntemle eşleri bulalım, n kişilik bir sınıfta, n çiftse, ikili sıralara n-1 farklı şekilde oturulabilir. Her ay her sırada iki öğrencinin numaralarının toplamı n-1 ile bölündüğünde r gibi bir değişmez verimlidir. r, 28-1 için 2, 28-2 için 4, 28-3 için 6 vb. dir. Her ay bir x nolu öğrenci tek kalır ve 28 nolu öğrenciyle oturur. r çiftse $x=r/2$ ve r tekse $x=(r+n-1)/2$ 'dir. Örneğin 28-1'de $r=2$ ve $x=1$; 28-2'de $n=4$ ve $x=2$ vb.

Sherlock Holmes ve Kasa

$a_1, a_2, \dots, a_n$ 1'den büyük pozitif sayılar olsun. Bu sayıların p. dereceden ortalama üssü, 1. dereceden ortalama üslerinden (ki aritmetik ortalama) daha büyüktür:

$$a_1 + a_2 + \dots + a_n / n = C_1$$

Buradan kolayca şu elde edilir (iki tarafın p. kuvvetini alarak):

$$(a_1 + a_2 + \dots + a_n)^p \leq n^{p-1}$$

$$(a_1^p + a_2^p + \dots + a_n^p) \geq$$

Bu formüle göre:

$$(x+y+z)^3 \leq 3^2$$

$$(x^3+y^3+z^3)=9.81=729.$$

O halde $x+y+z \leq \sqrt[3]{729} = 9$.

İş adamı sarhoş bir serseriyle anlaşmıştı. Plan şuydu: İş adamı bir gün evinde boya yapan bu serseri yanındayken kasasını açacak ve adam şifreyi öğrenmiş olup ka-

sayı soyacaktı. Aslında şifreyi serseriye iş adamı vermiş, "şifre 9" demişti. Serseri bu şifreyle kasayı açıp 50 milyon sterling'i çalmış ve yarısını iş adamına verip yarısını kendi almıştı. İş adamı çalınmış gösterdiği parasını ayrıca sigortadan alacaktı. Evsiz barksız serseri 25 milyon sterling uğruna bir süre hapis yatmaya razıydı. Ne var ki sarhoş kafasıyla şifreyi 9 yerine 19 diye hatırlamış ve kendini ele vermişti. Çünkü yukarıda kanıtladığımız gibi (ki Holmes de aynı işlemleri yapmıştı) $x^3+y^3+z^3=81$ iken $x+y+z$, 9 dan büyük olamaz.

Mısır Piramidinin Esranı

Bilindiği gibi $1+2+3+\dots+n = (n+1)/2$ dir (aritmetik dizi). Bizim üçgenimizin (n-1). sırasının son (en sağ) sayısı (n-1)n/2, n. sırasının son sayısı n (n+1)/2 dir. O halde ilk (n-1) sıranın toplamı:

$$S_1 = 1+2+\dots+n = (n-1)/2 = 1/2 n$$

$$(n-1)/2 [n(n-1)/2 + 1] \text{ dir.}$$

İlk n sıranın toplamı:

$$S_2 = 1+2+\dots+n(n+1)/2 = 1/2 n$$

$$(n+1)/2 [n(n+1)/2 + 1] \text{ dir.}$$

n. sıradaki sayıların toplamı S_2

$$S_1 = n(n^2+1)/2 \text{ dir. } 100. \text{ sırada } 100(100^2+1)/2 = 500050 \text{ taş vardır.}$$

Tutankamen 500050 yıl sonra dirilip Mısır'a dönecektir.

İki Yerine Üç Ceset

Câniler dikkati çekmemek için çocuğun tabutunu babasının tabutu içine koymuşlardı. Böylece aslında uşak doğruyu söylüyordu: tabutlardan biri içinde bir (çocuk), diğeri içinde iki (baba ve çocuk) vardı.

Pascal Üçgeni, Fibonacci Dizisi ve Binom Katsayıları

Pascal üçgeni şöyle elde edilir: Her terim kuzeydoğu ve kuzeybatısındaki terimlerin toplamıdır; örneğin 3= 1+2, 4=1+3, 6=3+3 vb. Pascal üçgeninin yatay sıraları, binom (ikiterimli) parantezlerin n. kuvvetinin açılımlarındaki katsayılardır:

$$(a+b)^0=1$$

$$(a+b)^1=1a+1b$$

$$(a+b)^2=1a^2+2ab+1b^2$$

$$(a+b)^3=1a^3+3a^2b+3ab^2+1b^3$$

Binom katsayıları şöyle de bulunur: Her katsayı a'nın üssüyle

çarpılıp terim sırasına bölünerek bir sonraki terimin katsayısı elde edilir: $(a+b)^3=1.a^3+(1.3)/1$

$$a^2b+(3.2)/2ab^2+3.1/3b^3. \text{ (yani } a^3+3a^2b+3ab^2+b^3; \text{ a'nın üsleri } 3,2,1,0 \text{ ve b'nin üsleri } 0,1,2,3 \text{ olarak gider).}$$

Binom katsayılarının toplamı 2⁰, 2¹, 2², 2³,... diye gider:

$$1=2^0, \quad 1+1=2^1, \quad 1+2+1=2^2,$$

$1+3+3+1=2^3$ vb. Pascal üçgenindeki sayıları çapraz olarak alırsak Fibonacci serisi elde edilir: 1,1,2,3,5,8, ... Her terim kendisinden önceki iki terimin toplamıdır.

Fibonacci'nin

Şaşırtıcı Karesi

Fibonacci serinin bir özelliği şudur: $(F_n \cdot F_{n+3}) - (F_{n+1} \cdot F_{n+2}) = (-1)^n$. Burada $n=3$ alınmış. $(3.13) - (5.8) = (-1)^3 = -1$. Üst şekilde $E+F+G$ 'den oluşan dikdörtgenin alanı $3x(8+5) = 3.13 = 39$. Alt şekilde E, F ve G'den oluşan dikdörtgenin alanı $8x(3+2) = 8x5 = 40$. Küçük beyaz pencere $39-40 = -1$ sonucu oluşan, kenarı 1 olan boş bir karedir.

İlginci Eğriler

Bu Amerikalı matematikçi M.R.E. Moritz tarafından bulunmuş 38. dereceden bir süs eğrisidir. Polar denklemi: $p = \cos 9/10 \theta$ Kartezyen denklemi: $R^9 (512R^5 - 1280R^4 + 1120R^3 - 40R^2 + 50R - 1)^2 - X^2 = 0$ $R = x^2 + y^2$ $X = x^9 - 36x^7y^2 + 126x^5y^4 - 84x^3y^6 + 9xy^8$.

Hangi Sayı Gelmeli

a) 41. Bir üst sıradaki 9 ve 25 ile iki üst sıradaki 7 toplanacak; $9+25+7=41$.

b) 2520. Bu dizi ilk 9 doğal sayının $(1,2,3,4,5,6,7,8,9)$ en küçük ortak katlarını veriyor.

c) 57. n-1 doğrunun bir dairede kaç bölge ayırdığı.

d) 31131211131221. Sayıları okuyorsunuz: 1= bir tane bir; bu nedenle bir sonraki terim 11; 11'de iki tane 1 var; o halde 21; 21'de bir tane 2, bir tane 1 var; o halde 1211,

e) 011010011001011010010100110001 Kendinden önceki sayıdaki 0'lar yerine 01 ve 1'ler yerine 10 koyuyorsunuz.

Zarif Eşitsizlikler

$$1) 1 = (x_1 + x_2 + x_3)^2 =$$

$$x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + 2x_1x_2 + 2x_2x_3 + 2x_3x_1 =$$

$$1/2 (x_1 - x_2)^2 + 1/2 (x_2 - x_3)^2 + 1/2$$

$$(x_3 - x_1)^2 + 3x_1x_2 + 3x_2x_3 + 3x_3x_1 \geq 3$$

$$(x_1x_2 + x_2x_3 + x_3x_1)$$

$$\text{Eşitlik hali } x_1 = x_2 = x_3 = 1/3 \text{ tür.}$$

$$2) x_1x_2 + x_2x_3 + x_3x_4 + x_4x_1 =$$

$$(x_1 + x_3)(x_2 + x_4)$$

$$\leq (x_1 + x_3 + x_2 + x_4)^2 / 2 = 1/4.$$

$$\text{Eşitlik hali } x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = 1/4$$

Bavula Sığmayan Olta

Ruhi $3x3x3m$ boyutlarında bir karton kutu satın aldı. Boyutları

3m. yi aşmayan bu kutu bagaja kondu. Bu kütüğün iç büyük köşegeni $3\sqrt{3} = 5.19$ m. dir. 4 m.lik olta rahatlıkla büyük köşegene sığmıştır.

Kaç Tane Diküçgen

Örneğin bir kenarı 60 olan kaç tane primitif Pisagor üçgeni vardır? 60'ı asal çarpanlarına ayıralım: $60=2^3.3.5$. 60'ın üç asal çarpanı var, o halde 60 sayısı $2^3-1=4$ primitif Pisagor diküçgeninin kenarı olabilir. Örneğin $5040=2^4.3^2.5.7$ sayısının 4 asal çarpanı vardır, 5040 sayısı $2^4-1=8$ primitif Pisagor diküçgeninin kenarı olabilir. Genellikle bir sayı n asal çarpana veya onların üslü şekillerine ayrılıyorsa 2^n-1 primitif Pisagor üçgeninin kenarı olabilir. Bu kuralın iki istisnası vardır: 1) Sayı çiftse ve 4 ile bölünmüyorsa çözüm yoktur; örneğin 30 hiçbir primitif Pisagor üçgeninin kenarı olamaz.

2) $4x+2$ şeklindeki sayılar primitif üçgenine kenar olamaz, örneğin 6,10,14, 18 vb.

b) Burada şu formül kullanılır: $L=(2a_0-1)(2a_1+1)(2a_2+1)\dots(2a_{n-1}-1)/2$

Bu formülde $a_0, a_1, a_2, \dots$ bir sayının asal çarpanlarının üsleridir. 2 hariç, bütün sayıların üsleri 2 ile çarpılıp 1 eklenir, 2 nin üssü 2 ile çarpılıp 1 çıkarılır; sonra hepsi bir-biriyle çarpılıp 1 çıkarılır ve sonuç 2'ye bölünür. Örneğin $60=2^2.3.5$. 2'nin üssü 2, 3'ün 1 ve 5'in 1. O halde $L=(2^2-1)(2^1+1)(2^1+1)-1/2=13$.

Demek ki bir kenarı 60 olan 13 Pisagor üçgeni vardır. a şıkında bunlardan dördünün primitif Pisagor üçgeni olduğunu gösterdik. $30=2.3.5$ için $L=(2^1-1)(2^1+1)(2^1+1)-1/2=4$ ve $45=3^2.5$ için $L=7$.

Evin Numarası

$ab=10a+b=(a+b)+(a-b)^2$ ve buradan $(a-b)^2=9a$. $a=1$ ve $b=4$ ya da $a=9$ ve $b=0$. Aranan sayı 14 ya da 90.

Şeytanın Küpü

Kenarlara sayılan yazılar 1,2,3,4,5,6,8,9,10,11,12 ve 13'tü. Köşedeki toplam 21 ve yüzdeki toplam 28'di. Köşe toplamına K, yüz toplamına Y, yazılan 12 sayının toplamına S diyelim. $8K=2S$ 'dir; çünkü köşe toplamı alınırken her kenar 2 kere sayılmıştır. Benzer olarak $6F=2S$ 'dir. Buradan $4K=S=3Y$ 'dir. O halde S, 12 ile bölünmelidir. $1+2+\dots+12=78$ 'dir; 78, 12 ile bölünmez; bu nedenle 1,2,3,4,5,6,8,9,10,11,12 ve 13

alınmıştır; bunların toplamı 84'tür. bu 12 sayıyı kenarlara siz yerleştirebilirsiniz.

Paralelkenar

n çizgiden 2 çizgi C_n^2 şekilde ve m çizgiden 2 çizgi C_m^2 şekilde seçilebilir. O halde aranan yanıt

$$C_n^2 \cdot C_m^2 = n(n-1)/2 \cdot m(m-1)/2$$

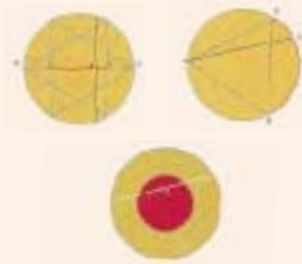
Örneğin n=5 ve m=9 ise $(5 \cdot 4 \cdot 9 \cdot 8)/4 = 360$ paralelkenar oluşur.

Dört Nokta

A'dan ve C'den geçen birbirine paralel L ve L' gibi iki doğru çizip bunlara B ve D'den iki dik çizelim. Bir dikdörtgen elde ettik. AC nin orta noktasına L ve BD'ninkine K diyelim. M dikdörtgenin merkezise, bellidir ki LMK açısı= 90° dir. Dikdörtgenin L kenarını A noktası etrafında döndürelim. M'lerin geometrik yeri çapı KL olan bir dairedir. A, B, C, ve D iki çifte üç şekilde ayrılabilir: AC-BD; AB-CD ve AD-BC. Çözüm bunlara karşılık olan 3 dairedir.

Borel Paradoksu

1) Kiriş x noktasında CD çapına dik olsun, problem, X'in E ve F arasında bulunmasıyla çözülür. Bu olasılık $EF/CD = 1/2$ 'dir.



2) Problem, X noktası BC küçük yayı üzerindeyken çözülür. BC yayı/daire çevresi= 1/3 tür.

3) Kirişin orta noktası olan X, çapı sarı dairenin çapının yarısı kadar olan kırmızı daire içinde bulunursa problem çözülür. Kırmızı ve sarı daire çaplarının oranı 1/4 tür.

Nasıl oluyor da aynı soru, 3 farklı (ve üçü de doğru) yanıt verdi? Bir hata mı yaptık? Asla, her şey olasılığı nasıl tanımladığımıza bağlı. Olasılıkta tanımlamalar keyfidir ve bu keyfi tanımlamalardan mantıklı sonuçlar çıkabilir. Yine de düşündürücü ama...



Şah ve At

Bir hamlede gider. Bu problem size bir kez daha çok önemli bir kuralı (ki hayatta da geçerlidir) hatırlatıyor: karar vermeden önce bütün olasılıkları düşünün. Bazılarınız 4 sıçramayı duyunca atların birbirlerinden hayli uzak

olacağını düşündü belki. Ama b2, c4, a3, c2 ve a1 ile b2'deki at 4 sıçrayışta a1'e gelebiliyor. Şah b2'den a1'e 1 hamlede gelebilir.

Keşiş Suçlu mu?

1. hırsızlık: Fiçida 99 lt. şarap kaldı. İkinci hırsızlık: Fiçida 99²/100 lt. şarap kaldı. 3. hırsızlık: Fiçida 99³/100² lt. şarap kaldı. 4. hırsızlık: Fiçida 99⁴/100³ lt. şarap kaldı... 30. hırsızlık: Fiçida 99³⁰/100²⁹ lt. şarap kaldı. 99³⁰/100²⁹ = 73.97 lt. Keşiş 100-73.97 lt. şarap çalmıştır. Yargılanması gerekir. (99³⁰/100²⁹ logaritmayla kolayca hesaplanır).

Torbadaki Yılanlar

Üç olasılık var:

1) Torbada kalan: Torbada başlangıçta varolan zehirsiz yılan

Kaçan: Torbaya sonradan konulan zehirsiz yılan

2) Torbada kalan: Torbaya sonradan konulan zehirsiz yılan

Kaçan: Torbada başlangıçta varolan zehirsiz yılan

3) Torbada kalan: Torbada başlangıçta varolan zehirli yılan

Kaçan: Torbaya sonradan konulan zehirsiz yılan.

Torbada kalan yılanın zehirli olması olasılığı 1/3'tür.

Hipotenüs'ün Esrarı

Yalnız K (m²+n²) şeklinde yazılabilen sayılar hipotenüs olabilir. Yani bir sayı ancak iki karenin toplamı ya da böyle bir toplamın tam katıysa hipotenüs olabilir. En az bir asal çarpanı 4x+1 şeklinde yazılabilen bütün sayılar- örneğin 5,10,13, 15 vb. hipotenüs yapılabilir. Ancak bir sayının primitif bir Pisagor üçgeninin hipotenüsü olabilmesi için K=1 ve m ve n kendi aralarında asal olmalı, m ve n'den biri tek, biri çift seçilmelidir. Primitif Pisagor üçgenlerinin hipotenüsü'ü olabilen doğal sayılar için şu şart gereklidir: Asal çarpanlarından her biri 4x+1 şeklinde olmalıdır, 5,13,65,85 gibi. 4x-1 şeklinde (örneğin 3,7,11,19 vb) asal çarpan içeren hiçbir sayı primitif Pisagor üçgenlerine hipotenüs olamaz. Her biri 4x+1 şeklinde n asal çarpan içeren her N sayısı, 2ⁿ⁻¹ primitif Pisagor üçgenine hipotenüs olabilir. Örneğin 65=5.13 .2²⁻¹= 2, 1105= 5.13.17 ise 2³⁻¹=4 Pisagor üçgenin hipotenüsü olabilir. 15, 21, 39 ve bütün diğer 3k tipindeki sayılar, kısacası 3'ün tam katı olan sayılar, Pisagor üçgenine hipotenüs olamaz; 7'nin, 11'in, 19'un vb. tam katları da böyledir (4x-1 oldukları için).

Bir doğal sayı hem (4x-1) ve hem de (4x+1) şeklinde asal çarpanlar içeriyorsa tek bir primitif Pisagor üçgenine bile hipotenüs olamaz, fakat H sayıda nonprimitif Pi-

sagor üçgenine hipotenüs olabilir. H şöyle bulunur: (4x-1) şeklindeki asal çarpanlar dikkate alınmaz. (4x+1) şeklindeki asal çarpanların üsleri b₁, b₂,..., b_r olsun. H= (2b₁+1)(2b₂+1)...(2b_r+1) - 1/2. Örneğin N= 2⁵. 3. 5. 7⁵.11³.13² olsun. 2,3,7 ve 11 asal çarpanlarını atarız. Geriye 5 ve 13² kalır:

$$H = (2 \cdot 1 + 1)(2 \cdot 2 + 1) - 1/2 = 7$$

Bu N sayısı kaç Pisagor üçgenine kenar olabilir?

$$(2 \cdot 5 - 1)(2 \cdot 1 + 1)(2 \cdot 1 + 1)(2 \cdot 5 + 1)(2 \cdot 3 + 1)(2 \cdot 2 + 1) - 1/2 = 15592.$$

Bu N sayısı 15592+7= 15599 Pisagor üçgenine kenar veya hipotenüs olabilir.

N hiçbir primitif Pisagor üçgenine hipotenüs olamaz, çünkü (4x-1) şeklinde çarpanlar içermektedir.

Diküçgen ve Kare

Fermat böyle bir diküçgen olmayacağını kanıtladı. Dikkenarların biri X=m²-n² ve diğeri Y= 2 mn iken diküçgenin alanı S=mn(m²-n²) dir. mn (m²-n²)= K² nin olanaksız olduğu Fermat'ın sonsuz iniş yöntemiyle kanıtlanabilir.

Eşit Alanlı Diküçgenler

Bir aritmetik serinin 4 ardışık terimi, a,b,c ve d olsun. Pisagor üçgeninin kenarları, m ve n doğal sayı olmak üzere X=m²-n², Y=2 mn ve Z= m²+n² dir. Üç üçgen için şu sayılar alınır: m₁=cd, n₁=ab, m₂=c(c+b), n₂= a(c-b), m₃= b(c+b), n₃= d(c-b) a=1, b=2, c=3, d=4 alırsak m₁=12, n₁=2, m₂= 15, n₂= 1; m₃=10, n₃=4 bulunur. Aranan üçgenlerin kenarları [140, 48], [224, 30] ve [84, 80] dir; her üçgenin alanı 3360 dir. (1. kenar=m²-n², 2. kenar= mn ile bulundu. Hipotenüsler sırasıyla 148, 226 ve 116 dir. Hipotenüs=m²+n²;örneğin $\sqrt{140^2 + 48^2} = 148$ vb.)

Bu Formül Neye Yarıyor?

Bu formül ancak ve ancak p asal ise doğrudur. Buna Wilson teoremi denir. Örneğin 12!= 479001600 dür. 479001601/13 bölünmesi kalansız olduğundan 13 asaldır (bölüm 36846277'dir).

Bu formülün bir uygulaması da şudur: eğer p asal sayısı, 4x+1 şeklindeyse [(1.2.3...2x)²+1] sayısı p'nin tam katıdır. Örneğin x=3 iken p=4.3+1=13 olur. Bu durumda (1.2.3.4.5.6)² + 1 =518401 sayısı asal 13 sayısı ile kalansız bölünür. Bunu şöyle de ifade edebiliriz: [(2x)!]² ≡ -1 mod p.

Bir Buluşma

İkisi arasındaki uzaklık saatte 5 km hızla azalıyor. Bu ise dakikada 1/12 ve 2 dakikada 1/6 km de-

mektir. 166m'yi koşarak birbirlerini kavuşabiliyorlar.

Pisagor Üçlülere

Fibonacci sayılarını hatırlayalım; her sayı kendinden önceki iki sayının toplamıdır: 0,1,1,2,3,5,8,13,21,34,... (F₀=0, F₁=1, F₂=1, F₃=2, F₄=3, F₅=5, ... olarak yazılır). Sabit pozitif bir k tamsayısı alalım. N=F_{2k}.F_{2k+1} olsun. Bu durumda n (n+1)/2 ve n² diküçgenin tam sayı kenarlarıysa tam sayı hipotenüs $\sqrt{n^2 + (5n^2+2n+1)/4} = F_{2k} \cdot F_{2k+1} \cdot F_{4k+1}/2$ olur. Fibonacci serisinden biliyoruz ki F_m=(α^m-β^m)/√5. Burada α=(1+√5)/2 ve β=(1-√5)/2 dir. Bu formüller α+β=1 ve αβ=-1 ile birleştirilirse şu bulunur: $5n^2+2n+1 = (F_{4k+1})^2$.

Şimdi bir uygulama yapalım. k=2 alalım. Bu durumda F_{2k}=F₄=3 ve F_{2k+1}=F₅= 5 olur. n= F_{2k}.F_{2k+1}= 3.5=15 bulunur. Buradan n (n+1)/2= 15.16/2=120 ve n²=15²=225 bulunur. Buradan 120²+225²=255². 120, 15, üçgen sayı ve 225, 15'in karesi.

Dikkenarları 120 ve 225, hipotenüsü 255 olarak bulduk. Hipotenüs'ü şöyle de bulabiliriz: hipotenüs= $\sqrt{n^2 + (5n^2+2n+1)/4} = \sqrt{15^2 + (15^2 \cdot 5 + 2 \cdot 15 + 1)/4} = 255$. Hipotenüs= F_{2k}.F_{2k+1}.F_{4k+1}/2= 3.5.34/2=255.}

(F_{2k}=3, F_{2k+1}=5 ve F_{4k+1}=F₉=34 Fibonacci sayıları. k=2 almıştık. 4., 5. ve 9. Fibonacci sayıları 3,5 ve 34'tür). Bir başka örnek: k= 3 alalım. 2k= 2.3=6 ve 2k+1=6+1=7. F₆=8 ve F₇=13. n=F_{2k}. F_{2k+1}=8.13= 104. O halde n=104. n. üçgen sayı= n(n+1)/2=104.105/2=5460. Kare sayı = n²= 104²=10816. 5460²+10816²=12116².

Hipotenüs= (F_{2k}.F_{2k+1}.F_{4k+1})/2=F₆.F₇.F₁₃/2=8.13.233/2= 12116.

Formüle göre 5n²+2n+1= (F_{4k+1})²= 233²=54289.

n²=104²=10816. Hipotenüs= $\sqrt{n^2 + (5n^2+2n+1)/4} = \sqrt{10816 + 54289/4} = 12116$.

Özetle k gibi bir tam sayı alınırsa Fibonacci serisinden F_{2k}, F_{2k+1} ve F_{4k+1}'i bulun. n= F_{2k}.F_{2k+1} alın. Buradan üçgen sayı n(n+1)/2 ve kare sayı n² bulunur. Bu iki sayı Pisagor üçlülerinin ikisidir. Hipotenüs şu formüllerle de bulunur: Hipotenüs= $\sqrt{n^2 + (5n^2+2n+1)/4} = F_{2k} \cdot F_{2k+1} \cdot F_{4k+1}/2$. 5n²+2n+1= (F_{4k+1})² dir. Böylece biri üçgen, biri kare sayı olmak üzere Pisagor üçlülere bulabilirsiniz. (3,4,5), (120, 225, 255), (5460, 10816, 12116) gibi.