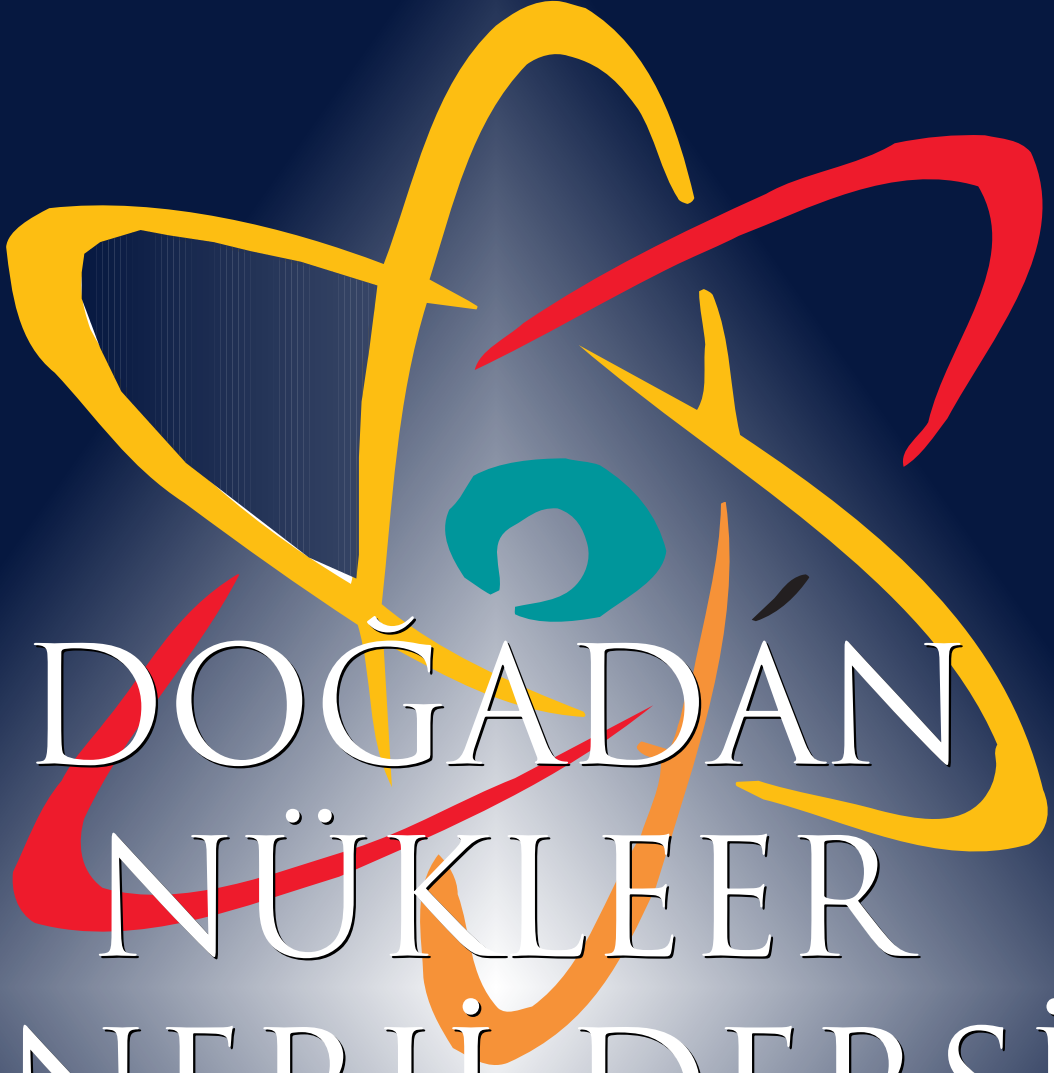
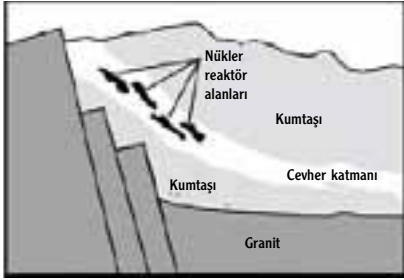




DOĞADAN NÜKLEER ENERJİ DERSİ

İnsanlık tüm evreni ve kendisini oluşturan atomların içinde gizli gücün farkına varalı ve bunu kullanmaya başlayalı yarım yüzyıldan biraz daha fazla zaman geçti. Oysa, soyumuzun büyük öğretmeni doğa, bu gücün potansiyelini yaklaşık 2 milyar yıl önce ortaya koymuş. Afrika'daki bir uranyum madeninde gerçekleşen ve 150.000 yıl süren nükleer tepkimeler, doğanın gizil kuvvetlerine ışık tutuyor. Bir Batı Afrika ülkesi olan Ga-

bon'da bulunan Oklo uranyum madeni, 1972 yılında keşfedilen gizi ile araştırmacıların ilgi odağı olmaya devam ediyor. Oklo'da bulunan 17 uranyum madeninin çoğu, artık eskisi gibi "enerjik" değil. Ancak, çok uzun zaman önce tank oldukları şiddetli tepkimeler, nükleer fizikten astrofiziğe; hatta kozmolojiye kadar birçok bilim dalının kendi sorunlarını çözmek için sık sık başvurduğu bir bilgi kaynağı.

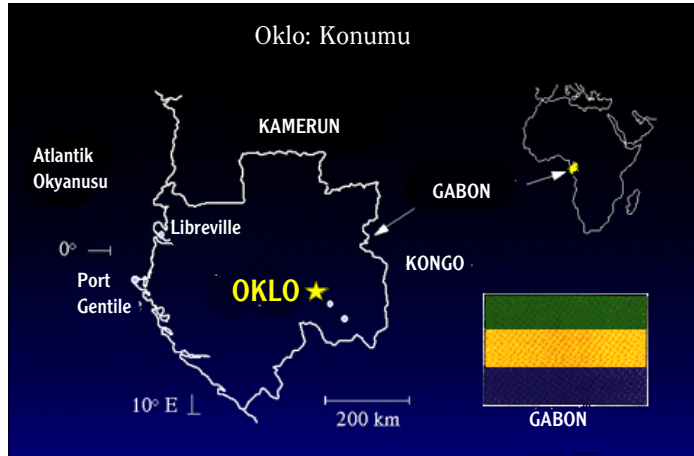


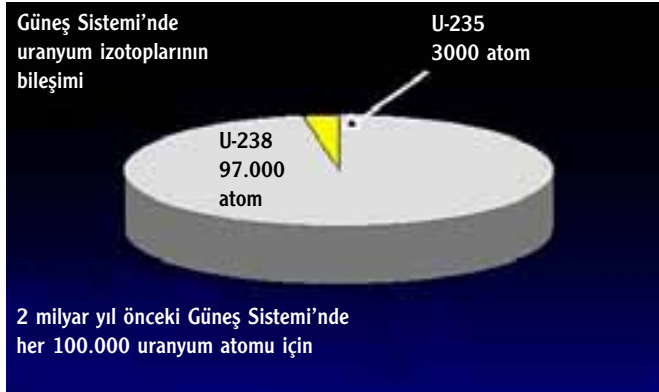
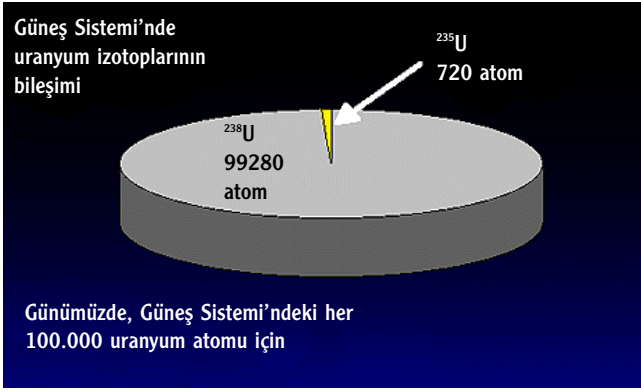
Oklo'daki 17 fosil reaktörden 9'u tümüyle tüketilmiş durumda. 15 No'lu reaktör bölgesiye var olan maden kuyusuna açılmış bir yeraltı tüneliyle erişilebilir tek reaktör. 15 No'lu reaktörün kalıntıları, büyük ölçüde uranyum oksit olan açık gri/sarı renkli kayalar. Reaktör üzerindeki kayalarda görülen açık renkli çizgiler, reaktörün faal durumda olduğu sırada ve sonrasında ortamda dolanan sıcak yeraltı sularından kristalleşmiş kuvarstan oluşuyor.

Nükleer enerjinin 1,7 milyar yıl önce Afrika'da üretildiği biliniyor. Bu teknolojiyi ilk geliştiren kim olduğu da belli: Hominid atalarımız olamaya-
cağına göre, tabii ki doğa. Reaktörün keşfiyse 1972 yılında yapıldı. Fransa hükümeti, bu doğal fisyon reaktörünün kalıntılarının bulunduğunu açıkladı. Keşfe yol açan, bir "aksaklık". Oklo, Batı Afrika'nın ekvator bölgesinde, Atlantik kıyısında, bugün Gabon sınırları içinde bulunan bir uranyum madeninin adı. Fransa, nükleer enerji programı için gereksinim duyduğu doğal

uranyumun büyük kısmını Gabon'dan sağlarken 1972 yılında ilk kez Oklo'dan alınan uranyum cevherindeki parçalanabilir izotopların, normal düzeyin çok altında olduğu fark edildi.

Doğada bulunan uranyumun çok büyük kısmı, parçalanamayan U-238'den, çok küçük bir bölümü de parçalanabilir U-235'ten oluşuyor. Her iki izotop da radyoaktif. Ama her ikisinin de yarılanma ömürleri öylesine uzun ki, 4,5 milyar yıl önce oluşan Güneş Sistemi'ne daha önce yok olmuş dev yıldızlarca miras bırakılmış uranyumun yarısı hâlâ varlığını sürdürüyor. Doğal uranyum cevheri içinde, parçalanabilir izotop olan U-235'in oranı yalnızca %0,722. Bir başka deyişle her 100.000 uranyum atomundan yalnızca 720'si U-235 izotopu.





U-235 izotopu, en kolay parçalanabilen (en kararsız) uranyum izotopu olduğundan, günümüz nükleer santrallerinde güç üretimi için bundan yararlanılıyor. Ancak, U-235 izotopunun parçalanması sonucu serbest kalan nötronların başka U-235 izotopla-



rını parçalayarak bir zincirleme reaksiyon yaratabilmeleri için, yakıttaki U-235 oranının “zenginleştirilmesi” yani yakıt içindeki oranının en az %3 oranına yükseltilmesi gerekiyor.

Fransa'da Oklo'dan alınan uranyumu zenginleştirmeye hazırlanan gaz difüzyon tesisindeki uzmanlar, bir de bakmışlar ki, doğal uranyum içindeki U-235 izotopunun oranı, normal oranın çok altında. Yani, bu yakıt zaten bir reaktörde kullanılmış olmalı!..

U-235, U-238'e göre çok daha kararsız olan ve dolayısıyla çok daha hızlı bozunan bir izotop. Demek ki, bundan 1,7 milyar yıl önce, doğal uranyum içindeki U-235 oranının günümüze göre çok daha fazla olması gerek. Böyle olunca da, araştırmacılar, bundan 1,7 milyar yıl önce Oklo madenindeki uranyumun, zincirleme tepkimeler başlatacak kadar “kritik” bir parçalanabilir kütle derişiminde olduğu sonucuna ulaşıyorlar. Aslında Oklo'da tek bir madenden, ve daha önemlisi tek bir “reaktörden” söz etmek yanıltıcı. Çünkü Oklo'da 17 do-

ğal reaktörün izleri bulundu ve bunların 9'unun yakıtının tümüyle tükendiği görüldü. Araştırmacıların girebildiği, yalnızca 15. reaktör.

U-238'e göre U-235 izotopunun doğal olarak zenginleşmesinin dışında, bir doğal reaktörün faaliyete geçebilmesi için dört önemli koşulun daha gerçekleşmesi gerekiyor:

- Görece küçük bir hacme toplanmış yüksek bir uranyum yoğunluğu,
- Nötron emici maddelerin düşük yoğunluğu,
- Tepkimeleri yavaşlatıcı bir maddenin yüksek oranda varlığı
- Ve parçalanma reaksiyonlarını başlatmaya yetecek “kritik” bir kütle.

Araştırmacıları, doğal bir reaktörün varlığı konusunda ikna eden, yalnızca yakıt bileşimindeki U-235 eksikliği değil. Aynı zamanda, Oklo'da bulunan fisyon tepkimesi atık ürünler.

Bu da, Oklo'nun günümüzde bazı ülkelerce kullanılan “üretken” reak-

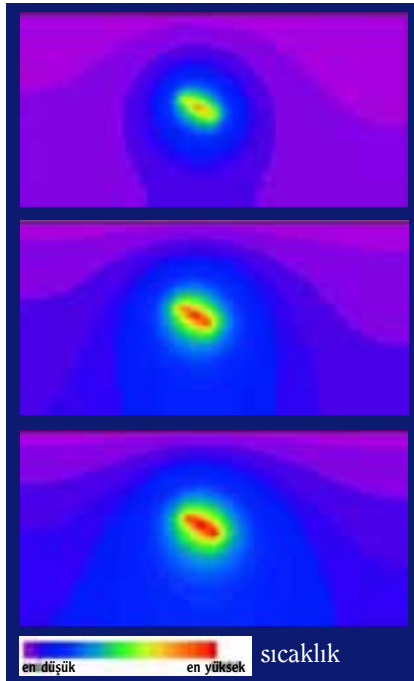
törlerin ilk modeli olduğunu gösteriyor. Araştırmalar, Oklo'da ki doğal reaktörlerde U-235 izotopunun yanı sıra Pu -235 (plütonyum) izotopunun da parçalandığını gösterdi. Plütonyum, reaktördeki tepkimelerde ortaya çıkan bir ürün. Dünya 4,5 milyar yıl önce ortaya çıktığında üzerinde plütonyum bulunmadığına göre, bu izotop Oklo reaktörlerince “üretilmiş” olmalı.

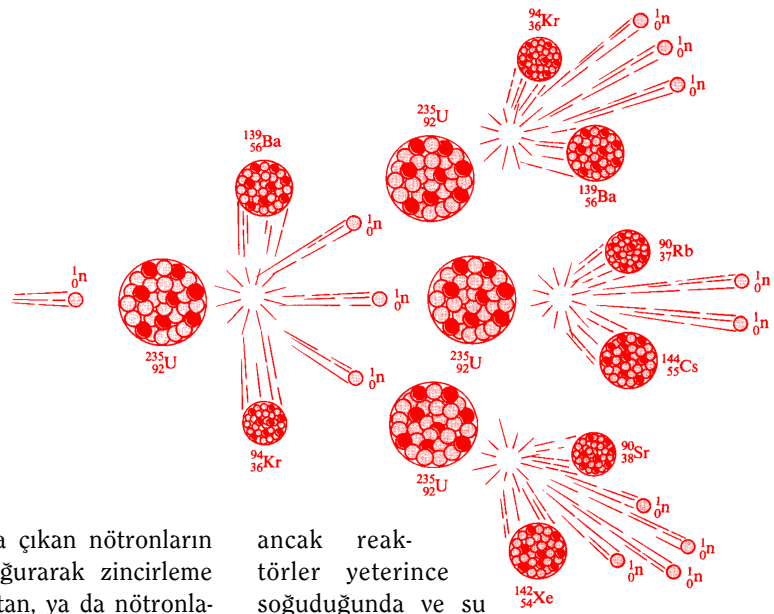
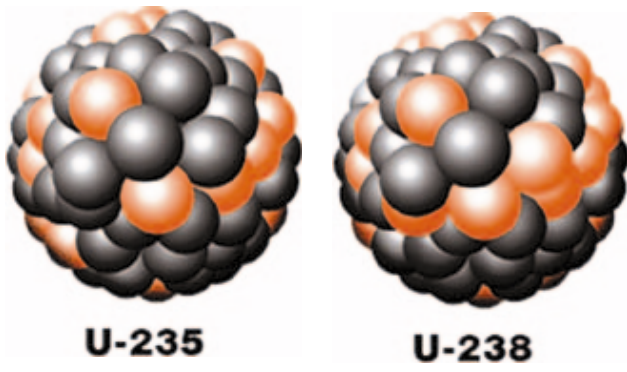
Yani Oklo reaktörleri, günümüzde, başlangıçta yakıt olarak kullandığı parçalanabilir izotoplardan daha çoğunu enerji üretim sürecinde ortaya çıkaran “üretken” reaktörlerin de bir öncüsü.

Peki, Oklo reaktörleri, bu “üretkenliği” nereden sağlıyor? Araştırmacılara göre bu bilmecenin çözümü şöyle: İlk başta parçalanma ve bu süreç içinde ortaya çıkan nötronların kaynağı, parçalanabilir U-235 izotopu. Ancak, U-238 izotopunun büyük sayılarda varlığı, bunların bazılarının bir nötron yutarak U-239' izotopuna dönüşmesine yol açıyor. Kararsız olan bu izotop da beta bozunması (çekirdeğin bir elektron ve bir antinötrino ya da bir pozitron ve bir nötrino atması) sonucu neptünyum -239'a ve plütonyum-239'a dönüşüyor. Daha sonra ortaya çıkan bu plütonyum-239 parçalanmaya başlıyor. Ancak, bu doğal reaktörler öylesine uzun süre çalışıyor ki (yaklaşık 150.000 yıl), Pu-239, u-235'e bozunmak için yeterli zamana sahip olabiliyor. Dolayısıyla da Oklo'daki doğal reaktörler, başlangıçta var olandan daha fazla U-235 üretilip parçalayabilen gerçek birer “üretken” reaktör.

Bunlar, ilk keşiften bu yana birçok araştırma grubunca irdelenip ortaya konan gerçekler.

Şimdiye kadar bilinmeyense, jeolojik süreçlerin 100 kilowatt gücünde





bir enerji santralinin doğal türünü nasıl yapıp, her üç saatte bir tekrarlanan enerji üretimini 150.000 yıl boyunca nasıl sürdürdüğüydü.

Washington Üniversitesi'nden Alex Meshik yönetimindeki bir araştırma grubu şimdi bu bulmacayı çözmüş görünüyor.

Atomun parçalanması (filyon) sürecinde, radyoaktif uranyum atomlarının bozunmasıyla serbest kalan nötronlar, öteki atomlara çarparak onların da bozunmasına ve böylece daha fazla nötronun serbest kalmasına ve ısı biçiminde enerjinin büyük ölçülerde açığa çıkmasına yol açıyorlar. Modern nükleer reaktörlerde güç üretmek için kullanılan süreç bu.

Ancak, Oklo'daki doğal reaktörlerden bir türlü çözilemeyen bilmece, sürecin daha başlangıçta neden kontrolden çıkmış bir zincirleme tepkimeye dönüşerek uranyum damarlarının erimesine, hatta bir patlamaya neden olmadığıydı. Günümüz nükleer enerji santrallerinde nükleer tepkimeler "yavaşlatıcılar" kullanılarak denetim altında tutuluyor. Bunlar ya parçalan-

ma sonucu ortaya çıkan nötronların bir bölümünü soğurarak zincirleme tepkimeyi yavaşlatan, ya da nötronların enerjilerini ayarlayarak tepkimeleri artıran maddeler.

Alex Meshik ve ekip arkadaşlarıyla, Oklo reaktörlerinin tepkimeleri kontrol altında tutmak için döngüsel olarak devreye girip kapandıklarını gösteren jeolojik kanıtlar bulmuşlar. Bu döngüde doğal reaktörler yarım saat süreyle çalıştıktan sonra 2,5 saatlik bir uyku devresine giriyorlar.

Araştırmacılara göre bu süreçte döngüyü işleten, kayaların içinde bulunan su. Bir uranyum çekirdeği parçalandığında, atılan nötronlar öteki çekirdeklerce soğurulup filyon tetiklemek için fazla hızlı hareket ederler. Bu nedenle de zincirleme reaksiyon meydana gelmez. Ancak, su nötronları yavaşlatır. Oklo reaktörlerinde de su, zincirleme tepkinin sürekli olmasını sağlamış. Tepkime ilerledikçe ortaya çıkan ısı, kayalardaki suyun buharlaşmasına yol açıyor. Bu durumda reaktörler susuz kaldıkları için nükleer tepkimeler de kesiliyor. Tepkimeler,

ancak reaktörler yeterince soğuduğunda ve su gereksinimleri de uranyum damarlarına akan yer altı suyunca giderildiğinde yeniden başlıyor.

Meshik ve arkadaşları tüm bunları Oklo kayaçlarındaki ksenon miktarını ölçerek bulmuşlar. Ksenon, uranyum çekirdeklerinin parçalanmasıyla ortaya çıkan bir radyoaktif bozunum ürünü. Araştırmacılar, uranyum minerallerinde hiç ksenona rastlamazken, reaktör kayaçlarına yayılmış olan alüminyum fosfat taneciklerinde bu elementi bol miktarda bulmuşlar. Meshik, bu taneciklerdeki ksenon derişiminin, şimdiye kadar doğada rastlanan en yüksek değer olduğunu söylüyor.

Ksenon bir gaz olduğu için, üretilir üretilmez sıcak maden damarlarından kaçması gerekirdi. Ancak reaktörler döngüsel olarak soğutulduğunda, ksenon, fosfat taneciklerinin içinde hapsolabiliyor. İşte bundan yola çıkarak araştırmacılar ısınma ve soğuma devrelerinin uzunluğunu hesaplayabilmüşler.

Radyoaktif ksenon ve aynı aileden olan kripton gazları modern nükleer reaktörlerde ortaya çıkıyorlar ve doğrudan atmosfere bırakılıyorlar. Çünkü bunları yakalamanın iyi bir yolu bilinmiyor. Oysa Oklo'daki doğal reaktörlerde bu gazlar, fosfat kristal yapısındaki atom ölçeğindeki deliklere hapsolmuş görünüyorlar. Meshik, "belki bu bize nükleer santrallerde bu gazları yakalayabilmenin yolunu öğretebilir" diyor

Raşit Gürdilek



Kaynak:
Nature Online, 1 Kasım 2004
<http://www.curtin.edu.au/curtin/centre/waisrc/OKLO/What/fission.html>
<http://www.crpq.cnrs-nancy.fr/MODEL3D/oklo.html>