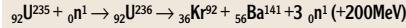


# SEYRELTİLMİŞ URANYUM, ABARTILMIŞ TORYUM, ERKEN BOR BEKLENTİSİ, NEPTÜNYUM HURAFESİ DOĞRUSUNU BİLELİM

Yaşamımızı, sağlığımızı, gönencimizi tehdit eden bazı tehlikeleri görür ve kendimizi korumak için bilinçli olarak önlemlerimizi alırız. Oysa farkında olmadığımız, bazen daha büyük zararlar veren tehlikeler de var. Bunların en önemli ikisi “kulaktan dolma bilgi” ve “duymak istediğimize inanma” alışkanlığı. Bu yazıda dünya gündemine sıklıkla gelmeye başlayan öldürücü bir silahın etkilerini gerçek boyutlarıyla vermenin yanısıra, ulusal piyango beklentilerini körükleyen üç “mucize çözüm” reçetesini irdeleyeceğiz.

## Seyreltilmiş Uranyum Meselesi

Bilindiği üzere, U-235 çekirdeği parçalanabilir, yani ‘fisil’ bir çekirdek. Görece yavaş hareket eden ‘termal’ nötronlarla bombardımana tabi tutulduğu takdirde, örneğin



parçalanmasına uğrayarak; bir yandan zincirleme bir reaksiyonu ayakta tutabilecek sayıda, 3 adet yeni nötron salıyor ve diğer yandan, büyük bir kısmı parçalanma ürünlerinin kinetik enerjisi halinde olmak üzere, 200 MeV (milyon elektronvolt) kadar enerji açığa çıkartıyor. Bu, 1 g U-235 başına, yaklaşık 2 ton kaliteli kömürünki kadar enerjiye denk geliyor.

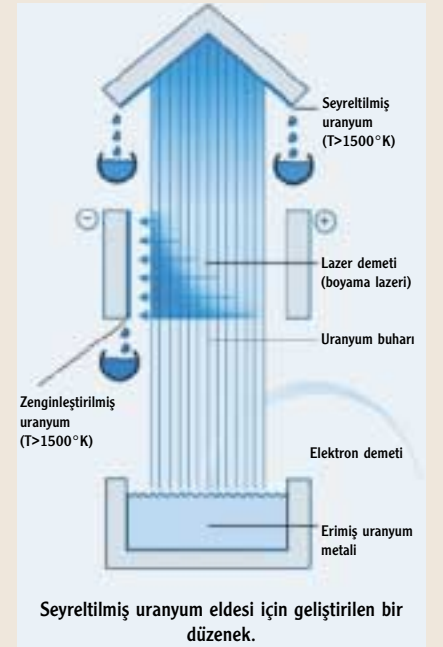
U-235 bu özelliğiyle, nükleer reaktörlerde yakıt olarak kullanılıyor. Ancak, doğada bulunan uranyumun sadece %0.711 kadarı bu çekirdekten. Kalan %99’dan fazlasıya hemen tamamen, ‘fisil’ olmayan U-238 izotopundan oluşuyor. Dolayısıyla doğal uranyumun, nükleer reaktörlerde yakıt olarak kullanılabilmesi için, U-235 bileşenine, %1-5 düzeylerine kadar zenginleştirilmesi gerekiyor. Askeri amaçlı uygulamalarda, zenginleştirme oranı %99'lara kadar tırmanıyor. Tabii, bu işlem sırasında bir yandan zenginleştirilmiş uranyum elde edilirken, diğer yandan bu hedef ürünün her kilogramı başına geride, çok daha fazla miktarda ‘seyreltilmiş uranyum’ (SU) kalıyor. Bu malzeme yakın zamanlara kadar kullanılmıyor ve biriken miktarları, zenginleştirme tesisleri civarında depolanıyordu. 1991 Körfez Savaşı'nın ufukta görünmesiyle birlikte, bu malzeme nihayet bir kullanım alanı bulundu.

Irak ordusunun mutlak hava hakimiyetini Müttefikler'e terketmek zorunda kalması; tahkimatlarını güçlendirip, savunmasında kalın zırhlı araçlara ağırlık vermesi anlamına geldi. Müttefikler de bu ihtimale karşı, savunma zırh ve duvarlarını, etkili ve ucuz şekillerde delip aşmanın yollarını aramaya başladı. Bu arayışlar sırasında; uranyumun metal haldeyken, 18,56 g/cm<sup>3</sup>'lük özgül ağırlığıyla, kurşundan 1.7 kat daha ağır bir malzeme olması dikkatleri çekti. ABD ordusu 1990'larda bir ‘Seyreltilmiş Uranyum Projesi’ başlatmış, projenin başına da; Vietnam Savaşı gazilerinden, sağlık fizikçisi bir asker olan Doug Rokke'yi getirmişti. Orduya 30 yıldan fazla hizmet vermiş olan ve kendisini “savaşçı-vatansever” olarak tanımlayan Rokke, “savaşçı amaç öldürmektir” diyordu: “SU da elimizdeki en güçlü öldürme aracı...”

Bu proje kapsamında, SU'dan mühimmat ve bomba üretildi. 1991 Körfez Savaşı'nda Müttefikler'in toplam olarak, 290 ile 800 ton arasında SU mühimmat kullandığı tahmin ediliyor. Bu mühimmat hedefi geçene kadar, buharlaşıp pulverize hale geliyor. Daha sonra kısa zamanda katılarak, havaya uranyum oksit, aerosol benzeri parçacıkları halinde dağılıyor. Gerçi uranyumun ağır bir çekirdek olması nedeniyle, bu parçacıklar havada çok uzun sürelerle dolaşmıyor. Ancak patlamalar sırasında civarda bulunan personel, özel önlemlerle korunmamışlarsa eğer, bu parçacıkları soluyarak ciğerlerine alıyor. Zamanla yere inen parçacıklar, suya toprağa sinerek, besin zincirine ve yeraltı sularına da karışabiliyor. Ger-

çi uranyum bir ‘nadir toprak elementi’ ve ağırlıkça milyonda birkaç oranında, hemen her yerde bulunuyor. Ancak, yüksek yoğunluktaki birikimlerinin halk sağlığı üzerindeki etkileri tam olarak bilinmiyor. Bilinenler şunlar:

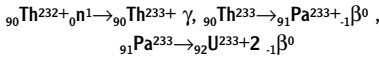
Hemen her ağır metal gibi, uranyum da toksik etkilere sahip. Öte yandan, düşük düzeyde de olsa, doğal radyoaktivitesi var ve yarılanma ömrü



## Abartılmış Toryum

Toryum doğada, monazit ve torit mineralleri halinde bulunuyor. Güçlü alaşımların ve ultraviyole fotoelektrik gözelerin yapımında kullanılan bu 'nadir toprak elementi', hemen tümüyle Th-232 izotopundan oluşuyor. Türkiye'nin, yaklaşık 380,000 tonluk rezerviyle dünyada, Hindistan'dan sonra en büyük rezerve sahip ülke olduğu sanılıyor.

Fakat, Th-232 izotopu 'parçalanabilir' bir çekirdek değil. Dolayısıyla, nükleer enerji üretimi amacıyla, doğrudan yakıt olarak kullanılması imkansız. Ancak 'doğurgan' bir çekirdek. Termal nötron bombardımanı altında bir nötron yuttuktan sonra, iki beta bozunumundan geçerek, parçalanabilir olan U-233 çekirdeğine dönüşebiliyor:

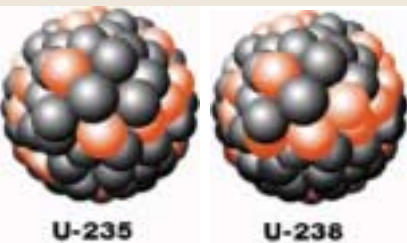


Dolayısıyla, toryumu mevcut nükleer santrallarda doğrudan yakıt olarak

4,5 milyar yıl kadar. Solunum yoluyla alınması bu aktiviteyi, bünyenin içine yerleştirip, hasar potansiyelini artırıyor. İç organların SU'ya maruz kalması; böbrek hasarı, akciğer ve kemik kanseri, solunum hastalıkları, sinirsel-bilişsel bozukluklar, kromozom hasarı ve kusurlu doğumlara yol açabiliyor. İngiltere Atom Enerji Ajansı'nın, ICRP kriterlerine dayanarak Kuveyt üzerine yaptığı gizli bir çalışma, 50 ton SU'nun, solunması halinde izleyen birkaç on yıl içinde yarım milyondan fazla ilave kanser ölümüne yol açacağını tahmin ediyor.

Irak'ta 1991 savaşından sonra kanser oranlarının 10 misli arttığı, sakat çocuk doğumlarının 4-5 misline çıktığı iddiaları var ve bu artışlar SU kullanımına bağlıyor. Dünya Sağlık Örgütü, bu iddiaların araştırılması gerektiğini söylüyor. SU mühimmat daha sonra, Sırbistan ve Kosova'daki NATO bombardımanları sırasında da kullanıldı. Ardından bazı ülkelerde, askerlerin ani hastalık ve ölümleri tartışılmaya başlandı. Sonunda Avrupa Parlamentosu'nca, Ocak 2001'de, silahlarda SU kullanımını yasaklayan bir karar benimsendi. Karar bağlayıcı olmasa da, ülkeler üzerindeki baskıyı artırmak gibi bir işlevi hedefliyor.

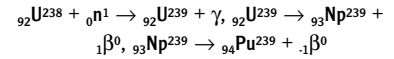
Bu son savaşta Irak üzerinde, 1991'deki 300-



kullanmak mümkün olmamakla birlikte, kalpteki U-235'ce zengin yakıt çubuklarının içine ya da yanına yerleştirilerek, bir yandan U-235'ten enerji üretirken, diğer yandan Th-232 izotoplarını U-233'e çevirmek mümkün. Bu U-233 çekirdekleri de zamanla fisyonla uğrayacak, enerji üretimine katkıda bulunacaktır. Nitekim, Hindistan uzun zamandır zengin toryum rezervlerini değerlendirebilmek amacıyla, nükleer santrallerinde toryum takviyeli bir yakıt çevrimini kullanabilmek için çalışıyor. Ancak böyle bir yakıt çevrimi şimdilik, ekonomik açıdan pek anlamlı görünmüyor. Çünkü, yeni nükleer santrallerin yapımı dünya genelinde yavaşlamış ve dünya uranyum rezervleri üzerindeki baskı hafifleyince de, bu metalin fiyatı fazla artmamış. Dolay-

sıyla halen, toryumu doğurgan malzeme olarak yakıt takviyesi için dolaylı bir şekilde kullanmak yerine, uranyumu doğrudan yakıt olarak kullanmak daha ekonomiktir...

Kaldı ki, doğal uranyumun hemen tamamını oluşturan ve zenginleştirilmiş uranyum yakıtta da zaten bolca bulunan U-238 izotopu, bir başka doğurgan çekirdek. Bu çekirdek de keza, bir nötron yutup iki beta bozunumundan geçtikten sonra, parçalanabilir bir çekirdek olan Pu-239'a dönüşüyor:



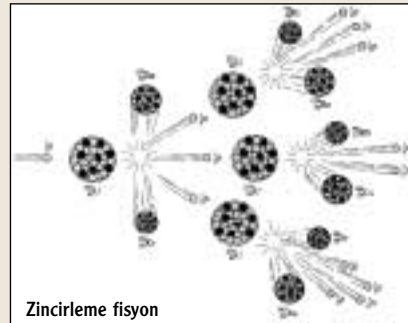
Dolayısıyla, kalpte doğurgan malzeme olarak U-238 zaten varken, onun yerine toryum yerleştirmeye çalışmak, sırf enerji eldesi açısından pek bir anlam taşımıyor.



ABD seyrettilmiş uranyum mermilerini, Rusların Varşova Paketi ordularında hizmete soktuğu, çok güçlü bir zirha sahip T-72 tanklarına (üstte) karşı geliştirdi. Amerika'nın Irak'ta ve Kosova'da kullandığı M1A1 Abrams tankları için geliştirdiği mühimmat (ortada) Mermi tanka çarptığında bu uranyum çok yüksek bir sıcaklıkta yanıyor, zirhu eriterek tankın içine giriyor. Sağda bir DU mermisinin deldiği zirh görülüyor.

800 tonluk düzeyin, 2 ile 6 katı kadar SU kullanılmış olduğu sanılıyor. Binlerce hektarlık Irak toprağı kirlenmiş olabilir. Maruz kalmış olan bölgeleri SU tehdit unsurundan arındırmak için 'dekontaminasyon,' yani toprağın sıyrılıp radyoaktif atık olarak elden geçirilmesi gerekiyor. Buysa zor ve pahalı bir işlem. Örneğin, ABD'deki, çok daha yüksek düzeylerde radyasyon kirliliğine, çok daha uzun ve ağır şekilde maruz kalmış olmakla beraber, sadece 200 hektarlık bir askeri alanın temizlenme maliyeti 4-5 milyar doları bulmuş.

ABD, I. Körfez Savaşı'ndan sonra da, SU operasyonlarına katılmış olan tanklarını arındırma



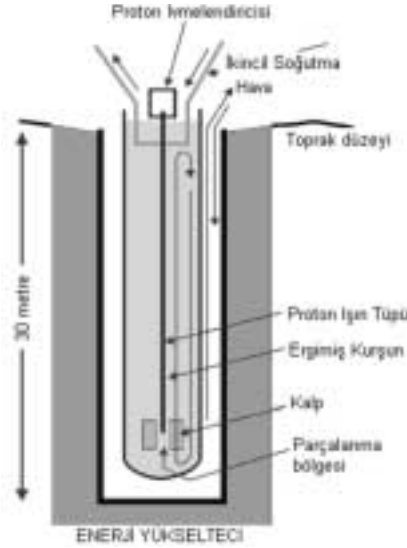
Zincirleme fisyon



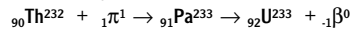
kararı almış ve Doug Rokke ile ekibini, bu işi yürütmekle görevlendirmiş. Kuveyt'teki 3 ay süren ilk işlemlerden sonra, 24 tank ABD'ye gönderiliyor ve arındırma işlemlerine burada, üç yıl kadar daha devam ediliyor.

Rokke bu ikinci savaşta görev almadı. Hatta savaşa karşı çıkanlardandı. Çünkü önceki görev sırasında, ekibindekiler ilk 72 saat içinde hastalık belirtileri göstermeye başlamış. Sonuçta hepsi hastalanmış. Rokke en yakın arkadaşının ölümünü izlemiş. Şimdi kendisi de, akciğer ve böbrek yetmezlikleri başta olmak üzere, çeşitli hastalıklarla mücadele ediyor.

Ancak, kolay bir üretim yolunun bulunması halinde, U-233'ün yakıt olarak kullanılmasının, U-235 ya da Pu-239'a göre, diğer bazı avantajları var. Örneğin, dünyadaki nükleer santrallerin yayılmasından duyulan kaygıların en büyüklerinden birisi, bu santrallerde ister istemez üreyen Pu-239'un çalınarak, bomba malzemesi olarak kullanılması endişesi. Pu-239 doğal bozunumu sırasında, beta parçacıkları yayıyor. Bunlar da yüklü parçacıklar olduklarından, herhangi bir malzemede fazla mesafe katedemeyip kolayca durduruluyor. Buysa, Pu-239'un yakıt işleme tesislerinden çalınmasını, taşınıp çeşitli amaçlarla kullanılmasını kolaylaştırıyor. Halbuki U-233 doğal bozunması sırasında, yüksek enerjili ve hayli delici gama ışınları yayılıyor. Bu da, çalınıp üzerinde çalışılmasını, imkansız kılmasa da, zorlaştırıyor. Öte yandan, U-233'ün parçalanmasından kaynaklanan radyoaktif fisyon ürünleri, U-235 ya da Pu-239'den kaynaklananların, 10 ile 10,000'de biri kadar daha kısa yarılanma ömürlerine sahip. Dolayısıyla, U-233'e dayalı bir enerji üretim sürecinin atık yakıt yönetimi, görece çok daha kolay.



U-233'ün bu çekiciliği karşısında, Carlo Rabbia adında bir fizikçi, toryum temelli ve kendi adıyla anılan bir enerji santrali tasarımı geliştirmiş. Bu tasarımda Th-232, nötron yerine yüksek enerjili proton bombardımanıyla U-233'e dönüştürülüyor:



Tabii bir de, ortaya çıkan U-233'ü fisyonla uğratabilecek nötronlar lazım. Rabbia'nın tasarımı bunu, hiç değilse başlangıçta, kurşun gibi ağır çekirdeklerin, yine protonlarla bombardımanı

sonucu parçalanarak nötron üretmesi temelinden yararlanarak başarmayı hedefliyor. Buna 'primerleme' deniyor ve proton ışını kesildiğinde, ortada dolaşan nötronlardan bazıları Th-232 çekirdekleri tarafından yutulularak bunları U-233'e dönüştürürken, diğer bazıları mevcut U-233'lere çarparak bunların fisyonuna yol açıyor. Ancak U-233 fisyonundan;



yalnızca iki nötron çıkıyor olmasının önemli bir sonucu var: Proton ışını kesildikten sonra, bir zincirleme reaksiyon devam edemiyor. Çünkü bunun mümkün olabilmesi için, iki nötronun birinin bir Th-232 çekirdeğini U-233'e çevirirken, diğerinin de mevcut bir U-233 çekirdeğini fisyonla uğratması; yani her iki nötronun da %100 verimle kullanılabilmesi lazım. Oysa bu olanaksız. Çünkü, nötronlardan bazılarının sistemin dışına kaçması, bazılarının da fisil olmayan çekirdekler tarafından yutulması kaçınılmaz. Dolayısıyla, proton ışını kesildiğinde, fisyonlar duruyor. Ancak bu arada meydana gelmiş olan çekirdek parçalanmaları sonucu, protonların imvelendirilmesi için harcanan enerjinin 60 katı kadar enerji elde edilmiş oluyor. Bu yüzden de Rabbia'nın

## Erken Bor Beklentisi

Borat da denilen Boron minerallerinin 1999 yılı üretimi 4,5 milyon ton kadar. Bunun 2 milyon tonu, 1,7 milyar dolar değerinde borik oksit (B2O3). Toplam üretimin %44 kadarı, başta tekstil ve izolasyon cam elyafı olmak üzere, cam sanayiinde kullanılıyor. İkinci en büyük tüketim alanı, deterjan ve sabun sanayii. Ayrıca, nükleer reaktörlerde ve nötron dedektörlerinde nötron yutucu olarak, az miktarlarda kullanımı var.

ABD ve Türkiye, üretimde başta geliyor. 1998 yılında her biri dünya arzının, B2O3 içeriği itibarıyla %31'ini sağlamış. Türkiye en büyük ihracatçı. Diğerleri; ABD, Arjantin ve Şili. Japonya ve dünyanın en büyük tüketici bölgesini oluşturan Batı Avrupa, tümüyle ithalata dayalı. Diğer önemli ithalatçılar; Brezilya, Avustralya, Kanada ve Doğu Avrupa.

Türkiye, 563 milyon ton (B2O3) rezerviyle toplam dünya rezervinin %64'üne sahip. 1,8 milyon ton/yıl ham bor üretim kapasitesi var ve 2001 yılı ham bor üretimi 1,48 milyon ton. Madencilik ihracatı içindeki payı, değer olarak yaklaşık %27'lik payla, birinci sırada. 2001 yılında 101 milyon dolarlık ihracat yapılmış. Son yıllarda ham bor ihracatı azalırken, katma değeri çok daha yüksek olan rafine bor ihracatında artış görülüyor. En büyük tüketici olan AB ülkeleri de zaten, bor işletmelerini birer birer kapatıyor. Bu madenin Türkiye'deki işlet-

me ve pazarlaması, Eti Holding A.Ş.'nin tekelinde.

Dünya boron arzı açısından, gelecek 10 yılda bir sıkıntı beklenmiyor. Batı Avrupa 2013 yılı itibarıyla, sularındaki boron derişimlerini azaltmayı, bu amaçla deterjanlarda borat kullanımından uzaklaşmayı hedefliyor. ABD ise, bir enerji tasarrufu kalemi olarak, çamaşır makinelerinde daha düşük yıkama sıcaklıklarına yöneliyor. Bu da, deterjan sektö-



Bor katkılı paslanmaz çelikten yapılmış profiller, nükleer santrallerde kullanılmış yakıt çubuklarının daha büyük miktarlarda depolanabilmesini sağlıyor.

ründe daha fazla boron kullanılacağı anlamına geliyor. ABD'deki bu tüketim artışının, Avrupa'daki azalışı dengelemesi mümkün. Ancak, yakıt hücreleri alanında beklenmedik hızlı gelişmelerin yer alması, bora olan toplam talebi arttırabilecek...

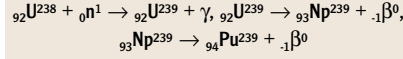
Yakıt hücreleri, bilindiği gibi kimyasal enerjii, bir yakma işlemi oluşturmadan, doğrudan elektrik enerjisine çeviren aygıtlar. Tıpkı bir pil gibi. Fakat pildeki kimyasal enerji, önceden depolanmış olup, bitene kadar kullanılırken; yakıt hücrelerinde sürekli olarak yenilenebiliyor. Temel olarak bir yakıt pilinde, gaz yakıtlar; ki bu genellikle hidrojen oluyor; anottan devamlı olarak beslenirken, oksitleyici gazlar, yani hava ya da oksijen, katottan devamlı olarak gönderiliyor. Elektrotlarda, elektrik akımı oluşturan elektro kimyasal reaksiyonlar meydana geliyor. Doğrudan enerji dönüşümü nedeniyle yüksek verime sahip olan bu aygıtların, şimdilik başta gelen sorunu, yakıtı oluşturan hidrojenin elde edilme, nakil ve depolama yöntemleri. Çünkü, -252 santigrad derece gibi çok düşük sıcaklıklarda sıvılaşan hidrojen, gaz halinde iken çok yer kapladığı gibi, patlayıcı bir gaz olması nedeniyle, taşıma ve depolama işlemleri sırasında tehlike oluşturuyor. İşte bu açıdan, bor bileşenlerinin hidrojen taşıma kapasitesi, bu elementin, geleceğin yakıt hücrelerinde yeni bir kullanım alanına kavuşabileceğine işaret ediyor.



tasarımına 'enerji yükseltici' deniyor. Hem de, tasarımda yakıt hammaddesi olarak sadece toryum kullanıldığından ve doğal toryum %100 Th-232 izotopundan oluştuğundan, uranyumda olduğu gibi bir zenginleştirme işlemine gerek kalmıyor.

'Toryum Temelli Enerji Yükseltici'nin kalbi, şekilde görüldüğü gibi; toprak düzeyinin altına yerleştirilmiş, 30 m yüksekliğinde ve 6 m yarıçapında, çelik bir silindir kap biçiminde tasarlanıyor. İçi yaklaşık 10,000 ton kurşunla dolu olan kabın alt kısmında, yakıt hammaddesini oluşturan toryum bulunuyor. Yukarıdan aşağıya, bu toryum malzemesine doğru, bir proton ivmelendiricisi uzanıyor. Protonlar 'parçalanma bölgesi'ne vardıklarında, bir yandan Th-232'yi U-233'e çeviriyor, bir yandan da kurşun çekirdeklerini parçalayarak, U-233'ün fisyonu için gerekli nötronları üretiyor. Çoğunlukla fisyon ürünlerinin kinetik enerjisi olarak açığa çıkan enerji, kurşunu ısıtıp eritiyor. Isınan kurşun, çelik kap içerisinde, doğal konveksiyonla yükseliyor. Dolayısıyla, bir yandan da soğutucu görevi görüyor. Kabın kendisiyse dışından, havanın zorlamalı konveksiyonuyla soğutuluyor.

## Neptünyum Hurafesi:



Adını Neptün gezegeninden alan Neptünyum, aktinid serisinin sentetik transuranyum elementlerinden ilk keşfedileni.  ${}_{93}\text{Np}^{239}$  izotopu olarak, McMillan ve Abelson tarafından 1940 yılında, California Üniversitesi'nde (Berkeley), uranyumun, siklotron ürünü nötronlarla bombardımanı sonucu elde edildi. Şimdiye bilinen 15 izotopu var. 2,14 milyon yıl yarılanma ömrüyle en kalıcı olan Np-237 izotopu, halen plutonyum üreten reaktörlerde yan ürün olarak, gram düzeylerinde üretiliyor. Bu izotop uranyum madenlerinde de eser miktarlarda bulunabiliyor. Çünkü doğal aktivite sonucu üretilen nötronların etkisiyle eser miktarlarda üretilebiliyor. Elementin metal hali, NpF<sub>3</sub>'ü 1200°C civarında, baryum ya da lityum buharıyla indirgenmesi sonucu elde ediliyor. Bu gümüş görünümüne sahip metal, kimyasal açıdan reaktif. Np-237 izotopu, nötron dedektörlerinde eser miktarlarda kullanılıyor ve ORNL (Oak Ridge National Labora-

Tasarım çekici görünmekle birlikte; örneğin çelik kabın, 1200 santigrad dereceye kadar ısınan kurşunun içinde erimesi gibi; ciddi bazı mühendislik problemlerinin aşılmasını gerektiriyor. Şimdilik, bilgisayar benzetişimleri ve küçük ölçekli bazı testleri yapılmış.



Nükleer enerji santrallerinde eser miktarda bir yan ürün olarak elde edilen neptünyumun katalizör olarak çeşitli kullanım alanları var. Resimde, nikkelle kaplanmış bir neptünyum-237 küresi, arka planda görünen zenginleştirilmiş uranyumdan yapılmış ve birbiri içine geçen kaplarla örtüldüğünde parçalanabilir "kritik" kütle haline geliyor.

tory)'den gramı 280 dolardan satın alınabiliyor. Bilinen başka hiçbir kullanım alanı yok.

Dolayısıyla, kamuoyumuzda epey zamandır dolayan ve ciddi ciddi dolaştırılan, "Türkiye'nin neptünyum rezervleri ve toplam değeri" ile ilgili tartışmalar şöyle bir nokta koymak mümkün: Türkiye'nin böyle bir rezervi yok. Çünkü dünyada doğal neptünyum rezervi diye bir şey yok!

Ağır koşullarla karşı karşıya bulunan toplumlarda 'mesih' beklentilerinin artan rağbet görmesi, sosyopsikolojik açıdan, esefle beklenen bir olgudur. 'Mesih'lerin illa da insan formunda olması gereği de, maalesef yoktur.

CERN'den başka, ABD, Japonya ve Rusya'da da laboratuvar ölçeğinde çalışmalar planlanıyor. Ama sistem, çalışan bir prototip olarak henüz ortada yok. Ekonomikliği de meçhul...

Prof. Dr. Vural Altın  
Boğaziçi Üniv. Nükleer Mühendislik Bölümü



Millennium Cell firmasının geliştirdiği teknoloji, yüksek basınçlı depolama tankları ya da karmaşık metal hidrit depolama sistemleri yerine, yakıt olarak kullanılan hidrojeni, su temelli sodyum borhidrit ( $\text{NaBH}_4$ ) solüsyonunu bir katalizör odacığında tepkimeye sokarak elde ediyor. Sonuçta ortaya çıkan hidrojen, duyarlı proton değişim malzemelerini "zehirlenme" tehlikesi olmadan bir yakıt hücresine iletebilecek kadar saf. Millennium Cell ile Chrysler firması sodyum borhidritle çalışan otomobillerin ekonomik hale gelebilmesi için aşılması gereken bir çok teknik ve lojistik sorunun bulunduğunu belirtiyorlar. Ancak yakıt sisteminin basitliği ve potansiyel etkinliği, dikkatleri bu yakıt üzerinde topluyor.

Aynı firmanın yine bor bileşenlerinden yararlanarak geliştirdiği ve istendiği anda hidrojen üreten portatif jeneratörlerin de (sağda) evlerde, işletmelerde ve iletişim sektöründe yaygın kullanım bulabileceği düşünülüyor.



Örneğin 'Millennium Cell' firmasının, prototip bir araba üzerinde denenmiş olan; 'Talep Üzerine Hidrojen' sistemi, hidrojeni, su bazlı sodyum borhidrit ( $\text{NaBH}_4$ ) bileşeni halinde depoluyor. Yanıcı olmayan bu çözelti, bir katalizörle temasa geldiğinde hidrojen veriyor, aksi halde hidrojen üretilmiyor. Hidrojen üretiminden sonra borhidrit yakıt, bir borat çözeltisine dönüşüyor. Bu çözelti bir tankta saklanıp, tekrar borhidrit yakıtı dönüşürülebilir. Bor, bu ve benzeri tüm diğer uygulamalarda, yakıt değil, yakıt taşıyıcı olarak görev yapıyor ve tekrar tekrar kullanılabilir.

Aslında, elde edilen hidrojeni, yakıt hücrelerinde olduğu gibi elektrığe dönüştürmek yerine, içten patlamalı motorlarda yakarak ulaşım araçlarında kullanmak da mümkün. Nitekim, hidrojenle çalışan arabaların prototipleri hazır ve piyasaya sürülme aşamasında. Ancak, otomobil üreticileri seri üretime geçmeden önce, bir hidrojen dağıtım ağının oluşturulmuş olmasını şart koşuyor. Otomobil yakıtı dağıtıcılıysa, henüz yollarda bulunmayan bir araç için dağıtım ağı kurmaya yavaşlıyor. Dolayısıyla, ortada bir kilitlenmişlik var ve bu sorunun aşılması için, yakıt hücrelerinin pratikteki verimlerinin artırılarak ekonomikliklerinin kanıtlanması gerekiyor. Ancak ondan sonradır ki bor, bir yakıt değil, tekrar tekrar kullanılacak bir yakıt taşıyıcı olarak, yeni bir kullanım alanına kavuşmuş olacak. Bu durumda dahi, dünya bor talebinde yer alacak olan artışın düzeyini kestirmek güç: Paçaları tabii ki sıvamak, ama dereyi de görmek lazım.