

ARKA BAHÇEDE

Kitle imha silahları, adlarından da belli olduğu gibi büyük yıkıma yol açan, kullanıldıkları savaşın çapına ve silah(lar)ın gücüne bağlı olarak binlerden başlayıp on milyonlara kadar insanı bir anda öldürme, çok daha fazlasını da yaralama, sakatlama ya da yaşam boyu sürececek bedeni maddi hasarlara maruz bırakacak, ölçülemeyecek kadar büyük maddi yıkıma, onarılamayacak manevi acılara yol açma potansiyeline sahip savaş araçları. Bu silahların tekeline sahip az sayıda ülkenin bulunması bile insanlığın uykularını kaçırırken, bunların yayılma ihtimali kabusu daha da derinleştiriyor. Son ayların gündemi de bu kitle imha silahlarının, daha doğrusu Irak'ın elinde bulunduğu iddia edilenlerin üzerine kurulu. Krizin tarafları olan iki ülke, Bağdad'ın bu silahları sakladığını öne süren ABD ve bu tür silahların artık elinde bulunmadığını söyleyen Irak, geri adım atmadıklarından savaş bulutları bir türlü dağılmıyor. Birleşmiş Milletler denetçilerinin neyi bulup neyi bulmadıkları tam olarak belli olmadığı gibi, neyi aradıkları da kamuoyunca fazla biliniyor değil. Bu durumda anlaşılıyor ki, tabloyu daha net görebilmemiz için bunlar nasıl aranır sorusunun yanı sıra, kitle imha silahları nedir, nasıl yapılırlar, etkileri nedir gibi soruların üzerine de eğilmek gerekiyor.

Tanımadığınızı geniş bir ülkede nükleer ya da kimyasal silah unsurları aramak, samanlıkta iğne ya da karanlıkta gözleri kapalı siyah bir kedi aramaya benzer. Kolaydan zora doğru şöyle bir göz atalım...

Eğer bu silahlar denenmiş ya da kullanılmışsa, bunun uzaktan ya da sonradan belirlenmesi görece kolay. İran-İrak Savaşı'nda ve Irak'ın Halepçe kentinde kimyasal silahların kullanılmış, Hindistan ve Pakistan tarafın-

dan nükleer silahların gizlice denenmiş olduğunun belirlendiği gibi. Çünkü nükleer patlamaların yol açtığı, dep-



Taşıma Pu'yla Bomba Olmaz

Gündeme yeniden gelmesi nedeniyle, gizli nükleer silah yapım yolları konusunda akla gelebilecek sorularla ilgili olarak, Boğaziçi Üniversitesi öğretim üyelerinden Prof. Dr. Vural Altın'la ilk kez Temmuz 2001 sayımızda yer alan bir söyleşiyi kısaltılmış biçimde yeniden yayımlıyoruz.

Nükleer santrallerdeki plütonyum, atom bombası yapımı için uygun nitelikte mi?

Nükleer bir santralde üretilen plütonyum Pu-239, Pu-240, Pu-241, Pu-242 izotopları halinde ortaya çıkar. Bunlardan çift sayılı izotoplar kolay fisyonla uğramayan, dolayısıyla parçalanabilir olmayan izotoplar. Tek sayılı olanlarsa, yani Pu-239 ve Pu-241, fisyonla yatkın izotoplar. Ama nükleer reaktörde bu iki tür bir arada bulunduğundan, yakıt kirlidir. Bomba malzemesi yapmak için çift sayılı izotop-

ların ayıklanması gerekir. Bu da oldukça teknik ve bir hayli pahalı zenginleştirme işlemleri gerektirir. Öte yandan aynı yakıt kompozisyonunu, araştırma reaktörlerinin yakıtından elde etmek de mümkün. Dolayısıyla bomba malzemesi yapmak amacıyla nükleer güç santrallerine yönelmek hiç de akılcı bir yol değil.

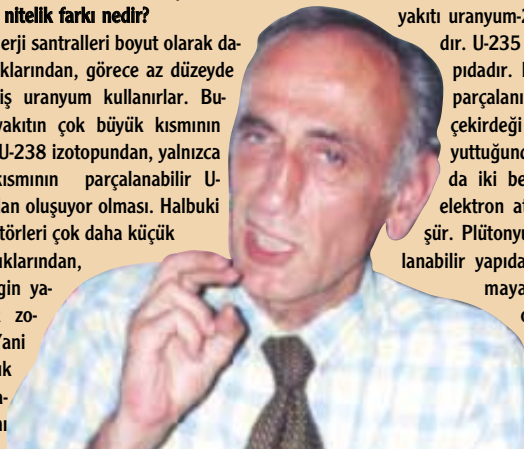
Nükleer enerji reaktörleri ve araştırma reaktörleri arasındaki nitelik farkı nedir?

Nükleer enerji santralleri boyut olarak daha büyük olduklarından, görece az düzeyde zenginleştirilmiş uranyum kullanırlar. Bunun anlamı, yakıtın çok büyük kısmının parçalanamaz U-238 izotopundan, yalnızca %1,5-%3'lük kısmının parçalanabilir U-235 izotopundan oluşuyor olması. Halbuki araştırma reaktörleri çok daha küçük hacimli olduklarından, çok daha zengin yakıt kullanmak zorundadırlar. Yani yakıtın yaklaşık %98-%99'a varan bir kısmı

parçalanabilir U-235 izotopundan oluşur. Böyle bir reaktörün yakıtını doğrudan uranyuma dayalı bir bomba yapmak üzere kullanmak mümkün olabilir.

Üretken (breeder) reaktör nedir?

Üretken reaktör, tükettiğinden fazla parçalanabilir çekirdek üretebilen reaktör anlamına geliyor. Bir çelişki gibi geliyor ilk anda. Tükettiğinden fazlasını nasıl üretir? Bunun bir örneği, üretken reaktör yakıtı uranyum-235/uranyum-238 karışımıdır. U-235 çekirdeği, parçalanabilir yapıdadır. Bir nötron isabet ettiğinde, parçalanıp enerji açığa çıkarır. U-238 çekirdeği parçalanamaz. Bir nötron yuttuğunda U-239 olur, daha sonra da iki beta bozunmasına uğrayarak elektron atıp, plütonyum-239'a dönüşür. Plütonyum-239 çekirdeği de parçalanabilir yapıdadır. Yani parçalanabilir olmayan U-238, parçalanabilir olan Pu-239'a dönüşür. Öte yandan parçalanabilir olan U-235, parçalanıp kaybolur. Eğer kullandığımız, yani parçaladığımız, U-



NE VAR?

rem dalgalarına benzer sarsıntılar, havada ve toprakta radyoaktivite artışları gibi, gözlemlerden kaçırılması zor etkileri vardır. Kimyasal silah kullanımındaysa, sağ kalıp da tedavi görenler ya da olayı ikinci elden duyup aktaranlar bulunur. Ama kullanım ya da deneme söz konusu değilken, üretme çabaları varsa, bunu açığa çıkarmak daha zordur.

Nükleer başlıklar, kaçınılmaz olarak içerdikleri aktivite nedeniyle bir yandan ısınır, dış yüzeyleri kanalıyla da soğurlar. Sonuç ola-

rak, etraftaki diğer cisimlerden daha sıcaktırlar ve eğer korunmamışlarsa yerleri, birkaç kilometre öteden ısı kamerasıyla çekilen fotoğraflardan belirlenebilir. Ama eğer yeterince zırhlanmış ya da ani bir saldırıya karşı korumak amacıyla silolarda saklanmışlarsa, bu yöntem sonuç vermez.

Bu durumda, nükleer ya da kimyasal silahların üretim süreçlerine hakim olup, bu süreçlerin içerdiği kritik bileşenler hakkında ipuçları yakalamaya çalışmak ge-

kir. Bunlar ülkede üretiliyor mu üretileniyor mu, ülkeye dışarıdan girmiş mi girmemişler mi, girmişse nerede ve hangi amaçlarla kullanılmışlar: bu sorulara yanıt aranır. Böyle bir denetim, karmaşık ve hassas bir dedektiflik işi gibidir. Çünkü, ilgili süreçlere dahil olan unsurlar çoğu kez, ekonominin diğer alanlarında da kullanılıyor olabilirler. Örneğin nükleer silah yapımında kullanılan zenginleştirilmiş malzeme, araştırma reaktörlerinde ya da tıp amaçlı radyoizotop üretiminde de kullanılabilir. Veya patlatılmasında kullanılan hassas elektronik bileşenler, ekonominin bazı sektörlerinde zaten dolaşüyor olabilir. Hele kimyasal silahların ana maddelerinden bazıları, örneğin gübre sanayii gibi masum üretim dallarında, ara ürün olarak zaten ortaya çıkmak zorundadır. Dolayısıyla, ilgili tesislerin girdi-çıkışı kayıtları incelenir ve miktarlarının, üretim amacına uygun olup olmadığı incelenir. Eğer bu miktarlarda, kuşku uyandıracak tutarsızlıklar belirlenirse, araştırma derinleştirir-



235'den çok Pu-239 üretebiliyorsanız birim zaman içinde, yakıtınız sürekli olarak artıyor demektir. Üretken reaktör bu. Başka yakıt pozisyonları örnekleri de mevcut.

Üretken reaktörde üretilen Pu-239, bomba yapımında kullanılabilir mi? Yani bu Pu-239, enerji santrallerindeki kirlil Pu-239'a göre daha mı temiz?

Şimdi burada üretken santrallerin ön plana geçmesinin nedeni şu: Hızlı üretken santrallerde yakıtın kendisi başlangıç itibarıyla zaten uranyumla plütonyumun karışımıdır. Üretken reaktörde plütonyumun yanına biraz da uranyum katıp hızlı üretken reaktöre koyuyorsunuz. Hızlı üretken reaktörde bomba malzemesi olarak plütonyuma yönelirseniz yapacağınız şey kimyasal ayırımıdır. Bu kolay bir şey. İzotop zenginleştirme de söz konusu. Nerede söz konusu? O plütonyumun hepsi "bomb-grade"dir, yani bomba yapımına uygun zenginliktedir. Ama kalite farkı vardır. Eğer içinde çift sayılı izotoplar az veya çoksa, kalitesi düşük veya yüksektir. Hatta çift sayılı izotopların bolluğu, plütonyumu bomba malzemesi olarak kirlil hale getirir denir. Kirlidir; temizlenmesi gerekir. Yani o çift sayılı izotopların ayrılması lazım ki, bomba "puf" demesin, "bum" diye patlasın.

Nükleer karşıtı özel kuruluşlar, kaçakçılık olay-

la- rıyla ilgili raporlar yayınlıyorlar.

Bu özel kuruluşlar, ne kadar güvenilir?

Benim şu an anımsayabildiğim, nükleer silahların yayılmasına örnek teşkil edebilecek en ciddi olay, Irak'ın girişimi. Yani Saddam'ın bir araştırma reaktöründe şekillendirdiği çabalar. Ama bu çalışma bir bomba yapımının ne kadar uzağında ya da yakınında, onun hakkında bir bilgiye sahip değiliz. Dolayısıyla anlatılanların ve iddiaların, bence, ne derece doğru olduğu da kuşkuludur. Çünkü benzeri non-proliferasyon alanında bir İsrail örneği var. İsrail için bombasını yaptı deniyor. Gerçi denemesini belki Güney Afrika'da, eski ırkçı rejimle bir işbirliği çerçevesinde gerçekleştirdi, belki de hiç gerçekleştirmedi. Bunun dışında bir Hindistan örneği var. Zaten NPT (Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Antlaşması)'ye üye olmayan bir ülkedeydi; yapmakta kararlıydı, yaptı. Pakistan keza. Ama bu nükleer silah, kafaya konulduğunda ve gerekli kaynaklar odaklandığında başarılmayacak bir teknoloji zaten değil.

Bir ülkeden şüphelenildiğinde, ilk olarak araştırma reaktörlerine bakılıyor. Araştırma reaktöründe ne kullanılıyor?

Araştırma reaktörleri küçük boyutlu oldukları

için, çok daha zengin yakıt kullanmak durumunda- dir. Ya fakir yakıt kullanıp büyük kalp (core-tepkime odası) yaparsınız, ya da zengin yakıt kullanıp, küçük kalp yaparsınız. Araştırma reaktörleri enerji üretmeyecekleri için zaten küçük olmak durumunda. O zaman kritik kütleli sağlamak için zengin yakıt kullanmak durumundasınız. Örneğin %99 U-235, %1 de U-238 diyelim. U-238 zaten zamanla plütonyuma dönüşecek. O plütonyumu alıp kullanabileceğiniz gibi, %99 oranındaki U-235'i kullanarak uranyum bombası da yapabilirsiniz. Eğer sizin aklınızda bomba fikri varsa, gidip bir enerji santrali kurmazsınız; bu birkaç milyar dolarlık iş. Bir araştırma reaktörü peşinde olursunuz; yani birkaç 10 milyon dolarlık iş. Maliyeti daha düşük olur, bir de alacağınız yakıt zaten doğrudan kullanıma yakın bile olabilir.

Peki araştırma reaktörlerinde üretilen ürün nedir? İzotoplar mı?

Genellikle mühendislik kollarında, güç düzeyi sıfıra yakın bir reaktör nasıl çalışır, onu araştırıyorlar. Nötron dağılımları, radyoizotop üretimi inceleniyor. Tıbbi uygulamalara yönelik olarak radyoizotop üretiliyor. Fizik deneyleri yapılıyor, nötron kaynağı olarak kullanılıyor, çünkü diğerlerinden sızıyor. Nötronların sonuçta belli bir ömrü var. Örneğin serbest nötronun mesela dakika düzeyinde bir ömrü var.

En düşük enerji grubundaki nötronlardan olan

lir: 'fazlalıklar başka nereye gitmiş, eksikler neden eksik...'

Bu arada tesis yöneticilerinin ve ilgili konunun ülkedeki uzmanlarının ifadeleri alınır. Açıklamalar arasında tutarsızlıklar varsa, bunların yakalanmasına çalışılır. Gündeme gelen tesislerde, gizlendiğinden kuşku duyulan maddelerin doğrudan aranmasına gidilir. Örneğin nükleer malzemelerin, yerterince yaklaşıldıklarında varlıklarını haber veren radyoaktiviteleri dolayısıyla, dedektör ve sayaçlarla bulunmaları, zor, fakat mümkündür. Keza, aranan kimyasal maddelerin depolanması ya da taşınması sırasında kullanılan ekipman, bu maddelerin izini belirleyecek; örneğin üzerinde ilgili maddenin ismi



yazılı unutulmuş boş bir kap dahi, kanıt olarak değerlendirilecektir. Öte yandan sağlık kuruluşlarının kayıtları incelenir ve bu tür işlerde çalışmış olup da, sağlık zararı görmüş ya da iş kazasına uğramış olmağı nedeniyle tedavi görmüş insanlar varsa, belirlenerek ifadelerine başvurulur. Böyle durumlarda etrafa anlatılmakta olan

ya da geçmişte anlatılmış olan hikayeler, hemen mutlaka vardır. Bütün bu ayrıntılı unsurlar derlenip toplanıp bir araya getirilerek ve aralarındaki olası bağlantılara işaret edilerek, objektif bir rapor hazırlanmaya çalışılır.

Bu silahların şimdiye kadar yaygın biçimde kullanılmış olmamalarını, karşılıklı bir terör dengesinin caydırıcılığı yanında, sahibi olan ülkelerin yönetim olgunluğuna borçluyuz. Onların, aynı olgunluğu taşımayan odakların eline geçmesini engellemeye çalışmak, her şeyden önce bir insanlık görevidir. Dolayısıyla, denetçilerin görevi çok önemli, fakat zor ve hassas bir iştir. Daha önce de işaret edildiği gibi, karanlık bir odada, gözlerini kapatmış bir siyah kediyi arayıp bulmaya benzer. Ama hele bir de odada kedi yoksa; araması çok daha zor, bulması imkansızdır.



Irak'ın körfez savaşında tahrip edilen Parmiyne yakıt zenginleştirme tesisi

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

termal nötronların bile hızı 2200 m/s. Yani bu nötronlar 25°C sıcaklıkta, saniyede 2,2 km yol katediyor. Gözünüzü açıp kapayınca kadar o Çekmece'den çıkıp Yeşilköy'e gidiyor. Duvar dediğim de tabii havuzun içindeki duvar. Yoksa reaktörün duvarı değil. Reaktörün duvarının dışındaki radyasyon düzeyi, yol üzerindeki korunma tedbirleri, yutucu çekirdekler nedeniyle normal radyasyon düzeylerinde olmak zorunda. Bu duvar kurşun ağırlıklı beton, yani kurşun karıştırılmış beton olabilir. Reaktörün kendi içinde, zincirleme reaksiyonu kontrol altına almak için kobalt kullanılır. Güçlü bir yutucudur; ama pahalı olduğu için duvarlara konmaz. Daha çok kurşun kullanılır. Reaktör yakıt kafesinin etrafı kurşundur. Reaktör binasının dışındaki nötron düzeyi izin verilebilir sınırların altında olmak zorundadır. Ama havuzun içindeki reaktörün duvarında, hatırı sayılır miktarlarda nötron düzeyi akışı vardır. Hatta havuzun mavi rengi de nötronların çarpıştığı protonların, yani hidrojen çekirdeklerinin yaydığı radyasyondan oluşur. Konik konik maviler... Aslında o koninin ucunda bir proton seyahat ediyordur; ivmelenmeye tabi olduğu için de zorunlu olarak radyasyon yayıyordu. Bu o ışıktr. Herbir koninin ucunda bir proton vardır.

Özetle, bomba yapmak istiyorsanız araştırma reaktörü tavsiye edilir. Yakıtı daha zengindir, kendisi daha ucuzdur. Bir bomba yapmak için gereken miktarlar 7-8 kg dir. Tabii araştırma reaktörünün

ciiddi bir denetim altında. Toplam yakıtı ne kadar? Diyelim 100 kg. 100 kg'dan çaktırmadan 7 kg çalmak zordur. Ama bunu 10 yıl boyunca yapabilirsiniz, günde 1-2 gram bir köşeye saklayarak. Çünkü bu maddelerin fire payları da var; olmak zorunda. Gerçekten de, yakıtı bir yere koyuyorsunuz, alıyorsunuz, koyduğunuz yere az miktarlarda yakıt bulaşıyor, dolayısıyla ağırlıktan bir kaybı var. Ancak bu fire payları içine 7 kg'ı kısa süre içinde gizlemek, 100 kg'lık bir yakıt stokunda ya da birkaç yüz kilogram yakıt stokunda, çok zor.

Türkiye, İran ya da Irak gibi ülkelerin "bodrumda" bir araştırma reaktörü yapmaları mümkün mü?

Amacınız "bodrumda" bir araştırma reaktörü yapmaksa, o zaman CANDU yapacaksınız. Bu tip reaktörlerde zenginleştirilmemiş yakıt kullanılır: doğal uranyum. Yani eğer ben zenginleştirmeden yakıt yapayım dersiniz, CANDU tipi bir reaktör uygun. Çünkü bir enerji santrali için, hatta bir araştırma reaktörü için zenginleştirme yapmak zorundasınız. Kilolarca yakıtı zenginleştirmek, çok pahalı bir iştir. Miktar arttıkça, gaz difüzyon (ayırıştırma) tekniklerine yönelmek durumundasınız. Bu da çok büyük tesisler gerektirir. Yaklaşık 4000 MW elektrik gücüyle desteklenmesi gerekir. Yok ben zenginleştirmeden doğal uranyumdan (şans eseri var doğal uranyumunuz) yapayım dersiniz CANDU tipi reaktöre yönelmeniz şart. O zaman da ağır su teknolojisine sahip olmanız gerekiyor. Orada da o zorluk

var. Ağır su da nedir? Hidrojen yerine döteryum kullanımı. Orada da izotop zenginleştirme işi var. O da kolay iş değil. Ama kafaya koyduktan sonra, eğer doğal uranyum kaynaklarınız varsa, yaparsınız. Örneğin, **Ziya ül Hak bu iş için, "halkım ot yese de ben bu bombayı yapacağım" dedi.** Ot yedirdi, yaptı. İyi mi etti, o tartışılır. Ama yanbaşınızda öyle ciddi bir tehdit olunca, paranoya içinde yaşıyorsanız, halk da ot yemeye razı oluyor. Bir de üzerine alkışlıyor.

Bir de saçma sapan gurur sembollerini var dünyada. Yani geçmiş yüzyılın kamuoyu psikolojisinde yarattığı tahribat o kadar derin ki, olmayacak şeyleri statü sembolü olarak görüyoruz.

Ortadoğu'da nükleer açıdan güvenli ve istikrarlı bir ortam oluşturmak mümkün mü, yoksa bu fikir bir fanteziden öteye gidemez mi?

Şimdi mevcut koşullar altında, mesela yeterince kaynak harcansa, bu dünyanın, Avrupa Birliği'nin, Birleşmiş Milletler'in en öncelikli sorunu olarak görülse, belki bu mümkün olabilir. Ama bir veya başka nedenle bu böyle değil, böyle olacağı da yok. Mesela Fransa Irak'a askeri malzeme satıyor. Irak'a reaktörü götüren Fransa. Yani onların güvenli ve istikrarlı bir ortam oluşturmak gibi bir derdi yok aslında. Ama varsayalım oldu. Bu güvenliği, örneğin bahsettiğimiz gizemli ölçekte, % 90'a çıkarmak için gereken miktar yüzlerce milyar dolar olacaktır.