

# NÜKLEER KAÇAKÇILIK

Ayşenur Topçuoğlu

İnsan, hakkında bilgi sahibi olmadığı tehlikelerden daha fazla korkma eğilimi taşır. Nükleer enerjinin karmaşık fiziği, kitle imha silahlarının insanlığın kollektif bilincine kazımış olduğu korku, nükleer enerji konusunda bir tedirginliği besliyor. Buna bir de terör örgütlerinin giderek gelişen teknolojik becerisi eklenince, nükleer maddelerin trafiği, yalnızca sokaktaki adam için değil, nükleer tekele sahip endüstri ülkeleri için de giderek yoğunlaşan bir endişe kaynağı oluyor. Batılı ülkelerin korkusu, Rusya'nın yeterli güvenlikten yoksun nükleer madde stoklarının, zengin teröristlerin ya da "bomba" peşinde koşan "sorumsuz ülkelerin" eline geçmesi. Medyada geniş yankı bulan kaçakçılık olaylarında ele geçen maddeler, ya da nükleer enerji santrallerinin atıklarıyla gizli nükleer silah programları yürütülebilir mi?

**N**ükleer madde kaçaklığı, soğuk savaşın sonuçlarından biri. Bu sonuç 1990'ların başından beri, özellikle uluslararası terörizmin daha cüretkar olması nedeniyle, giderek daha ciddi bir tehdit olarak algılanıyor. 1993'ten bu yana dünya genelinde resmi raporlara geçen nükleer madde kaçaklığı olaylarının sayısı 550'den fazla. Neyse ki bu olayların tümü atom bombası yapımında kullanılabilecek maddeleri içermiyor. Çoğunluğunu kanser tedavisinde kullanılan radyoaktif izotoplar, iyodin-113 karıştırılmış altın külçeleri, üzerlerine zirkonyum-95 püskürtülmüş ABD doları gibi atom bombasına dönüştürülemeyecek maddeler oluşturuyor. Ancak en azından 16 kaçaklık olayında, atom bombası yapımında kullanılan yüksek oranda zenginleştirilmiş uranyum (highly enriched uranium-HEU) ya da plütonyum (Pu) ele geçirildi.

Tehdidin temelinde, Rusya'nın elindeki silah yapımında kullanılmaya hazır parçalanabilir nükleer madde stokları yatıyor. Raporlarda geçen

olayların en önemlilerinden biri, 1994 yılında yaşandı. Almanya'daki bir laboratuvarında yapılan araştırma sonucunda, ele geçirilen 363,4 gram plütonyumun ve 201 gram lityumun (hidrojen bombası bileşeni) kaynağının Moskova olduğu anlaşıldı. Bu olay, Rusya'nın söz konusu tehlikenin büyüklüğünü farketmesini sağladı. Rusya'nın 20 000 stratejik ve taktik savaş başlığından oluşan nükleer silah deposu, bazı tehlikeler doğuruyor. Ancak asıl problem savaş başlıklarında değil. Çünkü savaş başlıklarını gizlice açıp, içindeki nükleer maddede çıkartabilmek kolay değil. Asıl tehdit, henüz savaş başlığı oluşturacak şekilde birleştirilmemiş 600 tonluk HEU ve plütonyum stoklarından kaynaklanıyor. Bush yönetiminin, bu stokun güvenliğiyle ilgili uluslararası mekanizma için ülkesinin vaadettiği para miktarını kısma yoluna gideceğini açıklaması üzerine, endişeler daha da büyüdü. Batılı güvenlik örgütlerinin kabusu, bu maddenin kaçaklık yoluyla teröristlerin ya da nükleer silahlara kavuşmak için gizli program-

lar yürüttüğü sanılan "sorumsuz ülkelerin" eline geçmesi. Terör örgütlerinin radyoaktif madde edinme gayretleri ciddi bir tehdit. Çünkü bu örgütlerin tek derdi atom bombası olmayabilir. Ele geçirdikleri maddeleri çarşı, meydan gibi kalabalık merkezlere yerleştirerek tehlikeli radyasyon yayımına yol açabilirler.

Batılı güvenlik servislerine göre, başta Rusya olmak üzere eski SSCB ülkelerindeki işsiz kalan araştırmacılar ve resmi görevlilerse, bir başka tehdit unsuru. Ele geçirilen bazı maddeler, bu işin uzmanlarının da kaçaklığa bulaşmakta olduğunu gösteriyor. 1994'ün Aralık ayında Prag'da 3 kişi arabalarında 2,7 kg kadar yüksek oranda zenginleştirilmiş uranyumla yakalandılar. Bunlardan ikisinin eski SSCB ülkelerinden gelen nükleer işçiler oldukları tespit edildi. Üçüncü kişiye, Çek asıllı bir nükleer fizikçiydi. 1995 yılında yaşanan bir olayda da, içlerinden biri polis görevlisi olan iki kişi bomba yapımına uygun nükleer maddeyle yakalandılar.

## Taşıma Pu'yla Bomba Olmaz

**Nükleer madde kaçaklığı ve gizli nükleer silah yapım yolları konusunda aklı gelebilecek soruları, Boğaziçi Üniversitesi öğretim üyelerinden Prof. Dr. Vural Altın Bilim ve Teknik okuyucuları için yanıtladı.**



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

Nükleer bir santralde üretilen plütonyum Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241, Pu-242 izotopları halinde ortaya çıkar. Bunlardan çift sayılı izotoplar kolay fisyonla uğramayan, dolayısıyla parçalanabilir olmayan izotoplar. Tek sayıda olanlar, yani Pu-239 ve Pu-241, fisyonla yatkın izotoplar. Ama nükleer reaktörde bu iki tür bir arada bulunduğu için, yakıt kirlidir. Bomba malzemesi yapmak için çift sayılı izotopların 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,

# Nükleer Trafikte Türkiye'nin Yeri

## Türkiye'nin nükleer madde trafiğindeki rolü nedir?

Türkiye coğrafi konumu nedeniyle eski Doğu bloku ülkelerinin komşuluğunda olduğundan, nükleer madde trafiğinde bir geçiş noktası niteliğinde. Bu ülkeler mali açıdan zor duruma düştüklerinde, bireyler oldukça karlı görünen nükleer madde kaçakçılığı alanına yöneldiler. Türkiye de bu yönetime son derece uygun bir aktarma noktası niteliği kazandı.

**Bazı kuruluşların resmi olmayan ve doğruluğu onaylanmamış raporlarında, Türkiye üzerinden geçiş yapılan nükleer madde miktarının çok ciddi boyutlarda olduğu belirtiliyor. Bunların doğruluk ve güvenilirlik payı nedir?**

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nun ve Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) Nükleer Madde Kaçakçılığına ait veri tabanlarındaki raporlara göre, böyle ciddi miktarda bir geçiş yok. Ayrıca Türkiye'deki polis raporları da bu sonucu doğruluyor. Zaten Türkiye'de yakalananlar genelde atom bombası yapımına uygun nükleer madde niteliğinde değil. Tüm ele geçirme olayları bu iddiayla ortaya çıkıyor, ancak yapılan analizler sonucunda başka kimyasallar oldukları veya çok küçük miktarlarda ve zenginliklerde uranyum içeren maddeler oldukları anlaşılıyor.

**Nükleer madde trafiğinin en yoğun yaşandığı dönem hangisidir?**

Nükleer madde kaçakçılığı olayları ciddi boyutta ilk kez 1990'ların başında Sovyetler Birliği'nin parçalanmasıyla ortaya çıktı. Olayların yoğunluğu 1990'ların ortasına doğru arttı. Şimdilerdeyse yaşanan olayların yoğunluğu ve ciddiyeti azalmış durumda. Bu azalmada, ülkelerin nükleer enerji yetkililerinin ve Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın uluslararası alanda güvenlik güçleri, istihbarat ve gümrük teşkilatlarıyla koordineli yürüttükleri yoğun çalışmaların payı büyük.

**Türkiye'de alınan güvenlik önlemleri nelerdir?**

Şu anda Türkiye'de sınır kapılarına dedektörler yerleştiriliyor. Bu dedektörler, stratejik açıdan nükleer madde geçişi olası tüm kapılara 1 yıl içinde yerleştirilmeye olacağı. Dedektörlerin yerleştirilme işlemi ABD ile işbirliği içinde gerçekleştirilmekte. Bu çalışma tamamlandığında, Türkiye üzerinden geçiş büyük ölçüde kontrol altına alınmış olacak.

Ayrıca, nükleer madde kaçakçılığı konusunda Gümrük Teşkilatı ve Emniyet Genel Müdürlüğü personeline Türkiye Atom Enerjisi Kurumu tarafından periyodik eğitim programları düzenlenmektedir.

A y h a n Y ı l m a z e r

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu  
Nükleer Madde Güvenliği Şubesi  
Nükleer Enerji Mühendisi



## Kaçakçılık Rotaları ve Türkiye

1990'ların başında Rusya'daki çalıntı nükleer madde, ağırlıklı olarak Doğu Avrupa'ya gidiyordu. Geçtiğimiz birkaç yıl içindeyse, Orta Asya'ya doğru yön değiştirdi. Nükleer madde kaçakçıları açısından bakarsak, bu bölge daha az risk taşıdığı ve son kullanıcılar daha yakın olduğu için, bu akıllıca bir yaklaşım. Kazakistan Atom Enerjisi Komitesi'ne göre, nükleer madde kaçakçılığında gözde olan rotalardan biri de Kazakistan'dan güneye doğru, Özbekistan ve Türkmenistan üzerinden İran, Afganistan ve belki de Pakistan'a giden yol.

Bu trafikte Türkiye'nin de önemli bir transit yolu olduğu anlaşılıyor. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Nükleer Madde Güvenliği Şubesi müdürü Aysun Yücel, Science dergisine verdiği demeçte Türkiye'nin, konumu nedeniyle nükleer madde kaçakçıları için önemli rotalardan biri haline gelmekte olduğunu belirtiyor. Polisin yaptığı araştırma sonuçları, Türkiye'de yaşanan olaylarda nükleer mad-

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.

**Bu iki reaktör tipi arasında güvenlik önlemleri açısından bir fark var mıdır?**

Her iki tür reaktörün de yakıt denetimi aynı kriterlerle yapılmaktadır. Yani güvenlik açısından enerji santrali ve araştırma reaktörünün yakıtı aynı denetim sürecinden geçer, aynı şekilde sıkı kontrol altındadır.

**O halde kamuoyunda, araştırma reaktörlerinden kaynaklanan bir tehdit olmadığı, buna karşılık enerji santrallerinin ciddi bir tehdit unsuru olduğu şeklindeki yaygın kaygının sebebi nedir?**

Bomba yapımı açısından nükleer enerji santrallerinden duyulan endişenin, araştırma reaktörlerine oranla daha yüksek olması tamamen ırsiyonel bir kanaattir. Bence bu kanaat, enerji santrallerinin kamuoyunda ön planda tartışılır olmasından kaynaklanıyor. Örneğin, Dünya'da üretilen nükleer malzemenin yarısına yakını askeri amaçlıdır. Ama askeri amaçlı radyoaktivite kaynaklarına yönelik bir gösteri veya eleştiri pek duymuyoruz. Bu endişeler ve eleştiri silsilesi enerji reaktörleri üzerine odaklanmış durumda. Nükleer enerji santrallerini kamuoyu nezdinde ön plana çıkartan birkaç ciddi kaza var, örneğin Çernobil veya daha ufak ölçekli diğer kazalar.

Araştırma reaktörleri enerji üretmedikleri için bu tür kazaların olasılığı zaten çok daha düşük. Bir ikincisi, askeri uygulamalarda bu tür radyasyon kazaları çok kolay örtbas ediliyor. Zaten kamuoyu koridorları dışında gerçekleşen olaylar silsilesi oldukları için, bunların pek çoğunu kamuoyu öğrenemiyor bile denebilir. Enerji santrallerinin endişeler açısından ön plana çıkmasının nedeni bu olsa gerek.

**Üretken (breeder) reaktör nedir?**

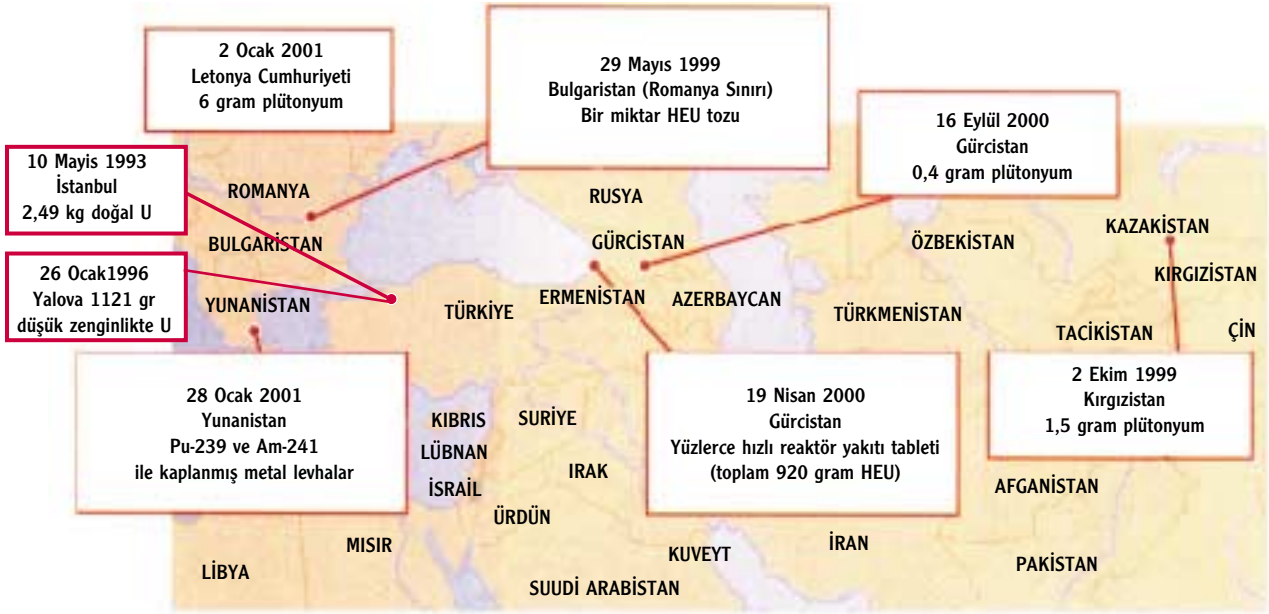
Üretken reaktör, tükettiğinden fazla parçalanabilir çekirdek üretebilen reaktör anlamına geliyor. Bir çelişki gibi geliyor ilk anda. Tükettiğinden fazlasını nasıl üretir? Bunun bir örneği, üretken reaktör yakıtı uranyum-235/uranyum-238 karışımıdır. U-235 çekirdeği, parçalanabilir yapıdadır. Bir nötron 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 kullandığınız, yani parçaladığınız, U-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 kirliliğe göre daha mı temiz?**

Şimdi burada üretken santrallerin ön plana geçmesinin nedeni şu: Hızlı üretken santrallerde yakıtın kendisi başlangıç itibarıyla zaten uranyumla plütonyumun karışımıdır. Harman üretken reaktörde plütonyumun yanına biraz da uranyum katıp hızlı üretken reaktöre koyuyorsunuz. Hızlı üretken reaktörde bomba malzemesi olarak plütonyuma yönelerseniz yapacağınız şey kimyasal ayırmadır. Bu kolay birşey. İzotop zenginleştirme de söz konusu. Nerede söz konusu? Plütonyumun hepsi "bomb-grade"dir, yani bomba yapımına uygun zenginliktedir. Ama kalite farkı vardır. Eğer içinde çift sayılı izotoplar az veya çoksak, kalitesi düşük veya yüksektir. Hatta çift sayılı izotopların bolluğu, plütonyumu bomba malzemesi olarak kirliliğe getirir denir. Kirlidir, temizlenmesi gerekir. Yani o çift sayılı izotopların ayrılması lazım ki, bomba "pu" demesini, "bum" diye patlasın; teknik deyişle, o mikrosaniye düzeyindeki zaman biriminde yeterince enerji verimi alabilirsiniz, yeterince çok sayıda çekirdeği fisyonla uğratıp o ani patlamayı başarabilirsiniz. Eğer yüksek kaliteli bomba malzemesi istiyorsanız, her durumda bir reaktörden alacağınız plütonyumda bir izotop ayırma süreci gereklidir eğer yüksek kaliteli bomba malzemesi istiyorsanız.

**Nükleer karşıtı özel kuruluşlar, kaçakçılık olaylarıyla ilgili raporlar yayınlıyorlar. Bu özel**



Güney ticaret rotası: Son yıllarda Türkiye ve komşu ülkelerde birçok nükleer madde kaçakçısı ele geçirildi. Bu maddelerin miktarı ve niteliği, atom bombası yapımı için yeterli ve uygun değil.

denin eski Sovyetler Birliği ülkelerinden - özellikle Kazakistan - batıya doğru, Hazar Denizi üzerinden Kafkasya boyunca geçerek ülkemize ulaştığını gösteriyor. Bu rotanın ortaya çıkmasının nedeni Suriye, İran ve Irak. Batılıların, nükleer silah edinme emelleri olduğundan kuşkulandıkları bu üç ülkenin ortasındaki stratejik

konumundan dolayı Türkiye, sınırlardaki önlemleri artırmak için ABD ile geçtiğimiz yıl bir anlaşma imzaladı. Anlaşma, Türkiye'nin stratejik açıdan önemli sınır kapılarına radyasyon dedektörleri yerleştirilmesini içeriyor.

Türkiye üzerinden geçişlerin tümü bir arada incelendiğinde, belirgin bazı sonuçlara varılıyor. Birincisi, Tür-

kiye içinde yakalanan nükleer maddenin tümünün kaynağının eski Sovyetler Birliği ülkeleri olduğu. Çoğunda da maddenin hedeflenen son durağı İran ya da Libya. Olayların hiçbirinde hedeflenen asıl yer Türkiye'nin kendisi değil. İkinci - ve sevindirici - bir özellik, bu kaçakçılıkları gerçekleştirenlerin, alıcıyı belirlemeden

#### **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 uzığında ya da yakınında, onun hakkında bir bilgiye sahip değiliz. Dolayısıyla anlatılanların ve iddiaların, bence, ne derece doğru olduğu da kuşku. 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 ülkeydi; yapmakta kararlıydı, yaptı. Pakistan keza. Ama bu nükleer silah, kafaya konulduğunda ve gerekli kaynaklar odaklandığında başarılacak bir teknoloji zaten değil.

**NPT (Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Antlaşması)'ye üye olmak tezgah altında bomba yapımına karşı yeterince bir güvence mi? NPT'ye üye olmamak "on-site" (yerinde) denetim konusunda bir rahatlık sağlıyor mu?**

NPT'ye üyeseniz, birtakım kolaylıklardan yararlanıyorsunuz. Örneğin, Türkiye'nin aldığı yardım. "Barış için atom" sloganı çerçevesinde, Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi kuruldu. Oradaki anlayış şu: Biz size nükleer enerjiyi ba-

rışçıl amaçlarla kullanmakta yardımcı olalım, ama siz de başka amaçlara sapmamayı taahhüt edin. Bunun karşılıklı bir denetimi oluyor; bütün tesisleri kapsayan bir denetim. Sadece bu araştırma reaktörleri değil, tüm diğer etkinlikler de kollanıyor "on-site" olarak. Başka türlü uzaktan denetim olanaklarınız yine var ama, herşeyi izleyip kollayamıyorsunuz. Ne de olsa bir dereceye kadar serbestiye kavuşmuş oluyorsunuz. Bir de uluslararası hukuk çerçevesinde devlet olarak taahhütünüzü çiğnememiş oluyorsunuz. Onun da bir ağırlığı var elbette.

Türkiye bir NATO üyesi; taahhüt etmiş; ağızından çıkmış ve askeri açıdan olsun, ekonomik açıdan olsun yardım alıyor. Türkiye'nin bu ihtiyaçları olmasa bile, devletin sürekliliğinin, uluslararası alanda inanılabilirliğinin, güvenilirliğinin devamı açısından bir taahhüdünü çiğnememesi çok önemli bir olaydır. Bunu yapan çok az sayıda devlet vardır. Bunlar da büyümeden yok olmuş devletlerdir denilebilir. Türkiye gibi, İran gibi köklü devlet geleneği olan toplumlarda olacak iş değil. Köklü devlet geleneği olan toplumlar için bu tür girişimler, çok olağanüstü ara rejimlerin belki atabileceği ve çok kısa zamanda tersine döndürülmeye mahkum olan adımlardır.

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

Araştırma reaktörleri küçük boyutlu oldukları için, çok daha zengin yakıt kullanmak duru-

mundadır. 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 kütleyi 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 üretilebiliyor. 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 termal nötronların bile hızı 2200 m/s. Yani bu nötronlar 25°C sıcaklıkta, saniyede 2,2

	Yasal Kullanımı	Yasadışı Kullanımı
Amerikyum-241	Duman dedektörleri ve diğer cihazlara yönelik alfa parçacığı kaynağı	En çok aranan elementlerin bileşeni
Berilyum	Reaktörlerdeki ve bombalardaki nötron yansıtıcıları	Yasadışı reaktörler, nükleer silahlar
Sezyum-137	Endüstriyel ya da tıbbi uygulamalara yönelik radyasyon kaynağı	Radyasyon yayma yoluyla cinayet
Kobalt-60	Endüstriyel ya da tıbbi uygulamalara yönelik gama ışınımı kaynağı	Radyasyon yayma yoluyla cinayet
Lityum-6	Termonükleer silahlar	Termonükleer silahlar
Plütonyum	Duman dedektörlerine yönelik alfa parçacığı kaynağı; nükleer silahlar; nükleer reaktör yakıtı	Nükleer silahlar
Polonyum	Endüstriyel uygulamalara yönelik alfa parçacığı ve nötron kaynağı	Nükleer silahlar
Uranyum	Nükleer reaktör yakıtı, nükleer silahlar	Nükleer silahlar
Zirkonyum	Nükleer reaktörler için yapısal malzeme	Yasadışı reaktörler

nükleer maddeyi ele geçiren ve nükleer silah yapımında az katkısı olan ya da hiçbir katkısı olmayan maddeleri satmaya çalışan amatörler olması. Üçüncü sonuç, Türkiye'nin coğra-

fi konumu nedeniyle bu tür aktarmalar için çekici olduğu. İran, Irak ve Suriye gibi, nükleer madde yayılımında belirgin rollere sahip olduğundan kuşku edilen ülkelerin Türkiye'yle sı-

nırı var. Aynı şekilde Ermenistan, ve Gürcistan da Türkiye'nin sınır komşuları. Bunların yanısıra, Türkiye ve Orta Asya ülkeleri arasında sürmekte olan ticari alışverişler de, kaçakçılık



Pakistan Araştırma Reaktörü (PARR-1)

km yol katediyor. Yani gözünüzü açık kapayınca ya 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 ka-

rıştırılmış 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 ışıktır. 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 reaktörünüz ciddi bir denetim altında. Toplam yakıtı ne kadar? Diyelim 100 kg. 100 kg daçaktırmadan 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 buluyor, 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 kiloluk 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 sembolleri var dünya'da. Yani geçmiş yüzyılın kamuoyu psikoloji-

için uygun zemin sağlamakta. Türkiye'de yaşanan olaylara ait raporlar incelendiğinde ulaşılan bir başka sonuçsa, bunların çoğunun abartılmış olaylar olduğu. Çünkü bu olayların çoğunda ele geçirilenler, silah yapımına elvermeyecek nitelikte ve miktardaki radyoaktif maddeler

Nükleer madde ve diğer radyoaktif kaynakların Türkiye üzerinden yasal olmayan ticaretini önlemek amacıyla 1993 yılında uluslararası düzeyde başlatılan çalışmalar, IAEA (Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı), Interpol, WCO (Dünya Gümrük Örgütü) ve Avrupa Komisyonu gibi kuruluşlarca desteklenmekte. Bu çalışma kapsamında IAEA bünyesinde oluşturulan Nükleer Madde ve Diğer Radyoaktif Kaynakların Yasal Olmayan Ticaretiyle İlgili Veritabanı'na Türkiye 1996 yılında katılmış bulunuyor.

Bilgi alışverişini Türkiye adına Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Nükleer Madde Güvenliği Şubesi yürütüyor. Bu çalışmalar kapsamında Türkiye'de yasal olmayan yollarla ticareti yapılan nükleer maddeler ya da diğer radyoaktif kaynaklar hakkındaki bilgiler, Uluslararası Atom Enerjisi

Ajansı'na iletiliyor. Diğer ülkelerden Ajansa iletilen bilgiler de aynı formlar vasıtasıyla ülkemiz temas noktasına geliyor. Ayrıca ulusal ve uluslararası olaylar hakkındaki bütün bilgiler bu şube içinde oluşturulan veritabanına kaydediliyor.

## Yanlış Anlaşılmalara

Nükleer madde kaçaklığı olaylarında ele geçirilen maddelerin niteliğiyle ilgili olarak kamuoyundaki bilgi ve değerlendirmeler genellikle yanlış. Bu maddelerin, ya da kurullarını zaman zaman gündeme gelen nükleer enerji santrallerinin radyoaktif atıklarının gizli atom bombası yapımına yarayacağı düşüncesi yaygın.

Uzmanlara göre gizli nükleer silah yapabilmek, sanıldığı kadar kolay bir iş değil. Bir kere nükleer enerji santrallerinden elde edilen yakıtlar bomba üretimine uygun değil. Bu tür maddelerin bomba yapımında kullanılması için teknik açıdan çok uzun ve maliyetli bir süreçten geçmesi gerekiyor. Ayrıca dünya çapındaki rapora geçen kaçaklık olaylarında

ki madde miktarları, bir bomba yapmak için gerekenin çok gerisinde. Şöyle küçüğünden bir atom bombası yapabilmek için yaklaşık 7 kg uranyum ya da plütonyuma ihtiyaç var. Kaçaklık olaylarının çoğunluğundaysa 10 gramdan daha az uranyum ya da plütonyum ele geçirildiği sonucundan yola çıkarsak, bu kaçaklıklar yoluyla bir atom bombası yapmak için gerekli miktarı elde etmek çok uzun bir zaman alacaktır. Ayrıca ele geçen nükleer maddenin çoğu, bomba yapımına uygun olmayan nitelikteki farklı kimyasallardır.

### Kaynaklar:

- Monterey Institute of International Studies - Center for Proliferation Studies tarafından hazırlanan Factsheet on Reported Nuclear Trafficking Incidents Involving Turkey, 1993-1999 raporu.  
<http://cns.mis.edu/research/wmdme/flow/turkey/index.htm>  
Balter M., "Nuclear Trafficking: A Real and Dangerous Threat", Science Magazine; Volume 292, Number 5522, Issue of Jun 2001, pp. 1632-1636  
Nuclear Control Institute: <http://www.nci.org/index.htm>  
McNamara T. (Assistant Secretary of State for Political-Military Affairs), "Nuclear Trafficking", March 22, 1996, Senate Permanent Subcommittee on Investigations  
Thorstensen S. (IAEA Department of Safeguards), "Safeguards and Illicit Nuclear Trafficking"  
Kibaroglu M., Can Middle East Be Rid of Tomorrow's Weapons?, Diplomacy Papers, June 1998, No:1759  
Scientific American: <http://www.sciam.com/0196issue/0196williams.html>  
Türkiye Atom Enerjisi Kurumu: <http://www.taek.gov.tr>

sinde yarattığı tahribat o kadar derin ki, olma-  
yacak şeyleri statü sembolü olarak görüyoruz.

### Dünya genelindeki nükleer madde trafiğinde, tam güvenlik sağlanması mümkün mü?

Tam güvenlik diye bir şey olamaz. Güvenlik konusunda risk analizleri de söz konusu. Sizin aklınızdaki olay, mesela 100 yılda bir yer alabiliyorsa, bunu ciddi bir tehlike olarak nitelendirebilirsiniz. 100 yıl bir toplum hayatına, hatta insan hayatına bile sığabilen bir süre. Ama milyar senede birse, ona karşı tedbir almak, ancak ucuz mal olan bir seçenekse mümkündür. Başka unsurları da göz önüne almak lâzım. Bu ne yazık ki kamuoyunda pek irdelenmiş, anlaşılacak bir mesele değil aslında. Şimdi diyelim ki iki tane tehdit unsurunuz var. Birisi trafik kazaları, diğeri radyasyon tehlikesi. Trafik kazalarında Türkiye'de yılda 60 000 kişi ölüyor veya sakat kalıyor. Elinizde tek bir liranız var; ya bu işe yönelteceksiniz, ya diğerine. Hangisine yöneltilsiniz? Bu tek lira, kişi başına ölüm olasılığı hangi tehditte yüksekse ona yöneltilmeli. Tabii ya hep, ya hiç yaklaşımı da doğru değil. Genellikle tehdit kaynaklarının bir dağılımı söz konusudur. Beş liranız var diyelim, üçünü bir tarafa, ikisini bir tarafa. Bu miktarları nasıl ayarlıyorsunuz? Harcadığınız para başına, ne kadar hayat kurtaracağınızı dikkate alarak. Yani daha ciddi risklere, daha fazla kaynak ayırmak durumdasınız. Ta ki bileşik kaplar yasanına göre, iki kaynaktan gelen risk eşit oluncaya kadar. Ama öyle yapılmıyor maalesef. Trafik kazaları meydan muharebesi gi-

bi seyrederken, tutup radyasyona karşı, yahut kamuoyunun hassas olduğu farklı konularda çok daha büyük kaynaklar harcanyor. Örneğin, bazı iddialara göre ABD, radyasyon tehlikesine karşı yılda bir hayat kurtarmak için yaklaşık milyon dolar harcıyor. Ama bazı mühendisler de, "ben otoyollarda alacağım fazladan güvenlik önlemleriyle,



riyle, her beş bin dolara bir hayat kurtarabilirim" diyor. Ama ABD, o beş bin doları oraya harcamıyor. Dolayısıyla ne olmuş oluyor? Bu alanda bir hayat kurtarmak için 1 milyon dolar harcarken, diğer alanda 200 hayatı gözden çıkarmış oluyorsunuz. Bu akılcı bir seçim değil. Ama tabii bütün riskler ölmek veya ölmek şeklinde de değil. Bunun aslında daha rafine ölçüsü, insan günü,

yani hayatından azalan gün sayısıdır. Ya da ilave edebildiğiniz gün sayısı üzerinden çalışırsanız, çok daha akılcı bir öncelikler sıralaması yakalamak ve kaynakları ona göre kullanmak mümkün olur. Yoksa hiçbir ülkenin bütün risklere karşı mutlak güvenlik sağlayacak kaynağı yoktur.

Bir de azalan getiriler kuralı diye bir şey var tabii. Örneğin güvenlik. Herhangi bir konuda güvenliği %50'den %90'a çıkarmak için 1 milyon dolar harcıyorsanız, %90'dan %92'ye çıkarmak için yine 1 milyon dolar harcamanız gerekir. %92'den %93'e çıkarmanız için 10 milyon dolar harcamanız gerekir. %93'den %98'e çıkarmak içinse 1 milyar dolar. Yani maliyet katlanarak artar. O mutlak güvenlik dediğimiz sahaya yaklaşmak için de genellikle sonsuz kaynak gerekir.

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

Şimdi mevcut koşullar altında, mesela yeterince kaynak harcarsa, 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.