

# Nükleer Teknolojiyle Tanışmak

**T**ÜRKİYE, yeni binyılda yeni bir teknolojinin eşliğinde 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 kWhaat. 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 yükselecek 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 gereksinmeleri 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-

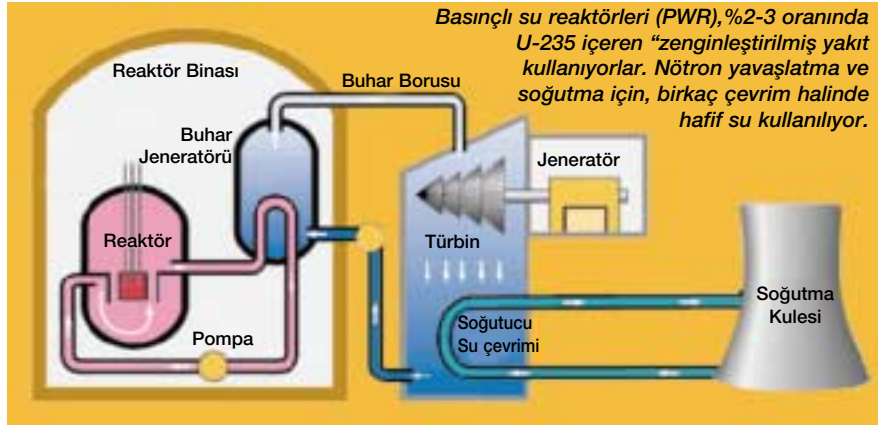
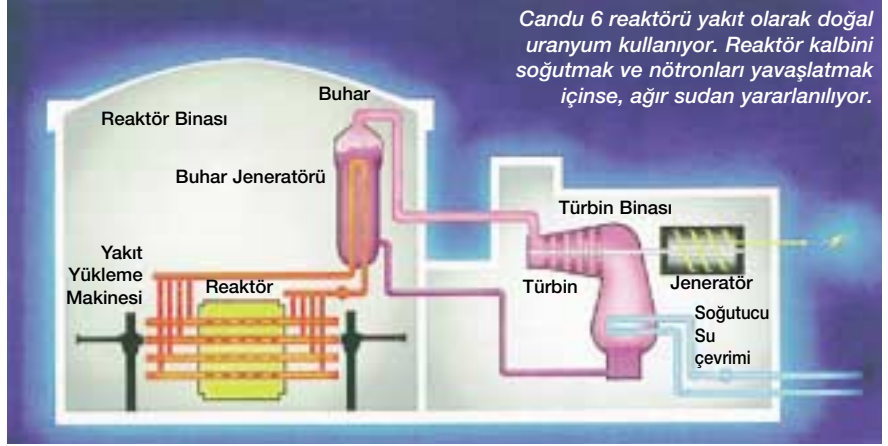
kiye) Ansaldo (İtalya) ve Daewoo (Güney Kore) yer alıyor. Grup, Kanada tarafından geliştirilen, yan yana kurulacak ve herbiri 650 Megawatt gücünde Candu-6 tipinde santral öneriyor.

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 dolun" 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 gelecek teknoloji, ülkemize bu geçen sürenin biriktirdiği tartışmaları beraberinde getiriyor. Enerjiye doymuş endüstri toplumlarında gelişen çevreci hareket, kültür alışverişinin globalleştiği 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 ihracat terminali olmayı hedeflese de, düşünülen 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 projeksiyonuyla 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 gereksinimiyle 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 vardığı 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'nden 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 radyoaktif 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-

rı, 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'nden 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 koşullarını, 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 Başbakanca öneride bulunulur.

Yer Seçimi

Nükleer güvenlik açısından yer seçimindeki asıl amaç normal işletme sırasındaki veya herhangi bir kaza durumundaki radyoaktivite salınımlarının radyoaktif etkilerine karşı halkı ve çevreyi korumaktır. Güvenlik açısından sahanın uygunluğunu etkileyecek tüm saha özellikleri saha incelemesi aşamasında değerlendirilir. Bunlar santralin çevre üzerindeki muhtemel radyoaktif 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 depremşellik, 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



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

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

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

leye katılan kon-  
sorsiyumların önerdiği modellerin  
tümünde santral reaktör bölü-  
mü, koruma kabı denen kalın bir  
beton yapıyla korunuyor. Reaktör  
kabının kalınlığı, tabanda 5, tavan-  
daysa 2 m kalınlığında. Amacı, re-  
aktör kalbi denen

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

bir nükleer felakete yol açabilir. Bir  
buhar borusunun, hatta soğutma suyu  
taşıyan bir borunun patlatılması, reaktör  
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. Aslında  
bırakın şimdiki, daha yıllar öncesinden  
bile seçilen santral arazisinin yanına  
yaklaşabilmek herkesin harcı değildi.  
Kaldı ki, uzmanlar, buhar ya da soğutma  
sistemlerinde herhangi bir nedenle  
bir aksaklık olsa bile, reaktörü  
devre dışı bırakacak birkaç kademeli  
teknik güvenlik sistemleri bulunduğunu  
vurguluyorlar. TEAŞ ayrıca, ihaleye  
katılan firmalardan yalnızca reaktör de-  
ğil, 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 güvenle ilgili  
olmayan hususlar da (örneğin soğutma suyu var-  
lığı, elektrik yükü ve dağıtım hususları) bazı alanların  
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 özellikler dikkate alınır. Değerlendiril-  
mede, yüzey faylanması, depremsellik, saha zeminin  
uygunluğu, volkan, su baskını, aşırı meteoro-  
lojik olaylar (kasırga ve fırtına), insan kaynaklı  
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  
güvenle 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 nükleer  
santral yeri olarak Akkuyu'yu seçmiş bulunuyor.  
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, insanlardan  
kaynaklanan olaylar oluşturuyor. Bunlar uçak çarpması,  
kimyasal patlamalar, 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 olarak  
en az tehlikeli bölgesinde yer alıyor. Türkiye'nin  
deprem bölgeleri haritasında, Akkuyu sahası 5. bölge  
içinde gösteriliyor (risksiz bölge). Buna karşın  
Nükleer Santral Tasarımlarında daha sıkı kriterlerin  
uygulanıyor olması nedeniyle saha ile ilgili çok  
daha detaylı bir çalışma da yapılmış bulunuyor.

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 yüksek  
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 tasarlan-  
mıştır). Bu santraller bir çok depreme, nükleer  
reaktörde herhangi bir hasar olmaksızın karşı koymuş  
bulunuyorlar. Deprem değerlerine göre tasarlanan  
ve işletilen santrallerde ana felsefe; olası en büyük  
depremden dahi, tesisin güvenli bir şekilde durdurul-  
ması ve gerek tesisin gerekse çevrenin hiçbir şekilde  
olumsuz etkilenmemesinin sağlanmasıdır.

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 hesaplanıyor.  
Ancak sahada, 80 km yarıçaplı dairesel bir alan  
içinde sismotektonik kaynaklardan aletsel olarak  
kaydedilen deprem verilerinde Richter ölçeğine göre  
4.7 büyüklüğünden daha büyük bir depreme  
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 sahanın  
güneyinde 60 km uzaklıkta olduğu kabul edilmiş  
ve odak derinliği 60 km olarak alınmış bulunuyor  
(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, Akkuyu'dan aktif bir fay  
hattının geçmediğini, en yakın fayların; Karaman-Mut  
(50-55 km), Kozağaç (30-35 km) ve Silifke'deki  
Korkiros kentinde (35 km) olduğunu ortaya koyuyor.  
Bu fayların aktif olduğunu gösterir herhangi bir  
jeolojik ve mikro-sismik bulgu da yok. Akkuyu sahasına  
en yakın aktif fay hattı ise yaklaşık 150 km uzaklıktaki  
Ecemiş fay hattı.

Deprem etkileri uzak mesafelere ulaşmakla beraber,  
Doğu Anadolu Fayı'nın etkileri Akkuyu'da tarihsel  
olarak da hiçbir zaman gözlenmemiş. Daha önce-  
kilerde olduğu gibi bu depremlerde de santral sahasındaki  
sismik ölçüm cihazlarında 0.01g (sismik ölçüm  
cihazının kayıt alabileceği minimum değer) değeri  
dahi ölçülebilmiş değil.

Üstelik, Akkuyu sahası tasarım deprem değeri için,  
100 000 yılda bir olan en büyük deprem yer hareketi  
büyüklüğü değerine karşılık gelen 0.25g'lik yer  
ivmesi dikkate alınmış bulunuyor.



**AECL'nin geliştirdiği, CANDU-6 türü nükleer santral**

## 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 kademel 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 dışına yerleştirilen ölçüm ünitesi, bina içerisinde yerleştirilen kesintisiz güç kaynağı ve modemi içeren bir kasa istasyonlara yerleştirilmektedir. Bu bileşenler ile kontrol merkezi fotoğraflarda gösterilmektedir.

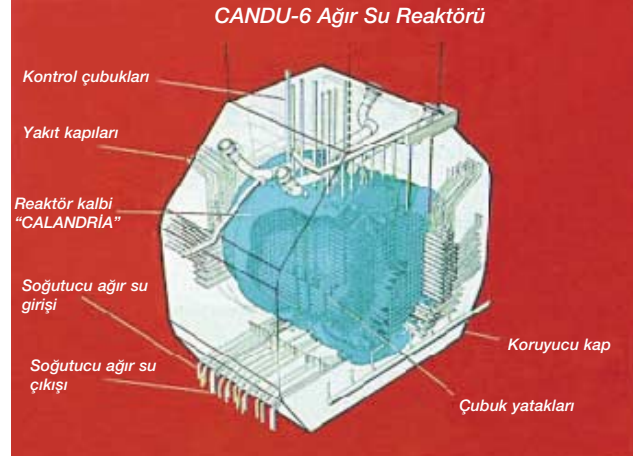
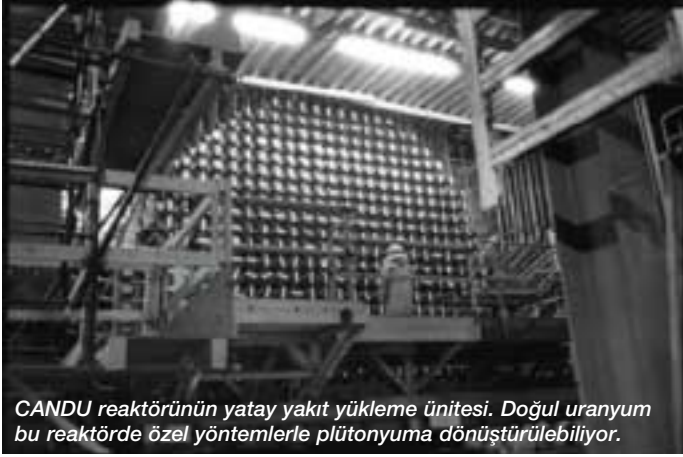
Yusuf Gülay

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 santralının, ünlü San Andreas fayının hemen yanında kurulu olmasına işaret ederek, yeterli tasarımda bir reaktörün, büyük de olsa bir depremde



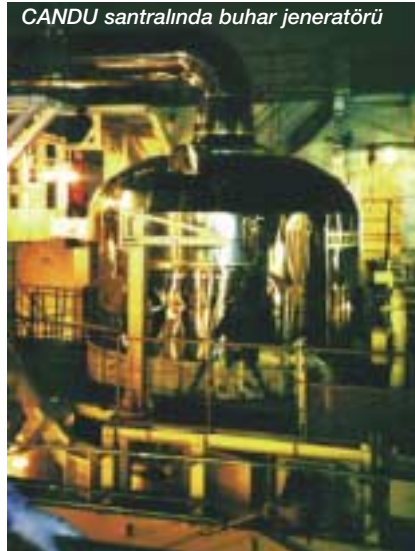


kolay kolay hasar görmeyeceğini belirliyorlar. Tabii soğutma ve buhar çevrimlerindeki borular, büyük bir depremin yol açacağı titreşimlere, reaktör kadar dayanıklı değil. Ama uzmanlar, Akkuyu sahasının depremselliği konusunda yeterince güvenli görünüyorlar.

## 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 gülümsemeye 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 değerlendirecek, 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 bombaya malzemesi 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 ayırabilmek de 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-



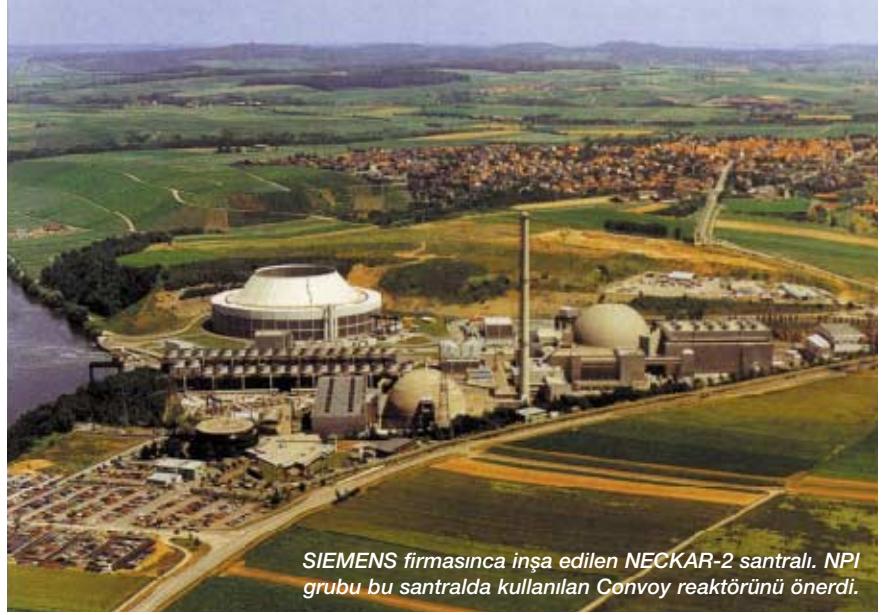
denle patlama tehlikesi yüzünden depolanması olanaklı değil.

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 edebilirsiniz. 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 aygıtlarıyla 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 çıkartılan yakıt çubuklarının istiflendiği raflar bulunuyor. Bunun üzerinde 2.5 metre kalınlığında bir su katmanı, çubuklardan yayılan ışınımı, 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.

rılıp havayla soğutmaya elverecek kadar düşüyor. Ama istenirse 20 yıl kadar havuzda tutulabilir. Havuzun dolması kolay değil. Nedeni, uranyumun son derece yoğun bir madde olması (demirin 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, olimpik 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 yanlılarının 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 görüldükçe 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 gereksinmelerinin de düştüğü 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>