

## Jules Verne'i Yanlış Tanıtma Çabaları

*Bilim ve Teknik*'in 357. sayısında *Scientific American*'dan tercüme edilerek yayınlanan "Yanlış Tanınan Dahî Jules Verne" başlıklı yazı, ondokuzuncu yüzyılın büyük bilim kurgu dahisi Jules Verne'i rölativist/romantik çevreci felsefeye özümleme çabalarının bir ürünü olarak gözükmektedir. Yazıyı yazan kişiler, Evans ve Miller, görüldüğü kadarıyla Jules Verne'i ve eserlerini yeterince tanımamış veya anlamamışlardır. *Denizler Altında Yirmibir Fersah'ta* (1870) Profesör Aronax, *Nautilus*'a olan büyük hayranlığı yanında istenirse bu bilimsel ve teknolojik harikanın nasıl acımasız bir insan kıyım makinesi olabileceğini açıkça dile getirmektedir. 1883'de Jules Verne'in bir Türk'ü roman kahramanı yaptığı eseri olan *İnatçı Keraban*'da toplumsal tutuculukla nasıl ince ince alay ettiği herhalde *Scientific American*'daki makalenin yazarlarının gözünden kaçmıştır. *Beğüm'ün Beğüm* (İngilizcesi: *The Begum's Fortune*, yani *Beğüm'ün Serveti*; *Bilim ve Teknik*'de yanlış tercüme edildiği şekliyle *Beğüm'ün Talihi* değil!) adlı romanda da kötü niyetli mühendis Schultze, bilimsel bir yenilik yapan değil, bilineni daha büyük boyutlarda inşa eden birisidir. Rakibi Sarassin ise yeni tedavi yöntemleri deneyen gerçek bir bilimci'dir. Jules Verne burada Evans ve Miller'in sandığı gibi bilimsel ve teknolojik gelişmenin kötü yanlarının reklamını değil, bilim ile barbarlığın mukayesesini yapmaktadır. *Yirminci Yüzyıldaki Paris*, bilimin kara yüzünü değil, bilimden yüz çeviren insanlığın dramını işleyen bir eserdir. Bu eser hakkında yayıncısı Jules Hetzel kendisine "100 yıl sonra an-

lattığınız bugün, oldukça abartılı cahillik örnekleriyle dolu. Siz peygamberlik mi yapmak istiyorsunuz, artık kimse sizin peygamberliğinize inanmaz" demiştir (*Cumhuriyet*, 71. yıl, 25075. sayı, 2 Haziran 1994 Perşembe). Unutulmamalıdır ki, Jules Verne Avrupa'da hızla yayılan tutucu ırkçı-milliyetçi hareketlerin ondokuzuncu yüzyılın son yıllarında şahlandığını görmek bahtsızlığına uğrayarak dehşete düşmüştür. Biyografisini yazan torunu Jean-Jules Verne de Avrupa'da romantikleşen belle-époque toplumunun Jules Verne'in liberal prensipleriyle uyumlanmayan, ahlakî görüşlerini hayatlamış adedinden ve onu yaralayan bir ortam yarattığını söylüyor. Bir diğer ifade ile, Evans ile Miller'in düşüncesinin tam tersine, akıldan bir bilimden uzaklaşmak Jules Verne'i umutsuzluğa sevkeden etkendi.

Jules Verne ondokuzuncu yüzyılın ikinci yarısında romanlarını yazarken, bilimin karşısındaki en güçlü muhalefet din temelli tutucu görüşlerin sahiplerindeydi. (Darwin'in *Türlerin Kökeni*'nin 1859'da, Jules Verne'in ilk bilim-kurgu tipi romanının da 1863'de yayımlandığını hatırlayalım). Bunlar bilimi çarpıtarak halk kitlelerine bilim düşmanlığı aşıyorlardı. Yirminci yüzyılın ilk yarısında din temelli tutucuların Batı uygarlığında etkilerini kaybetmeleri üzerine, bilim düşmanlığı onların yerini alan ve ilkel mitolojilere ve popülist politikalara dayanan ırkçı-milliyetçi tutucuların elinde kullanılan bir silah oldu; dürüst bilimciler bu görüşü savunan iktidarların bulunduğu ülkelerden sürüldüler veya öldürüldüler. Gariptir ki bu ırkçı-milliyetçi rejimler kendilerini güya Darwin teorisi temeline dayıyorlardı. Bu güçlerin en az elli milyon insanın yaşamına malolan İkinci Dünya Savaşı'ndan yenik çıkmalarıyla maskeleri düştü. İnsanlığa yaşattıkları görülmemiş dehşet, toplama ve imha kamplarının

korkutucu kalıntılarında sembolleşti. Yirminci yüzyılın ikinci yarısında ise bilim bu sefer bir başka dinin, kendini bir yüzyıldır bilimsel diye satan, rakipleri olan semavi-dinsel ve ırkçı-milliyetçi tutucu rejimleri bilimin arkasına sığınarak bertaraf etme politikasını başarıyla yürütmüş olan, ancak maskesi hem Sovyetler Birliği'nde (ve tabii ki onun peyklerinde) hem de Mao Ze Dong'un diktatörlüğündeki Çin Halk Cumhuriyeti'nde daha rejim ortadan kalkmadan düşen Marksizm'in saldırılarına hedef oldu. Sovyetler Birliği'nde Darwin'e saldıran sözde "proleter bilimci" Lisenko ile Paştör'e saldırın Lepsinskaya gibi şarlatanlar rejimin resmi desteğini aldılar, Lisenko'nun muhalifi olan gerçek bilimciler mahkûm edildi, pek çoğu Gulag'da katledildiler, Çin'deki "Kültür Devrimi" bilim ve uygarlık adına ne varsa toplumun içinden koparıp atmamakla azmiyle binlerce bilimciyi ve entellektüel işkencelerle katletti. Sovyetler Birliği ve Çin Halk Cumhuriyeti'nde rejimin katlettiği insan sayısı İkinci Dünya Savaşı'nda ölenlerin sayısına aşağı yukarı eşittir.

Yirminci yüzyılın son çeyreğinde ise bilimsel teorilerin sınımanmasına ve doğrunun yanlıştan ayıklanmasına imkân olmadığını savunan ve rölativizm (görecelilik) adı verilen görüş, tüm dünyada sayılan yeneden artmaya başlayan sahte entellektüel din fanatikleri ve kalıntı Marksistler arasında büyük bir yaygınlık kazanmıştır. Her iki grubun yobazları, kendini sürekli eleştiren ve yenileyen bilimi, karşılarında en büyük tehlike olarak görmekte-diler. Bilim, doğal olarak yalnızca belli bir okunmuşluk ve görgü düzeyinin üzerindeki kişilerce anlaşılabilir. Bilimsel yöntemlerle yönetilebilecek bir toplum yalnızca bu tür kişilerin idaresinde olmalıdır. Bu seçkinlik ise doğal olarak her türlü kalabalık hareketinin kar-

şınındadır. Rölativizm, bilimi etkisiz hâle getirerek toplumları cahil ve görgüsüz topluluklara teslim etmenin en etkili yoludur.

Yirminci yüzyılın son çeyreğinin rölativizme paralel geliştirilmeye çalışılan bir diğer hareketi de sahte çevreciliktir. Çevrecilik, her şeyden önce çevrenin iyi bilinmesine dayanan çok yönlü bilimsel bir hareket olmalıdır. Ancak, günümüzde bilhassa sol politikamın bazı kanatları rölativizm ile; bilimsel olmayan, tanımı yapılmamış, duygusal, sözde bir doğa aşkı ile bağdaştırılan romantik sahte çevreciliği birleştirerek, her türlü bilimsel harekete karşı cephe alma yolunu seçmektedirler. Avrupa'daki "Yeşil" partilerini bilimcilerin değil, bilim düşmanı rölativist radikal sol politikacıların doldurduğu bilinen bir gerçektir.

Günümüzde bilim ve bilimsel düşünce, her ikisi de romantik hislerin ürünü olan sağ ve sol kökenli din ve mitolojilerin hücumu altındadır. Bilgili azınlığa karşı bilgisiz çoğunluğun baş kaldırması olan bu hücum, başarılı olduğu takdirde, Roma İmparatorluğu'nun son asırlarında olduğu gibi, uygarlığın çöküşü ile sonuçlanabilir. Günümüzde teknolojinin ulaştığı düzey göz önüne alınırsa, bilimden uzak cahillerin elinde bu muazzam gücün insanlığın ortadan kalkmasıyla sonuçlanabileceği sıfır olmayan bir ihtimaldir. İşin en acı tarafı, tamamıyla yanlış algılanan sözde bir toplumsal sorumluluk duygusu ile bazı bilimciler bu irrasyonel baş kaldırışa destek vermektedirler. Jules Verne'in irrasyonelizmin en güçlü düşmanlarından biri olduğu bilincini halk arasında çürütürerek, aklın halk içinde başarıyla kurulmuş olan bu kalesini yıkamak maksadıyla son yıllarda başlatılan "bilim düşmanı Verne" imajını körükleyen tüm yazıların bu bilinç içinde okunması gerekir.

A. M. Çelal Şenver  
Prof. Dr. İkt. III'ü Arayış Yönelimi Kurulması



## Nükleer Enerjiye Hayır!!!

*Bu yazı, Bilim ve Teknik dergisinin 354. sayısının Forum köşesinde yer alan Nükleer Enerjiye Evet başlıklı yazıya cevap olarak hazırlanmıştır.*

Nükleer fizyon santralleri ve dolayısıyla bu santrallerde elde edilen nükleer enerji pahalı, kirli ve tarihin çöplüğüne gömülmeye aday eski bir teknoloji ürünüdür! Gerek ülkemizde nükleer santral kurulması için çaba gösterenler gerek dünya çapında bu santralleri pazarlayanlar her zaman aynı şeyi söylerler. Santralleri geleneksel fosil yakıtlı yakıt santrallerinden daha temiz ve ucuz oldukları iddia etmektedirler. Fakat bu doğru değildir. Nükleer santraller ile geleneksel fosil yakıtlı santraller arasındaki tek fark sera gazı emisyonlarının olmayışındır. Fakat bir tek sera gazlarının olmayışı nükleer santralleri tercih edilir kılamaz. Çünkü nükleer santraller sera gazları dışında başta global ısı emisyonunun artışı olmak üzere geleneksel fosil yakıtlı santrallerle aynı zararlı etkilere sahiptirler. Fakat bunların tümünü gölgede bırakacak bir etki daha söz konusudur nükleer santrallerde. Bu da dünyanın başına yüzbinlerce yıl belâ olacak nitelikte ve miktarda radyoaktif maddeleri üretmeleri ve çevreye yaymalarıdır.

Bu gün dünya üzerinde çalışmakta olan 430 nükleer tesis bulunurken, kırk kadarı da inşa halindedir. Buna karşılık teknolojik açıdan yeterince ilerlemiş batı ülkelerinden Almanya ve İsveç yeni nükleer güç tesislerinin kurulmasını yasaklamış ve var olanlarının 2010 yılına kadar devre dışı bırakılmasını kararlaştırmışlardır. ABD'de 1978'den beri yeni bir reaktör siparişi verilmemiş, 1978'de sipariş edilen iki reaktör çalıştırılmadan devre dışı bırakılmıştır. Ayrıca Avusturya, İspanya, Danimarka ve İtalya hiçbir zaman nükleer reaktör inşa etmeme kararı almışlardır.

Yükandaki örneklerde de görüldüğü gibi nükleer santraller, teknolojik açıdan yeterince ilerlemiş, endüstrileşmiş, istikrarlı ülkeler tarafından tercih edilmemekte, tam tersine terk edilmektedirler. Bundan dolayıdır ki nükleer endüstri, ürünlerini pazarlayabilmek için üçüncü dünya ülkelerine açılmış, hem daha önce batıda kullandığı temiz ve ucuz enerji yalanlarını kullanmakta hem de bu ülkelerin komşularıyla olan çelişkilerini istismar ederek atom bombası çığırkanlığı yapmaktadır.

Peki, batı ülkelerindeki bu terk edişin nedenleri nelerdir?

Öncelikle, endüstrileşmiş, demokratik ülkelerde nükleer reaktörlerin gerçek yüzleri artık saklanmamakta, nükleer lobilerin propaoganda kampanyaları aracılığıyla oluşturdukları nükleer santrallerin muhteşemliği miti çökmüş bulunmaktadır. Kamuoyu, basının, dürüst bilim insanlarının ve sivil toplum kuruluşlarının çabaları sonucu nükleer reaktörler hakkında söylenmiş olan yalanlar ve söylenmiş gerçekler konularında yeterince aydınlanmıştır.

Nükleer endüstri, geçen elli yıllık tarihi boyunca, başlarda başarıyla gizlediği, fakat artık üst üste yığılarak çığ gibi büyümüş olan sorunlarını gizleyememektedir. Bu sorunlar nükleer endüstrinin kendisi tarafından çözümlenemediğinden, çözümlenmesi için toplumun sırtına yüklenmiştir.

### Ekonomik Çılgınlık!

Çernobil kazasından önce, 1985'te, dünyanın en saygın ekonomi dergilerinden biri olan Forbes'te yayınlanan "Nükleer Çılgınlık" başlıklı makalede şöyle denmektedir: "ABD nükleer güç programındaki başarısızlık, ABD iş dünyasındaki en büyük işletmecilik felakettir, anıtsal ölçekte bir felakettir. Sanayi şu ana kadar nükleer güce 125 milyar dolar harcadı ve bu on yıl sona ermeden 140 milyar daha harcayacak... Ve on yıldan biraz fazla bir süre-

de, düşük maliyetli, güvenilir ve çevreye zararsız bir güç kaynağı diye tanımlanan nükleer güç, aksine yüksek maliyetli, güvenilmez bir güç kaynağına döndü" (Nuclear Follies, Forbes Magazine, May, 1985)

Forbes'in ekonomi analistlerinin 1985'te gördüğü, gerçekten de ABD'de nükleer sanayinin sonunun başlangıcıydı. 500 milyar dolarlık yatırımlardan ve 10 milyar dolarlık devlet subbansiyonundan sonra, şu anda atom enerjisinin ABD tarihindeki en pahalı teknolojik başarısızlık olduğunu aşağıdaki gerçekler gösteriyor.

Nükleer güç maliyeti konusunda ileri gelen bir otorite olan ve ABD'de enerji bakanlığına danışmanlık yapan, Bill Clinton'un "En deneyimli nükleer güç ekonomisti" olarak adlandırdığı C. Komanoff, 1968 ve 1990 yılları arasında ABD'deki nükleer güç üretimi üzerinde geniş kapsamlı bir araştırma yaptı. Ekonomik analizlerin neticesi şu önemli gerçekleri ortaya çıkardı: ABD'de ticari nükleer güç üretimi hakkında yeterli verilerin olduğu 1968 ve 1990 yılları arasında, nükleer güç sanayi 5,4 trilyon kwh elektrik gücü üretmek için 389 milyar dolar harcamıştır ve bu, kwh başına 7,2 sent etmektedir (1990'daki değeri). Yine 1968-1990 sürecinde kömür, petrol doğalgazdan elde edilen elektrik gücünün maliyeti ise sadece 4 sent olmuştur.

1990 yılı verilerine göre, Komanoff'un analizleri şu gerçekleri de ortaya çıkarmıştır: 1973'te nükleer güçle üretilen elektrik, kwh başına 3,2 sent iken, 1990'da kwh başına 9,1 sente çıkmıştır. Ayrıca kwh başına reel yıllık kapital-inşa maliyeti 1980'lerde 1970'lerden %80 fazladır ve 1970'de kwh başına reel yıllık nükleer yakıt maliyeti 0,61 sent iken, 1980'lerde % 40'lık bir artışla 0,85 sente çıkmıştır. (SWU, seperation work unit; zenginleştirme birimi). Reel çalıştırma ve işletme maliyeti

kwh başına 1980'lerde, 1970'lere göre % 182 daha yükselmiştir, şu anda ortalama bir nükleer kwh gücün işletme ve çalıştırma maliyeti yaklaşık 1,5 senttir, bu da fosil-yakıt tesislerinin çalıştırma ve işletme maliyetinin 3-4 katıdır. (Fiscal Fission. The Economic Failure of Nuclear Power, Komanoff Energy Associate, 1992)

Bütün bunlara ek olarak dünyada enerji üreten tesislerden sadece nükleer santrallerde ortaya çıkan milyonlarca ton katı ve sıvı radyoaktif atıkları çevreden izole etme masrafları için ABD'de şu ana kadar 3 milyar dolar harcanmış ve 1983'den beri % 80 artan nükleer atık izole etme maliyeti 1 metrik ton için 325 000 dolara çıkmıştır. Son 50 yılda, ABD Enerji Bakanlığı DOE'ye bağlı askeri ve sivil nükleer yakıt üreten 5 büyük nükleer komplekste; Hanford, Savannah River, Rocky Flats, Oak Ridge ve Idaho nükleer tesislerinde biriken 32 927 800 metrik ton nükleer malzeme, eski reaktörlerin ve radyoaktif atıkların temizlenmesi için başlatılan ve "The Cold War Mortgage-Soğuk Savaş'ın Ödemeleri" diye adlandırılan programın 1995 dolarına göre maliyeti 375 milyar dolar olarak hesaplanmıştır. 2070 yılına kadar sürmesi planlanan 10.500 askeri çöplüğe atılan ve yaklaşık 10 milyon dönümlük araziye kaplayan, soğuk savaşın radyoaktif atıklarının kirlettiği alanların, yeraltı suları ve nehirlerin hariç, temizlenmesinin maliyeti de 500 milyar dolar olarak hesaplanmıştır. (The 1995 Base Line Environmental Management Report, Volume 1 U.S. Department of Energy Office of Environmental Management)

Yukarıdaki rakamlara sivil nükleer reaktörlerin çıkardığı radyoaktif atıklar, Çernobil ve TMI'de olduğu gibi, yüz milyarlarca dolara malolan reaktör kazaları ve normal çalışma süresi sonunda ömrü biten reaktörlerin sökülüp çevreden izole edilmesi maliyeti olan 2-3 mil-



yar dolar eklenirse 1985'de Forbes ekonomistlerinin iyimser olduklarını görürüz. DOE'nin Amerika için yaptığı bu hesaplar şu anda mevcut nükleer sanayisi olan diğer ülkeleri de eklersek, yeni nesillerin geleceğlerinin son 50 yılda askeri ve sivil çığmın nükleer maceraya nasıl ipotek edildiğini görürüz.

## Nükleer Endüstrinin Atıkları Bitmez

Nükleer santrallerin normal operasyonları sırasında atmosfere ve kuruldukları yerlerdeki nehir-göl-deniz yataklarına düzenli olarak radyoaktif gazların (xenon-135'in radyoaktif ışıma yaparak yanılma ömrü süresi 2 milyon yıl olan sezyum-135'e dönüşmesi gibi) ve radyoaktif izotopları içeren soğutma sularının salınmasına izin verilmektedir. Bunlara ek olarak, yine 3-5 yıllık normal bir operasyondan sonra kullanılmış nükleer yakıt çubuklarının reaktörden çıkarılarak yeniden ayıştırma-zenginleştirme proses tesislerine gitmeden santrallerin civarındaki havuzlarda veya göllerde soğutulması gerekmektedir.

Bu, tonlarca kullanılmış yakıt çubukları, reaktörlerin normal çalışma süresince devam eden nükleer reaksiyonlar neticesinde yaratılan, bozunma ömürleri yüzbinlerce yıl olan, binlerce yeni radyoaktif izotopları ihtiva ederler. Yani bu çubuklar reaktörden çıkarıldıkları zaman yaklaşık 1 milyon defa daha fazla radyoaktifler ve hâlâ yeni üretilen izotopların radyoaktif bozunmalarından dolayı ısı üretmektedirler. Bu atıklar içindeki en önemli yeni üretilen izotop ise, yakıt çubuklarında uranyum-238'den nötron bombardımanı neticesi üretilen plutonyum-239'dur. Pu-239'un diğer atıklardan ayrıştırılması için tonlarca yakıt çubuğu yeterli derecede soğuduktan sonra yeniden işleme tesislerine gönderilerek nitrik asitte çözündürülür. Geriye kalan ve sıvılaştırıldığı için, 200 000 defa daha fazla hacim kaplayan milyonlarca metre küplük yüksek seviyeli sıvılaştırılmış radyoaktif atıkların da, çelik tanklarda çevreden binlerce yıl izole edilmesi gerekmektedir.

Fakat bu çelik tanklar 10-15 yıl içerisinde yüksek düzeyli asidik ve devam eden radyoaktif ışınmalar neticesinde çatlayarak, radyoaktif atıklar Amerika'da Hanford nükleer kompleksinde olduğu gibi çevreye sızarak su ve besin zincirine katılmakta veya bazen 1957'de ve 1993'de Rusya'da Chelyabinsk ve Tomsk-7 nükleer komplekslerinde olduğu gibi patlamaktadırlar. Aynı sebeplerden dolayı camlaştırılan atıkların da belli bir müddet sonra mikroskobik çatlaklar yaparak, camın yapısını bozarak çevreye sızıntıya sebep olduğu İsveç'teki son uygulamalarda görülmüştür.

Şu anda sadece ABD'de askeri ve sivil yaklaşık 45 000 nükleer atık içeren çöplükte 3 510 560 metre küp radyoaktif atık, 1 089 311 777 küriye eşdeğer radyasyon taşımaktadır. Bu atıklarda tahminlere göre, 2000 yılına kadar yaklaşık 4.2 milyar kürilik radyoaktif element birikecektir ve bunların temizlenmesi için de 600-900 milyar dolar gerekecektir. (Plutonium, Deadly Gold of the Nuclear Age, International Physicians for the Prevention of the Nuclear War. Int. Phy. Press Cambridge, Mass, 1992)

Günümüzde nükleer atıkların doğadan zararsız bir şekilde izole edilmesini sağlayan bir yöntem veya teknoloji henüz bulunamamıştır. Şu ana kadar uygulanan atıkların camlaştırılması, derin tuz madeni yataklarına gömülmesi, okyanusun derinliklerine atılması gibi yöntemler kalıcı bir çözüm sağlayamamıştır. En ümit verici sanılan ve nükleer atıkların camlaştırılarak izole edilmesi yöntemini uygulayan İsveç gibi ülkelerde görülmüştür ki, yüksek enerjili alfa parçacıkları yayımlayan binlerce radyoaktif izotoplar, devitrification denilen bir reaksiyon neticesinde camın yapısını bozarak mikroskobik çatlaklar meydana getiriyor ve atıkların doğaya karışması önlenemiyor.

## Radyasyonun Sınırı Yoktur

Şu anda, Çernobil'deki 4'no'lu reaktörün 1986'daki kazadan sonra geri kalan enkazında, hâlâ yaklaşık 30 ton U-235

ve yarım ton P-239 içeren reaktör koru bulunmaktadır. Ukraynalı bilim adamlarının son açıklamalarına göre, geçici olarak çarısı kapatılan ve hâlâ yağmur sularının sızdığı reaktör kolunda buhar çıkışları gözlenmektedir. Bu olay kazadan sonra geriye kalan nükleer yakıtları ve atıkların her an kritik kütleyle ulaşip yeni patlamalara sebep olabileceğini göstermektedir. Ayrıca gene aynı yetkililer, bir enkaz halinde ayakta duran bir reaktör binasının her an çökme tehlikesi ile karşı karşıya olduğunu bildirmektedirler.

1957'den bu yana olan birçok büyük çapta nükleer santral kazası, kaza sonunda yayılan radyasyonun sınırlanamayacağını göstermiştir. Dünyanın bugün yerleşim kuşağı diye tanımlayacağımız Alaska'dan Japonya'ya kadar uzanan Kuzey yarımkürede, 20. ve 60. paraleller arasında yaklaşık 600'den fazla askeri-sivil nükleer santral çalışmaktadır. Bu binlerce atom bombasına denk radyoaktif materyal içeren reaktörler; bir insan hatası, bir hatalı gösterge veya vana, bir doğal afet veya terörist saldırısı neticesi tetikle-meye hazır nükleer bomba olarak beklemektedir. 1000 megawattlık bir nükleer santralin, 1000 tane Hiroşima'ya atılan atom bombasına denk, yani yaklaşık 1,5 milyon kürilik radyasyon içerdiğini düşünürsek, bu kadar çok sayıda çalışan santralin bir savaş alanında bombalanmalarından meydana gelecek global felaketlerin boyutları sınırsızdır.

1957'den beri askeri sivil reaktörlerde, yüzlerce büyüklü, küçük nükleer kaza meydana gelmiştir. Bunlardan en önemlileri şunlardır: 1957'de ilk büyük nükleer kaza, Ural dağları yakınlarındaki Kushtym nükleer kompleksinde meydana geldi ve yaklaşık 20 milyon kürilik radyasyon 1000 km karelik alana yayıldı. Yine aynı yıl İngiltere'de Windscale yakınlarındaki nükleer kompleksre meydana gelen kazada milyonlarca kürilik radyoaktif element İrlanda denizine ve çevredeki atmosfere karıştı. ABD'de, Denever şehrinin hemen yakınlarındaki

Rock Flats nükleer tesislerinde 1989'a kadar 700 den fazla kaza oldu, nihayet 1989'da Karolina'daki, Savannah River nükleer merkezinde çalışan 5 nükleer santralde ve 2 zenginleştirme-yakıt yeniden işleme nükleer tesisinde bugüne kadar 30 büyük çapta kaza oldu, 1965'de soğutma suyunun sızması neredeyse bir reaktörün korunum erimesine sebep olacaktı.

1979'da ABD, Harrisburg'taki TMI nükleer reaktörünün, besleme suyu sistemindeki bir pompa ve vananın işlememesi neticesinde meydana gelen kazada, reaktör binasına yerleştirilen radyasyon ölçme aletlerini bozacak derecede yüksek dozda radyoaktif su ve gazlar çevreye karıştı. 1986'da insanlık tarihinin en kötü-en büyük nükleer santral kazası, operatör- yani insan hatası yüzünden meydana geldi. Rus yetkililerin bütün dünyadan ve kendi halklarından iki gün sakladıkları bu facia neticesinde 200 metrik tonluk uranyumoksit içeren reaktör yakıtı ve yaklaşık 800 ton radyoaktif grafik bütün Avrupa ve Asya ülkelerine dağıldı.

Bu güne kadar ABD'de Nükleer Denetim Komisyonu NRC'nin resmi kayıtlarına göre, felakete yol açabilecek derecede 169 kaza olmuştur. Sadece 1980 ve 1989 yılları arasında, ABD'de, nükleer santraller yaklaşık 34 000 operasyon hatası, en azından 104 acil reaktör durdurma olayı ve çalışanların ölçülebilir dozda radyasyona maruz kaldığı 104 000 olay rapor etmişlerdir. Japonya'da 1992 yılında tam 20 tane önemli reaktör kazası rapor edilmiştir. Yine 1992 yılında Rusya'da, nükleer komplekslerdeki kazaların oranı yüzde 45 artmış, bir yılda uluslararası kuruluşlara 205 kaza rapor etmek mecburiyetinde kalmışlardır. (U.S. News and World Report, Ağustos 1993)

## Canlıların Geleceği Tehlikede!..

Son yapılan araştırmalara göre, alçak dozda radyasyonun, insan vücuduna sanıldan çok daha zararlı olduğu bulunmuştur. Nükleer santrallerin civarın-



da yaşayanlarda görülen kanser vakalarında % 400'lük artış, genetik mutasyonlar neticesi normal olmayan doğumlar, yaygın lösemi hastalıkları bunun bir bilimsel ispatı olarak gösterilmiştir. (Radiation and Human Health, John W. Gofman, Sierra Club Books, San Francisco, CA)

Uranyum-233'ü bulan ve meşhur Manhattan projesinde plutonyumun izole edilmesinde çalışan nükleer fizikçi-kimyacı aynı zamanda Berkeley Üniversitesi'nde tıp profesörü olan Prof. John W. Gofman, son 50 seneden, 150'nin üstünde bilimsel makale, 15'in üzerinde kitap yayınladıktan sonra, tecrübelerine dayanarak şunları söylüyor: "Nükleer enerji kabul edilemez; çünkü, insanlarda kansere ve genetik zarara neden olması kaçınılmazdır; Kitlel, rastgele ve açıkça cinayettir."

Şu anda dünyada, Japonya'dan Alaska'ya kadar uzanan bir nükleer domino oyunu insanlığı, flora ve faunayı yok etmek için bilerek veya bilmeyerek programlanıyor. Binlerce yıldır konvansiyonel silahlarla başaramadığımız küresel somunuzu, nihayet 50 yıl öncesinde keşfettiğimiz nükleer teknolojinin silahları, reaktörleri ile başarmamıza hiçbir engel kalmadı artık. Burada sözü, atom bombasını yapan bilim adamlarından ve hidrojen bombasının babası olarak kabul edilen Prof. Edward Teller'e bırakıyorum: "Ciddi bir nükleer aksilik olması olasılığı gerçektir, bir aksilik olması durumunda meydana gelecek hasar ise sonsuzdur."

Yukarıda yazdıklarımın sonra, sakın ola ki, nükleer enerjiye katıksız geleneksel fosil yakıtları sayıncuğum düşünülmesin. Şüphesiz alternatifim yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Özellikle ülkemiz açısından bakıldığında bol ve ucuz olan bu kaynaklar bizim onları kullanmamızı beklemektedirler.

Ertağrul Akçaoğlu

Fevzi Çakmak Caddesi, Balbal Sokak,  
No: 9 D: 7, Silivri/İstanbul

Kaynak: Kılıç H. "Küresel Barışta Nükleer Enerji", Çevre Gazetesi, Temmuz, 1995

## Nükleer Teknoloji ve Gerçekler

*Bu yazı, Ertağrul Akçaoğlu'nun Nükleer Enerjiye Hakkında yazdığı yazısına yanıt olarak yazılmıştır.*

Nükleer teknoloji, dünyada ilk olarak nükleer silahlarla tanındı. Nükleer silah yapımı ile nükleer santrallarda elektrik üretilmesi birbirini ardına ve hızla geliştikten, insanlar bu iki teknolojiyi birbirine özdeşleştirdi. Bu da kamuoyunda nükleer santralların nükleer bomba gibi korkunç ve tehlikeli görünmesine yol açtı. Bu korku da halkın nükleer santrallerin atıkları ve çevreye verecekleri radyasyon konusunda aydınlatılmasını zorlaştırdı.

Şu an dünyada çalışmakta olan 442 ve inşaat halinde olan 36 nükleer santral vardır. İsveç ve Almanya'da mevcut olan reaktörler, 2010 yılında iddia edildiği gibi devreden çıkarılmayacak, ekonomik ömürleri dolduğu için planlandığı gibi kapatılacaklardır. Bugüne kadar her iki ülkede de yeni nükleer santral yapılmamasıyla ilgili bir karar alınmamıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde ise, varolan nükleer reaktörler çalışmaktadır. Bu ülkede enerji talebinin artmaması nedeniyle sadece nükleer santral değil başka santral da yapılmıyor. Japonya, Kore, Tayvan ve Fransa ihtiyaçları olan elektriğin çok büyük bir kısmını nükleer enerjiden elde etmektedirler. Örneğin Fransa'da yanan dört lambanın üçü nükleer enerjiyle yanmaktadır. Burada görüldüğü gibi, Japonya ve Fransa gibi gelişmiş ve teknolojik açıdan ilerlemiş, istikrarlı ülkelerde hâlâ nükleer enerjiden elektrik üretilmektedir ve üretimin kısıtlanması söz konusu değildir. Nükleer enerjiyle elektrik üreten ülkelere Güney Kore, önceleri dışardan aldığı nükleer enerji teknolojisini geliştirip, başka ülkelere bu teknolojiyi satır duruma gelmiştir.

Nükleer teknolojiye başlıca amaçlarla ve sadece elektrik üretmek için giren her ülkenin bomba yapacağı söylenemez. Bomba üretmek için, bom-

ba yapımında kullanılan Pu-239'un elde edilebileceği özel reaktör tasarımları gereklidir. Normal güç santrallarında kullanılan yakıtın ayrıştırılması sonucunda elde edilen plutonyumun bomba malzemesi olarak kullanılması mümkün değildir. Nükleer güç santrallarında yakıt reaktöre konulduktan kısa bir süre sonra Pu-239 miktarı en yüksek değerine ulaşır, reaktörde uzun süre bekleyen yakıtta üretilen bu izotop, fisyon yaparak azalır ya da nötron yutarak Pu-240'a dönüşür. Yeni deneme tesislerinde, kullanılan yakıttan plutonyum ayrıştırılabilir; ancak, çıkarılan bu plutonyumun içinde Pu-239'un dışında, fisyon yapmayan ve Pu-239'dan ayrıştırılmayan izotoplar da bulunur. Bu izotopların varlığı bomba yapılmasını engeller. Bu nedenle Türkiye'ye yapılacak nükleer güç santrallarının kullanılmış yakıtlardan nükleer silah yapımı mümkün değildir. Zaten ülkemiz silahsızlanma anlaşmasına imza atarak bomba yapma girişiminde bulunmayacağını taahhüt etmiştir.

Ülkemiz Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'na (UAEA) üyedir ve bu kurumun tüm standart ve kurallarına uymayı kabul etmiştir. Ayrıca Türkiye, Silahsızlanma Anlaşmasına da ilk imza atan ülkelerden biridir.

### Nükleer Güç Ekonomisi

Nükleer güç santrallarının ekonomisini incelerken, her ülkenin durumunu ayrı ayrı değerlendirmek gerekir. Kimi ülkelerde nükleer teknolojinin pahalı olmasının çeşitli nedenleri var. Bu nedenlerden biri ülkenin nükleer teknolojiye nükleer silah yapımıyla girmesidir. Ayrıca, diğer enerji kaynaklarının ucuz gelmesi, örneğin fosil yakıtlı termik santrallarda kullanılan kömürün kalorisinin yüksek olması, kükürt emisyonunun düşük olması nükleer santralların pahalı bir alternatif olarak görünmesine neden olabilir. Bunlara ek olarak Amerika Birleşik Devletleri'nde nükleer santrallara eklenen pahalı güvenlik sistemleri ve santralin inşaatı sırasında açılan davaların

inşaat süresini uzatması gibi etkenler de nükleer santralların maliyetini arttırmaktadır.

Nükleer santralların maliyetini arttıran en önemli etken güvenlik sistemleridir. Bu santrallarda çalışma sırasında ve kaza anında radyoaktif salınımın doğal radyasyon seviyesinden daha düşük olması prensibi olduğundan, güvenlik sistemleri çok aşamalı ve özel teknolojiyle üretilen sistemlerdir. Çevreye verilecek zararı ortadan kaldırma prensibi fosil yakıtlı termik santrallarda da uygulanırsa, bu santrallarda da maliyetinin artacağı ortadadır. UAEA'nın 1992 fiyat açıklamalarına göre, Fransa, Finlandiya, Almanya ve Kanada nükleer enerjiyle elektrik üretimini kömür kaynaklı elektrik üretiminden ucuzlaştırmışlardır.

Nükleer silahlar ve nükleer güç santrallarının karıştırıldığı alanlardan biri de ekonomi ve atık konularındadır. Nükleer silah yapımı bu işe girişen ülkeleri hem ekonomik açıdan hem de atıklarının fazlalığıyla zor duruma sokmuştur. Nükleer teknolojiyi başlıca amaçların dışında kullanan ülkeler, bu faaliyetlerinin maliyetini ve atıklarının sorumluluğunu gelecek kuşaklara kötü bir miras olarak bırakacaklardır. Nükleer santralların nükleer silahlardan ayrılmaları, Amerika Birleşik Devletleri'nde son otuz yılda nükleer santrallardan çıkan atıklar, futbol sahası büyüklüğündeki bir alana tek bir karman halinde gömülecek büyüklüktedir.

Nükleer santrallarda atık yönetimi maliyeti Amerika Birleşik Devletleri'nde 1 kilowatt-saat için birim elektrik maliyetinin % 2'si olarak belirlenmiş ve bu para, santral kuran şirketlerin dahil olduğu bir fonda toplanmıştır. Nükleer santralların atık yönetimi maliyetini karşılama yöntemi ne olursa olsun genel prensip, bugün üretilen atıkların maliyetini gelecek nesillerin karşılamamasıdır.

Nükleer santralların maliyetine bir ek de reaktörlerin sökülmesinden gelir. Sökülme maliyeti, bu iş için belirlenen yöntemler, bu yöntemlerin uygulanmasında geçecek zaman gibi



faktörler belirler. Amerika Birleşik Devletleri'nde 1000 MWe gücündeki bir reaktörün sökülme işlemi için belirlenen maliyet 158-186 milyon dolardır.

## Nükleer Santraller ve Atıklar

Nükleer güç santrallerinin atıkları silah yapımı sonucu ortaya çıkan atıklardan ayrılmalıdır.

Nükleer santrallerin yakıt çevrimlerinden üretilen radyoaktif atıklar üç başlık altında toplanabilirler:

1. Düşük Seviyeli Atıklar (DSA): DSA sadece nükleer santrallerde değil, hastane ve sanayi kuruluşlarının bazı faaliyetlerinde de üretilir. Nükleer santrallerde ya da hastane ve sanayi kuruluşlarında kullanılan elbise, kağıt, araç gereç, filtre vb gibi düşük seviyeli ve kısa ömürlü radyoaktivite içeren malzemeler bu gruba girerler. Bu grup atıkların taşınması ve depolanması sırasında özel önlemler almaya gerek yoktur ve yer kabuğunun yüzeyine yakın yerlerine gömülürler.

2. Orta Seviyeli Atıklar (OSA): DSA'dan daha fazla radyoaktivite içerirler. Depolanmaları ve taşınmaları sırasında özel önlemler alınması gerekir. Nükleer uygulamalarda kullanılan reçineler, kimyasal çözeltiler, metal yakıt zarfları, nükleer reaktörlerin kapanmasından sonra saklanması gereken radyoaktivite bulaşmış parçalar vb bu gruba girerler. Kısa ömürlü radyoaktif olan atıklar genellikle yakıttır. Uzun ömürlüler ise, jeolojik olarak uygun olan yerlere gömülürler.

3. Yüksek Seviyeli Atıklar (YSA): Kullanılmış yakıtın ken-

disi ve yeniden işlenmesi sırasında açığa çıkan ve radyoaktif fisyon ürünlerini ve uzun ömürlü radyoaktivitesi olan ağır elementleri içeren sıvı atıklar bu gruba girerler. Bu atıklar ısı üretirler ve soğutulmaları gerekmektedir.

Nükleer santral atıkları ile ilgili en yanlış iddia, bu atıkların binlerce yıl tehlikeli olacağı yönündedir. Nükleer santral atıklarının içindeki en uzun ömürlü fisyon ürünü, söylendiği gibi yüzbinlerce yılda değil birkaç yüzyılda kararlı hale gelir; ayrıca en uzun ömürlü fisyon ürününün kütlesi otuz yılda yarılanır. Kullanılmış yakıt reaktör içindeki havuzlarda uzun süre bekletilerek, radyoaktivitesinin büyük bir kısmının azalması sağlanır.

Nükleer santrallerin atıklarını kömürlü santraller karşılaştırsak 1000 MW gücünde bir nükleer santralden yılda 3m<sup>3</sup> (25 ton) atık çıkarken, aynı güçte çalışan bir kömür santrali günde 1500 tonluk kül açığa çıkarır.

Nükleer santrallerin atıklarının tasfiyesi için gerekli teknoloji geliştirilmiş ve yapılan deneylerle kendini ispatlamıştır.

Santralden çıkan atık yeniden işlemeye tabi tutulmayacaksa, atıkların tasfiyesi için farklı yöntemler izlenmelidir.

Kullanılmış yakıt yeniden işlemeye tabi tutulursa, sulu atık çözeltisi elde edilir. Bu çözeltinin tasfiyesi için en uygun plan, atıkların camlaştırılarak gömülmesidir. Camlaştırılan atıklar çelikten yapılmış kapların içine konular, bu çelik kaplar da kalın betonların içine konular, yeraltı sularının olmadığı

yerlere gömüldükleri için, cam yapısı alfa parçacıkları yüzünden zarar görse bile, atıkların doğaya karışmasını önler. Ayrıca, kullanılmış yakıt reaktör havuzlarında uzun süre bekletildiğinde, bu olay görülmez.

Atıkların radyoaktivitesinin zamanla azalmasını gösteren bozunma şeması şekil 1'deki gibidir.

Bu grafikte görüldüğü gibi nükleer santral atıkların aktivitesi zamanla azalmakta ve maddeden çıkarıldıktan sonraki aktivitesinin altına, iddia edildiğinin aksine, yüzbinlerce yıldan kısa bir sürede düşmektedir.

## Nükleer Santrallerin Güvenliği

Nükleer santraller diğer güç üreten santrallerden farklı olarak fisyon ürünleri gibi radyoaktif maddeler içerirler. Bu radyoaktif maddeler reaktörün çalışması sırasında veya bir kaza anında reaktörden çıkmamalıdır. Bu nedenle olabilecek en kötü kaza sırasında bile çevreye izin verilen dozun üzerinde radyasyon çıkmaması için, üç aşamalı bir güvenlik felsefesi benimsenmiştir.

Güvenliğin Birinci Aşaması: Bu aşama kazaların olmasını önlemek için gerekli tasarım kriterlerini içerir.

1. Reaktörde sıcaklık arttığında, nötron üretimi azalır, bu pasif bir güvenlik sistemidir. Nötron üretiminin azalma oranı reaktör tipine bağlıdır ve tüm reaktörde sıcaklık artmasıyla güç azalır.

2. Reaktörde malzeme olarak, kararlılığı kanıtlanmış malzemeler kullanılır. Günümüzde ticari olarak güç üreten bütün

reaktörlerde kararlı bir yapıya sahip olan seramik yakıt kullanılmaktadır.

3. Reaktörde kontrolün sağlanması için kullanılan tüm aletler, kullanım kolaylığı ve güvenliği sağlayacak şekilde yerleştirilmelidir.

4. Güç, soğutucu akışı ve radyasyon ölçüm sistemleri yedekli olmalıdır. Bu sistemlerin yedeklerinin de farklı bir şekilde üretilmiş olması gerekir.

5. Özenle ve sürekli testler yapılmalıdır.

Güvenliğin İkinci Aşaması: Bu aşama ise olabilecek en kötü kaza sırasında reaktördeki radyoaktivitenin santral içerisine ve çevresine çıkmasını önlemek için gerekli kriterleri içerir.

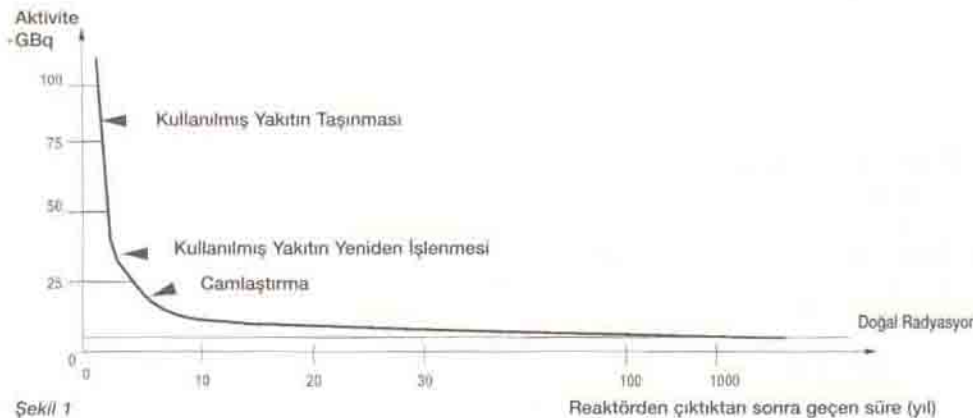
1. Reaktörde, soğutucu miktarını azaltacak bir kaza olduğunda, yakıtın erimesini ve fisyon ürünlerinin açığa çıkmasını önlemek için acil durum kor soğutma sistemi bulunmalıdır.

Bu sistem reaktöre soğutucu suyu girmediği zaman koruyucu su basması için tasarlanmıştır. Korda sıcaklık bir değerini üzerine çıktığında veya basınç düştüğünde, operatörün müdahalesine gerek kalmadan bu sistem otomatik olarak devreye girer.

2. Reaktörün kendiliğinden kapanmasını sağlayan sistemler olmalıdır. Soğutma suyunun içine nötron yutma tesir kesiti yüksek olan borik asit karışımları olarak ortamdaki nötron yoğunluğu azaltılır.

3. Acil durum kor soğutma sistemini çalıştırmak için, reaktörde üretilen elektrikten bağımsız bir güç kaynağı olmalıdır. Güvenliğin Üçüncü Aşaması: Bu aşama, ilk iki aşamada anlatılan sistemlerin herhangi birinde bir bozukluk meydana geldiğinde güvenliği sağlayacak ek sistemlerle ilgilidir.

Reaktörün güvenliğini sağlayan sistemlerin mümkün olduğu kadar pasif çalışan sistemler olmasına gayret edilir. Örneğin reaktörü kapatan kontrol çubukları basınç kabının üstünde elektromagnetlerle bağlıdır ve bunlara giden enerji kesildiğinde, yer çekiminin etkisiyle kontrol çubukları düşer ve reaktör kapanır.



Şekil 1

Reaktörden çıktıktan sonra geçen süre (yıl)



## Çok Aşamalı Filyon Tutucu Sistem

Reaktörde yakıt malzemesinin seramik olduğundan bahsedilmmişti. Bu malzemenin bir özelliği de gözenekli yapısıdır. Bu gözenekli yapı, oluşan filyon ürünlerinin büyük bir kısmını yakıt içerisinde tutar.

Yakıtın etrafında zirkolay alaşımından yapılmış bir zarf bulunur. Bu zarf, yakıtın yüzeyinde oluşan filyon ürünlerinin soğutucuya karışmasını önler.

Yakıtla zarf arasında He gazı ile dolu bir başlık bulunur. Filyon sonucu oluşan I, Xe, Kr gibi gazlar fazla soğutucu devresi kullanılarak turbin ve yoğunlaştırıcıya radyoaktivite geçişi engellenir.

Yakıt demetleri 25 cm kalınlığında paslanmaz çelikten yapılmış bir kabın içinde bulunur. Bu kap yakıt demetlerinin arasından geçen soğutma suyundaki radyoaktivitenin açığa çıkmasını önleyen dördüncü engeldir.

Reaktörün en dışında, sıkı bir ağ halinde birleştirilmiş kalın çelik çubuklarla güçlendirilmiş olan, yaklaşık 1 metre kalınlığında betondan yapılmış koruma kabı bulunur. Bu kabın öyle çok desteği vardır ki; betonun, döküldüğü zaman bu ağın etrafına dağılabilmesi için özel tekniklerin geliştirilmesi gerekmektedir. Buna ek olarak koruma kabununun için, güçlü bir yapı oluşturacak şekilde kaynaklanmıştır ve içeriden gelecek yüksek iç basınca dayanabilecek kadar sağlam kalın bir çelik tabaka ile kaplıdır. Bu koruma kabı, reaktörün kurulduğu bölgede olabilecek en şiddetli depremden daha yüksek şiddette bir deprem olurken üzerine bomba yüklü bir savaş uçağı düştüğünde bile bir zarar görmeyecek şekilde tasarlanmıştır. Bir savaş sırasında olabilecek bütün olaylar göz önüne alınarak tasarım yapılır.

Bu koruma kabının yapısının amacı, reaktörde meydana gelecek herhangi bir kaza sonucunda çok aşamalı filyon tutucu sistemin önceki aşamalarından birinde meydana gelen bir hasar sonucunda reaktör dışına çıkan radyoaktivitenin

çevreye yayılmasını önlemektir. Normal çalışma koşullarında bu koruma kabının içi zaten radyoaktif değildir.

## Nükleer Kazalar

Nükleer santrallerdeki kazalardan söz etmeden önce, bir şeyi belirtmek gerekir; bu da, nükleer santrallerde radyoaktivitenin çevreye yayılmasına neden olmayacak ufak çaplı arıza ve ekipman değişimlerinin haricinde santral çevresindeki kaza ve yangınların UAEA'na iletilmesi zorunluluğudur. Böyle her tesiste olabilecek normal sorunların, nükleer kaza olarak algılanmaması gerekir.

Nükleer santrallerde meydana gelebilecek en kötü kaza yakıt çubuklarının ergimesidir. Çernobil ve TMI kazaları böyle kazalardır. Her iki kazada da yakıtın ergimesine rağmen bu iki kazanın çevreye verdikleri zararlar birbirinden çok farklıdır. Bu farklılığın nedeni Çernobil-4 reaktöründe koruma kabının olmayışdır. Çernobil-4 reaktöründe kaza sırasında, basıncın artmasıyla basınç kabının üst kısmı yana doğru açılmış ve koruma kabı olmadığı için basınç kabı içindeki tüm radyoaktivite dışarı çıkmıştır. Hâlâ Çernobil reaktöründe 30 ton U-235 ve yarım ton Pu-239 bulunmasına gerek yoktur. Çernobil reaktörü RBMK tipi bir reaktördür ve bu reaktörde % 2 zenginlikte U-235 bulunması imkânsızdır. Ayrıca, reaktör kazası gerçekleşikten sonra yakıtın içinde sadece U-235 ve Pu-239 yoktu, bunların yanı sıra nötron yutma tesir kesiti yüksek filyon ürünler de vardı. Kazadan sonra reaktörün üstüne atılan nötron yutucu maddeler de gözönüne alınarak yapılan hesaplar sonucunda geriye nükleer yakıtların ve atıkların kritik kütleyle ulaşmasının imkânsız olduğu bulunmuştur.

TMI kazasında, basınçlayıcıdaki emniyet vanasının yanlışlıkla kapalı kalmıştır. Operatör bu durumu fark etmeyerek basınçlayıcının su miktarını azaltmak için acil kor soğutma sistemi ve pompaları erken kapatmıştır. Bunun sonucu olarak buhar üretici besleme suyu

kayıbı olmuş, böylelikle reaktör korunum bir kısmı ergimiş ve basınç kabının büyük bölümü kirlenmiştir. Koruma kabının varlığı bu kirliliğin çevreye yayılmasını engellemiştir. Bu kazadan sonra reaktörler, operatörlerin güvenlik sistemlerini devreden çıkarmalarını önleyecek şekilde tasarlamaya başlanmıştır.

Bu iki kazanın çevreye olan etkilerini karşılaştırsak, TMI kazasından sonra, reaktörün dışına (koruma kabının içine) radyoaktif asal gazların (Xe, Kr) % 48'i, iyotun %25'i, sezyumun % 53'ü, rutenyumun %0,5'i çıkmıştır. Koruma kabının dışına ise, radyoaktif asal gazların %1'i, iyotun %3x10<sup>11</sup>'i, çıkmış, sezyum ve rutenyum ise hiç çıkmamıştır. Çernobil reaktöründen ise, çevreye radyoaktif asal gazların hepsi, iyotun %15-20'si, sezyumun % 10-13'ü, rutenyumun %2,9'u çıkmıştır.

Askeri amaçlı çalışmalarda meydana gelen kazalar ise, soğuk savaşta güçlü olabilmeye kaygısının çevreye ve insanlara ne kadar zarar verdiğinin göstergesidir. Rusya'da Chelyabinsk, Toms-7 ve Kystym tesislerinde, Amerika Birleşik Devletleri'nde Rocky-Flats ve Savannah River'da İngiltere'de plutonyumun üretimi için çalıştırılan koruma kabsız Windscale'de meydana gelen kazalar tamamen askeri çalışmaların sonucudur ve nükleer güç santralleri teknolojisinin sorumluluğu değildir.

## Radyasyonun Canlılar Üzerine Etkileri

Halkın nükleer gücü anlamasındaki en büyük yanlış, radyasyonun tehlikeleri kavramında yatar. Radyasyon, gama ışınları, nötronlar, elektronlar ve benzerleri gibi uzayda saniyede 200 000 km gibi çok yüksek hızlarda hareket eden, birkaç tip atom-altı parçacık içerir. Bunlar, kolaylıkla insan vücuduna nüfuz edebilir ve vücudu oluşturan biyolojik hücrelere hasar verebilir. Bu hasar, ölümcül bir kanserin ortaya çıkmasına neden olabilir ya da üreme hücreleri içinde yer alırsa; gelecek kuşakları etkileyecek ge-

netik bozukluklara yol açabilir.

Nükleer santral yakınında yaşayan insanlar yılda fazladan 1 mrem radyasyon alırlar. Alınan her 1 mrem radyasyon kanserden ölme riskini 8 milyonda 1 oranında artırır. Önceki yazıda bahsedildiği gibi %400 oranında değil. Hatta yapılan bir araştırmada düşük dozda radyasyonun insan vücudu için sanıldığı gibi zararlı değil yararlı olduğu bulunmuştur. Bu araştırmaya, düşük dozda radyasyon almış insanların radyasyon almamış insanlardan daha uzun süre yaşadıkları kanıtlanmıştır.

Prof. John W. Gofman ve Prof. Edward Teller, silah üretiminde çalışmış bilim adamlarıdır. Söyledikleri sözlerin tamamıyla nükleer silah teknolojisiyle ilgili olduğu görülebilir.

Bizim vurgulamak istediğimiz konu, çevreye olan etkileri ve maliyetleri açısından nükleer santrallerin, nükleer silahlardan birbirlerinden apayrı değerlendirilmeleri gerektiğidir. Barışçıl amaçlarla kullanılan nükleer teknoloji günümüzdeki ve gelecekteki nesillere ve bunların çevrelerine zarar vermeden elektrik üreten en temiz ve en ucuz teknolojidir.

Artık günümüzde, insanların nükleer enerjiye karşı olan önyargıları ortadan kaldırılmalıdır. Nükleer enerji teknolojisiyle ilgili yapılan eleştiriler, bilimsel temellere dayanmalı, yapıcı ve yaratıcı olmalıdır.

Şule Ergün -Aylin Yılmazbayhan  
Nükl. Müh., HÜ Nükleer Enerji Müh. Böl.

### Kaynaklar

- Adams Pades, A. G., Braun, C., Kemm, J.E., Rahn, F.J. J  
*Guide to Nuclear Power Technology*, John Wiley and Sons, New York, 1984
- Cohen, B. *Gök Gök Olmadan*, TUBİTAK, Ankara, 1995
- Çubukçu, E., Kadiroğlu, O.K. "Plutonyum Ne Kadar Tehlikelidir?", *Bilim Teknik* (379), Haziran 1994
- Çetin, B. "Nükleer Kazası Çernobil", *Bilim ve Teknik* (341), Nisan 1996
- "Is Nuclear Waste A Huge Problem?", *Atomic Energy Insights* (Volume 1 Issue 1), Adams Atomic Engines Inc., April 1995
- Mückenheide, J. "The Health Effects of Low-Level Radiation: Science, Data and Corrective Action", *Nuclear News*, September 1995
- "The Disposal of High-Level Radioactive Waste", *NEA Issue Brief* No. 3 January 1989
- "The Decommissioning Nuclear Power Plants", *NEA Issue Brief* (No.1), February 1987
- Wootley, N., Lewis, J. *The Chernobyl Accident and its Implications for the United Kingdom* (Report Number 19), Elsevier Applied Science Publishers, Oxford, 1988
- Zabunççuoğlu, O. "Nükleer Atıklar", *Bilim ve Teknik* (319), Haziran 1994

Düzeltili: 358. sayının 94. sayfasında Forum bölümünde yer alan "Çağdaş Bir Eğitim Kurumu: Columbia Üniversitesi" başlıklı yazının yazarı Haluk Harun Durman (Yrd. Doç. Dr. Marmara Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi)'dir.