

# 50 SORUDA TÜRKİYE'NİN "NÜKLEER ENERJİ SORUNU"

Hazırlayanlar:

**Prof.Dr. Ahmet Yüksel ÖZEMRE**  
(Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Eski Başkanı)

**Prof.Dr. Ahmet BAYÜLKEN**  
(Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Danışmanı)

**Prof.Dr. Şarman GENÇAY**  
(İstanbul Teknik Üniversitesi Nükleer Enerji Enstitüsü)

İSTANBUL – HAZİRAN 2000

## SORULAR

### I. NÜKLEER ENERJİ VE NÜKLEER SANTRALLER

1. Nükleer enerji üretiminin temel ilkeleri nelerdir?
2. Nükleer enerji üretiminin bir ülke için çekici yanları nelerdir?
3. Atom bombası ile nükleer enerji üretimi arasında bir benzerlik var mıdır?
4. Bir nükleer reaktör, kazâ sonucu bile olsa, tıpkı bir atom bombası gibi patlar mı?
5. Radyasyon nedir? Radyasyon kontrol altına alınabilir mi?
6. "Doğal radyasyon" ve "Çevre Radyasyonu" nedir?
7. Radyasyonun canlılar üzerindeki olası tehlikeleri nelerdir?
8. Çeşitli radyasyon dozları ve etkileri hakkında bilgi verir misiniz?
9. Nükleer santrallerin güvenlik ve güvenilirlikleri nasıl sağlanır?
10. Bellibaşlı nükleer santral tipleri nelerdir? Bunların ilk yatırım bedelleri hakkında bir fikir verir misiniz?
11. Nükleer santral tiplerinin (*doğal uranyum, zenginleştirilmiş uranyum, toryum, doğal uranyum-toryum, plütonyum* gibi) çeşitli nükleer yakıt kullanmalarına göre bir karşılaştırmasını yapar mısınız? Bir nükleer santralin ömrü ne kadardır?

### II. ELEKTRİK ÜRETİMİNDE KLÂSİK VE ALTERNATİF DENİLEN ENERJİ KAYNAKLARI

12. Kömür, mazot ya da doğal gazla çalışan elektrik üretim santrallerinin çevreye zararları var mıdır?
13. Hidrolik santrallerin (barajların) çevreye zararları var mıdır?
14. Klâsik elektrik üretim santralleri ya da alternatif enerji santralleri tümüyle tehlikesiz ve sorunsuz mudurlar?
15. *Alternatif enerji kaynağı* ne demektir? Petrol rezervlerinin 2050, doğalgaz rezervlerinin 2070 ve kömür rezervlerinin de 2150 yılları civarında tükeneceği öngörülmekte olduğuna göre bu birincil enerji kaynaklarına *alternatif* olacak başka enerji kaynakları var mıdır?
16. Söz konusu *alternatif enerji kaynakları* hakkındaki beklentiler nelerdir?
17. Enerji kaynakları hakkında Dünya'nın güçlü ülkelerinin ulusal politikalarının ana hatları nelerdir?

### III. DÜNYADA NÜKLEER ENERJİ

18. Dünyada hangi ülkeler nükleer enerji kökenli elektrik enerjisi üretmektedirler? Nükleer enerji kökenli elektrik üretimi Dünya'nın toplam elektrik üretiminin ne kadarını sağlamaktadır? Hangi ülkeler yakın gelecekte nükleer enerjiye geçmeyi plânlamaktadırlar?
19. Bir ülke nükleer enerjiye geçiş yaparken nelere dikkat etmektedir?
20. Yeni bir nükleer santralin ülkeye yararı ucuz ve güvenilir bir elektrik üretimidir.

Acaba böyle bir santralin kurulduğu yöreye de bir takım özel yararları olur mu?  
21. "Nükleer Atık Yönetimi"nin diğer ülkelerdeki problemleri nelerdir?

#### IV. NÜKLEER ENERJİNİN RİSKİ

22. Bir olayın haiz olduğu "risk faktörü" (*tehlike oranı* ya da *tehlike olasılığı*) ne demektir?  
23. Riski en aza indirmenin yolu-yordamı nedir? Risk nasıl ölçülür?  
24. Çeşitli risklere bağlı olarak ortalama ömür kaybı (OÖK) hakkında bilgi verir misiniz?  
25. Nükleer santrallerin *riski* ne mertebededir?  
26. Elektrik üretim teknolojilerinin hesaplanmış OÖK değerleri ne kadardır?  
27. Bütün bu Ortalama Ömür Kaybı değerlerinden hangi sonuç çıkmaktadır?

#### V. ÇERNOBİL KAZÂSININ ETKİLERİ

28. Tarihin en büyük nükleer santral kazâları hangileridir ve çevreye ne gibi zararları olmuştur?  
29. Çernobil kazâsının Avrupa'daki etkileri neler olmuştur?  
30. Çernobil kazâsının Türkiye'deki fiziksel etkileri neler olmuştur?  
31. Çernobil kazâsı bahâne edilerek Türkiye üzerinde ne gibi oyunlar oynanmağa kalkışılmıştır?  
32. Türkiye açısından "Çernobil Dosyası" resmen kapanmış mıdır?  
33. Nükleer enerjiden elektrik üretimi bütün Dünya'da bu kadar yaygınken kimler, hangi sebeplerle gelişmekte olan ve hattâ gelişmiş ülkeleri bile nükleer enerjinin yararlarından vaz geçirmeğe uğraşmaktadır?

#### VI. TÜRKİYE'NİN NÜKLEER ENERJİYE GEÇMESİ NEDEN ZORUNLUDUR?

34. Türkiye'nin elektrik enerjisi üretiminin bugünkü ve yakın gelecekteki potansiyeli nedir?  
35. Nükleer enerjiden yararlandığı takdirde Türkiye'nin stratejisi ne olmalıdır?  
36. Türkiye'nin uranyum ve toryum rezervleri araştırılmış mıdır? Varsa hangi düzeylerde dir?  
37. Türkiye'nin bir "*Ulusal Nükleer Enerji Politikası Ve Stratejisi*" var mıdır?

#### VII. NÜKLEER TEKNOLOJİ VE TÜRKİYE

38. Türkiye'nin nükleer santral yapımı hakkında gerekli yasal düzenlemeleri var mıdır?  
39. Türkiye'de nükleer santraller kurulduğunda bunlar güvenli ve güvenilir olacaklar mıdır?  
40. "Nükleer Silahların Yayılmasını Önleme Antlaşması" ve uluslararası nükleer kontrol nedir? Türkiye kurduğu nükleer santraller aracılığıyla atom bombası imâl edebilir mi?  
41. Türkiye'nin kuracağı nükleer santralden çıkacak olan kullanılmış nükleer yakıt atıkları ülke için bir sorun olacak mıdır?

42. Türkiye'nin daha önce 1960'ların sonunda, 1970'lerin ve 1980'lerin ortalarında nükleer enerjiden yararlanmak üzere, sonuçsuz kalan, ciddi girişimleri olmuştur. Bu girişimlerdeki temel politika neydi? Bu girişimler neden sonuç vermedi?
43. İlk nükleer santralimizin kurulacağı yerin seçimi nerede ve hangi kriterlere göre yapılmıştır?
44. Türkiye'nin elektrik dağıtım ağının (*enterkonnekte şebeke'nin*) durumu nasıldır? İlk nükleer santralin bu dağıtım ağına sorunsuz olarak bağlanabilmesinin zorunlu şartları nelerdir?
45. Türkiye'nin yetişmiş eleman ve bilgi birikimi ilk nükleer santralin kurulması ve işletilmesi için yeterli midir?
46. Akkuyu Nükleer Santrali için açılan ihâlede verilmiş olan teklifleri değerlendirmenin temel ilkeleri nedir?
47. Teklif veren nükleer santral yapımcılarının ciddiyeti ve güvenilirliği nasıl anlaşılır?
48. Nükleer santral ihâle edildikten sonra Türkiye'nin karşılaşılabileceği sorunlar neler olacaktır?
49. Türkiye bundan sonraki nükleer santral ihâlelerine nasıl hazırlanmalıdır?
50. Son 15 yılda nükleer enerji teknolojisine hâkim olmada büyük başarı göstermiş olan Güney Kore'nin durumunu Türkiye'ninkiyle karşılaştırır ve bu ülkenin başarısının nelere dayandığını açıklar mısınız?

\* \* \*

## 50 SORUDA TÜRKİYE'NİN "NÜKLEER ENERJİ SORUNU"

\* \* \*

Prof.Dr. Ahmet Yüksel ÖZEMRE, Prof.Dr. Ahmet BAYÜLKEN, Prof.Dr. Şarman GENÇAY

### I. NÜKLEER ENERJİ VE NÜKLEER SANTRALLER

#### 1. Nükleer enerji üretiminin temel ilkeleri nelerdir?

Bilindiği gibi tüm maddeler *atomlardan*, ve her bir atom da etrafında bir *elektron* bulutunun çevrelediği bir çekirdekten oluşmaktadır. Bu çekirdekte daima iki ayrı türden temel tanecek bulunur. Bunlar: (+) yüklü *protonlar* ile hiç bir elektrik yükü bulunmayan *nötronlardır*. Bir örnek vermek gerekirse, nükleer reaktörün yakıtını oluşturan Uranyum-235 (U-235) atomlarının çekirdeğinde 92 adet *proton* ve 143 adet de *nötron* vardır. Nükleer enerji işte, çekirdekteki bu 235 taneceği bir arada tutan *bağ enerjisinin* bir bölümünün açığa çıkmasıyla oluşmaktadır.

U-235 çekirdeği üzerine çarpan *yavaşlatılmış* bir nötron bu çekirdekteki bağ kuvvetlerinin dengesini bozarak çekirdeği birkaç parçaya böler (*fisyon olayı*) ve bu arada da 2 ve bâzen de 3 nötron ortaya çıkar. Bu nötronlar civarlarındaki başka U-235 çekirdeklerini parçalarlar. Bunlardan çıkan yeni nötronlar da başka U-235 çekirdeklerini parçalar ve bu süreç bir *zincirleme reaksiyon* mekanizması oluşturur.

Nükleer reaktörlerde bu zincirleme reaksiyon mekanizması tümüyle kontrol altındadır. Yâni reaktörü işleten mühendisler ve operatörler bu zincirleme reaksiyonu: **1) başlatabilir, 2) istedikleri süre kadar ve istedikleri enerji düzeyi çıkışına ayarlayarak devam ettirebilir, ve 3) istedikleri anda söndürüp durdurabilirler.**

Böylece açığa çıkan bağ enerjisi, bu *fisyon parçalarına* ve nötronlara *kinetik enerji* (yâni *hıza bağlı enerji*) olarak iletilmektedir. Bu enerjiyle hareket eden tanecekler ise, reaktör ortamındaki *soğutucu akışkanın* atomlarıyla yapacakları çarpışmalar sonunda, bu hız enerjisini soğutucu akışkana ısı enerjisi olarak iletirler. Bu ısı enerjisi yardımıyla sıcaklığı artan soğutucu akışkanın bir bölümü su buharına dönüşür. Bu su buharı da türbojeneratörler aracılığıyla elektrik enerjisi üretir.

#### 2. Nükleer enerji üretiminin bir ülke için çekici yanları nelerdir?

"Batı Anlamındaki Nükleer Güvenlik Doktrini" normlarına göre inşa edilen bir nükleer elektrik üretim santrali:

- 1) Çevreyi kirletmez
- 2) Karbon dioksit salmaz. (*Sera etkisi'*ne katkısı yoktur).
- 3) Azot oksitleri ve sülfür oksitleri salmadığı için *asit yağmurları'*na sebep olmaz.
- 4) Yeni bir teknolojinin ülkeyi her yönden (*teknolojik, kültürel, ekonomik...*) zenginleşmesine sebep olur.
- 5) Ülkenin nitelikli personel potansiyelini artırır.
- 6) Ülke, eğer doğal uranyum ve toryum yataklarını nükleer yakıt kaynağı olarak kullanabiliyorsa, kaynak bakımından dış ülkelere bağımlı olmaz.
- 7) Bu nükleer santral olmasaydı bunun yerini alması gereken termik üretim santrallerinin civarlarında sebep olacağı üst nefes yolları hastalıklarına ve anfizeme yol açmaz.
- 8) Risk yönünden *en düşük tehlike riskine sahip* bir teknolojinin rahatlığını sağlar.
- 9) Üretim birim fiyatı termik santrallerininkinden daha ucuza mal olan güçlü bir ekonomik olanak sağlar.

3. Atom bombası ile nükleer enerji üretimi arasında bir benzerlik var mıdır?

Atom bombasıyla nükleer enerji üretimi arasında mevcûd olan *tek benzerlik* her ikisinin de *fisyon olayı'*na dayanmasındadır, o kadar! Ama:

**AtomBombası:**

- \* Patladığı yeri mahvetmeğe yöneliktir.
- \* Zincirleme reaksiyonu kontrolsüzdür.
- \* Çevredeki etkisi kalıcı ve öldürücüdür.
- \* Üretimi ve kullanılması insanlığa karşı suçtur.

**Nükleer Enerji Üretimi:**

- \* Üretildiği ülke için faydadır, servettir.
- \* Zincirleme reaksiyonu kontrol altındadır.
- \* Çevreyi kirletmez. Güvenilirliği diğer enerji üretim santrallerinden de üstündür.
- \* Kullanılması insanlığın yararınadır, erdemdir.

4. Bir nükleer reaktör, kazâ sonucu bile olsa, tıpkı bir atom bombası gibi patlar mı?

Atom bombasında bütün zincirleme reaksiyonlar *saniyenin milyonda biri gibi küçük bir zaman dilimi içinde* olup biter. Muazzam bir radyasyon salınmasıyla birlikte açığa çıkan güç ise ***bir nükleer reaktörün gücünden milyarlarca defa daha büyüktür.*** Oysa maksimum gücünde çalışan bir nükleer reaktörde vuku bulan zincirleme reaksiyonlar *aylar boyu kontrollü bir biçimde aynı düzeyde sürdürülür* ve, *Batı Anlamında Nükleer Güvenlik Doktrini* uyarınca tasarımlanmış olan koruyucu zırhlama sistemleri dolayısıyla da, reaktörün kalbinden ve içinde bulunduğu binadan

**dışarıya radyasyon sızmaz.**

Doğadaki elementlerin bir bölümünün nötronlara karşı hiç "iştihaları yoktur"! Buna karşılık *kadmiyum* ve *bor* gibi diğer bazı elementler ise nötronları "büyük bir iştihayla yutarlar". Bir nükleer reaktörde *kontrol altında* enerji üretimi, nükleer reaktörlerin en önemli bileşenlerinden biri olan ve kadmiyum ya da bor gibi maddeler içeren "*kontrol çubukları*" sayesinde mümkündür. Bu takdirde zincirleme reaksiyonları ayakta tutan nötronların bir bölümü, kontrol çubuklarının bunları yutmasıyla, piyasadan çekilmiş olur. Kontrol çubuklarını reaktörün kalbine kontrollü ve âyarlı bir biçimde sokup çıkararak da zincirleme reaksiyonlar kontrol altında tutulmuş olur.

Kontrol çubuklarını hareket ettiren mekanizmalarda bir sorun olsa ve zincirleme reaksiyonlar başlarını alıp gitseler bile bir nükleer reaktör asla bir **atom bombası gibi patlamaz**. Çünkü bir reaktörün kalbindeki zincirleme reaksiyonların kontrolden çıkması hâlinde açığa çıkacak olan büyük ısı kalbin eriyerek boyutlarının değişmesine neden olur. Bu ise reaktörün *kritiklik hâlinde* uzaklaşmasına, yâni zincirleme reaksiyonların **doğal olarak azalıp sönmeye** yol açar.

## 5. Radyasyon nedir? Radyasyon kontrol altına alınabilir mi?

Atomlardan *doğal* olarak veyâ *uyarılma sonucu* yayılabilen: 1) girgin (yâni maddenin içine nüfûz edebilen) elektromagnetik dalgalar ( $\gamma$  ışınları) ya da 2) elektron, proton, nötron ve  $\alpha$  (alfa) gibi tânecikler, genellikle, *radyasyon* adı altında toplanır. Elektromagnetik radyasyonun en çok bilinen örneği gözümüzün çeşitli renk nüansları olarak algıladığı *ışık*'tır. Görünen ışığın dalgaboyu çok kısadır ve bunu ifade etmekte kullanılan birim ise *angström*'dür. 1 angström = 0,000 000 01 cm'dir. Görünen ışığın dalgaboyu 4000 ilâ 8000 angström arasında değişir. 4000 angströmün ötesinde kalan ve gözle görülemeyen ışığa *morötesi* (ya da *ültraviyole*), 8000 angströmün berisinde kalana da *kızılötesi* (ya da *infraruj, infrared*) ışık adı verilir. Bir elektromagnetik dalga radyasyonunun dalgaboyu ne kadar küçükse, onun bir maddenin içine girme (*nüfûz etme*) yeteneği de o kadar büyük olur. Meselâ, Güneş'in ışığı bir insanın vücûduna ancak derisi düzeyinde nüfûz ederken, Röntgen aygıtında kullanılan ve dalgaboyu görünen ışığınkenden yaklaşık 1000 defa daha küçük olan *X-ışınları* insanın bütün vücûdunu boydan boya geçip içindeki kemiklerin bile görünmesini sağlamaktadır. Radyoaktif atomların yayınladıkları  $\gamma$  (gamma) ışınları ise çok daha girgin (*nüfûz edici*) ışınlardır.

Yolunun üzerine, arkasına geçemeyeceği bir madde konularak her radyasyonun yolu kesilebilir ve verebileceği **tüm** zararlara engel olunabilir. İşte bunun içindir ki: röntgen operatörleri kurşun içeren bir önlük ve kalın kristal gözlükler takarak X-ışınlarının vereceği zararlardan korunmaktadırlar. Nükleer reaktörlerin kalbi de, gene aynı sebepten ötürü, girgin  $\gamma$  ışınlarını ve nötronları önleyen kalın ve etkin bir *biyolojik zırh* ile kaplanmakta, ayrıca *Batı Anlamındaki Nükleer Güvenlik Doktrini*'ne uygun olarak inşâ edilen bir nükleer reaktörün tüm yapısı, bir kazâ olsa bile açığa çıkacak olan radyasyonları dışarıya iletmeyecek olan kalın bir koruyucu

binâ içine oturtulmaktadır<sup>1</sup>.

Tâneçiksel radyasyonları durdurmak ise daha kolaydır. Meselâ ,  $\alpha$  ışınlarını ince bir kâğıt ya da birkaç santimlik bir hava tabakası bile durdurabilir. Nötronlar için ise onları yutan bor ve kadmiyum elementlerinden yapılmış zırhlar gereklidir.

*Radyasyondan Korunma* bugün pekçok üniversitede rutin olarak okutulan bir *pozitif bilim*dir. Radyasyondan Korunma normları "Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi" (*ICRP: International Committee on Radiological Protection*) tarafından vaz edilir ve sürekli olarak gözden geçirilir, gerekli görüldüğü zaman da değiştirilir<sup>2</sup>. Bu normlara uyulması radyasyonun kontrol altında tutulması için **gerekli ve yeterlidir**. Bu komite bir insanın bir yıl boyunca almasına izin verilen maksimum radyasyon dozunun düzeyini de tesbit eder.

"Dünya Sağlık Örgütü" (*WHO: World Health Organization*) ile "Uluslararası Çalışma Örgütü" (*ILO: International Labour Organization*) "Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi"nin bu bilimsel esaslara göre saptadığı normları temel olarak alarak bunlardan kendi felsefelerine uygun daha kısıtlı **türetilmiş normlar** üretir ve sivil kuruluşlara bunları tavsiye ederler.

## 6. "Doğal radyasyon" ve "Çevre Radyasyonu" nedir?

Dünya'da hepimiz bir "Doğal Radyasyon Banyosu" içinde yaşamaktayız. Bu banyoyu oluşturan etkenler: 1) Yer kabuğundaki radyoaktif elementlerin yayınladıkları radyasyonlar, ve 2) Uzayın boşluklarından gelen *Kozmik Radyasyonlar*dır .

Toprakta yetişen ve potasyum, fosfor gibi elementler içeren her gıda maddesi doğal olarak radyoaktiftir. Bunun sonucu olarak, meselâ 70 kiloluk bir insanın vücudunda sürekli olarak 17 miligram kadar radyasyon yayınlayan bir radyoaktif element deposu bulunur.

*Doğal Radyasyon Banyosu'nun* insana yüklediği yıllık radyasyon dozu yere bağlıdır. Bu, meselâ : İstanbul'da **0,66 mSv/yıl**, Ankara'da **0,9 mSv/yıl**, Erzurum'da **1,75 mSv/yıl** ve altında toryum yatakları bulunan Sivrihisar'da **3,74 mSv/yıl**'dır (mSv: *milisivert*, radyasyon dozunu ifade etmek için kullanılan bir birimdir). Yer-yüzü'nde bunlardan çok daha yüksek yıllık doğal radyasyon dozlarının bulunduğu meskûn yerlere örnek olmak üzere **6 mSv/yıl**'lık dozu ile Rio de Janeiro'nun plâjlarını ve **15 mSv/yıl**'lık dozu ile de Hindistan'daki Kerala bölgesini gösterebiliriz.

*Çevre Radyasyonu* ise bu Doğal Radyasyon dozuna eklenen: 1) TV ekranlarından, 2) bilgisayar ekranlarından, 3) röntgen aygıtlarından, 4) toryum içeren fi-

<sup>1</sup> 26 Nisan 1986 tarihinde bir kazâ sonucu büyük çevre kirlenmesine yol açmış olan Çernobil Nükleer Santrali'nin 4. Ünitesinde, S.S.C.B.ndeki diğer bütün reaktörlerde de olduğu gibi, bir kazâ anında çıkan radyasyonları dışarıya sızdırmayacak bu türden bir koruyucu yapı bulunmamaktaydı.

<sup>2</sup> Buna bir örnek olmak üzere, 7 numaralı soru ile ilgili 3 numaralı dipnota bakınız.



tillerden, 5) saatlerimizdeki radyoaktif fosfordan yayınlanan radyasyonlar ile 6) nükleer bomba denemelerinden ve Çernobil kazâsından arta kalan radyasyonların bileşkesidir. Bu ise farklı faktörlere bağlı olarak *0,5 mSv/yıl* ilâ *1,5 mSv/yıl* mertebesinde. A.B.D. kendi vatandaşları için doğal ve çevre radyasyonunun müsaade edilen toplam ortalama dozunu *1,8 mSv/yıl* olarak tesbit etmiştir.

Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi'nin (*ICRP*'nin) tesbitine göre bu düzeydeki radyasyonların hiç biri insan sağlığı için aslâ bir tehlike oluşturmamaktadır. Aksine düşük düzeydeki radyasyonların hücre sağlığına yararlı olduğu hakkındaki yaygın kanaati destekleyen de bini aşkın bilimsel çalışma yapılmıştır.

Lâboratuvar deneylerinde belirli bir düşük düzeyde radyasyona tâbi tutulan hücrelerin ve deney hayvanlarının ömürlerinin ışınlanmamış deneklere oranla %20 kadar daha uzun olduğu tesbit edilmişse de bu konu insan üzerinde lâboratuvar şartlarında denenmiş değildir. Ancak, Dünya'da yüksek yerlerde ve doğal radyasyon düzeyi yüksek olan ovalarda yaşayanların ömürlerinin, ortalama olarak, daha düşük radyasyon düzeyine mâruz yerlerde yaşayanlarıkinden daha yüksek olduğu da bilinen bir gerçektir. Bununla beraber, bilimsel ve epistemolojik açıdan, bu gözlem de söz konusu radyasyon düzeyi ile uzun ömürlü olmanın arasında bir "sebebe-sonuç ilişkisi" bulunduğunun kesin kanıtı değildir.

Bilim adamları düşük düzeydeki radyasyonla uyarılan hücrelerin kansere karşı dirençlerinin arttığını tesbit etmişlerdir. Oysa yüksek dozda radyasyon ise, tam aksine, kansere sebep olmaktadır. Bu tıpkı kalp hastalarını *dijitalin* ile tedâvi etmeğe benzemektedir. Bu ilâcın düşük dozlarda verilmesi kalbin kuvvetlenmesini ve düzenli çalışmasını sağlamakta, ama yüksek dozda verilmesi kalbin anîden durmasına ve ölüme neden olmaktadır.

## 7. Radyasyonun canlılar üzerindeki olası tehlikeleri nelerdir?

*Yüksek dozlardaki radyasyonların canlı hücreleri tahrip etme ya da, en azından, hücrede oluşturdukları (O) ve (OH) radikalleri aracılığıyla hücreye zarar verici kimyasal reaksiyonlara yol açma olasılıkları vardır.*

Canlıların radyasyona mâruz kalmaları ise iki ayrı durum altında incelenir. *Akut ışınlanmalar*, meselâ bir radyasyon kazâsında olduğu gibi, kısa bir sürede ya da sürelerde alınan yüksek radyasyon dozlarının rol oynadığı ışınlanmalardır. *Kronik ışınlanmalarda* ise söz konusu olan, normal çalışma ve hayat şartlarında uzun süreler boyunca alınan düşük radyasyon dozlarıdır.

Bir canlının vücûdunda radyasyon hasarlarına karşı oluşan *tepkiler*, ışına mâruz kalan organ ve dokuların: 1) radyasyona karşı duyarlılığına, ve 2) bu organ ve dokuların işlevlerine bağlıdır. Meselâ beyin dâhil olmak üzere bütün sinir dokusu ve kalp dâhil olmak üzere bütün kas dokusu, genel olarak, radyasyona karşı duyarlı değildir.

*Akut radyasyonların bir dokuda ya da bir organda meydana getirdiği hasar:*  
1) bunların ürettiği hormon, enzim, antikor, vb... gibi maddelerin artmasına ya da eksilmesine, 2) bunlarda büyüme aksaklıklarının ortaya çıkmasına, ya da 3) bunların ölümüne sebep olabilir. Akut radyasyonlardan özellikle etkilenen *başlıca* insan organları: kan, kemik iliği, lenf sistemi, akciğerler, idrar yolları, karaciğer, kemikler, cild ve üreme organlarıdır. Bu organlarda akut radyasyonların verdiği hasarın sonucu, genellikle, kanser olarak ortaya çıkmaktadır.

8. Çeşitli radyasyon dozları ve etkileri hakkında bilgi verir misiniz?

Çeşitli radyasyon dozları ve bunların kişi başına etkileri kısaca aşağıdaki cetvelde özetlemektedir:

**Sürekli Alınan Radyasyon Dozları:**

- **0,001 mSv/yıl**..... **Etkisiz**..... A.B.D.nde tüm nükleer endüstrinin bir kişiye yüklediği fazladan doz
- **0,004 mSv/yıl**.....**Etkisiz**..... 1000MWe'lik bir kömür santralinin bacasından çıkan radyoaktif partiküllerin kişiye yüklediği doz
- **0,01 mSv/yıl**..... **Etkisiz**..... A.B.D.nde nükleer patlamaların bir kişiye yüklediği fazladan doz
- **0,1 mSv/yıl**..... **Etkisiz**..... İngiltere'de Dounreay nükleer santralinin yakın civârındaki kişilere yüklediği doz
- **0,5 - 4 mSv/yıl**..... **Etkisiz** ..... Doğal radyasyonun dozu
- **0,6 mSv/yıl** ..... **Etkisiz** ..... **Çernobil kazâsında Türkiye'de kişi başına ilk yıl boyunca alınmış olan doz**
- **2,2 - 2,5 mSv/yıl**..... **Etkisiz**..... Çevre radyasyonunun dozu
- **5 mSv/yıl**.....**Etkisiz**..... WHO ve ILO'nun sivil halk için müsaade ettikleri türetilmiş maksimum yıllık doz
- **20 mSv/yıl<sup>3</sup>** .....**Etkisiz**..... ICRP'nin radyasyon alanında çalışanlar için müsaade ettiği maksimum yıllık doz

**Bir Kerede Alınan Radyasyon Dozları:**

- **0,12 mSv**..... **Zararsız**..... Çernobil kazâsında yakın çevrede alınan tahliye dozu
- **0,8 - 1,2 mSv**.....**Zararsız**.....Akciğer röntgeni çektirirken alınan akciğer dozu
- **50 - 150 mSv**.....**Zararsız**.....Tiroid up-take'i için alınan doz

<sup>3</sup> 1992 yılına kadar bu, ICRP tarafından 50 mSv/yıl olarak belirlenmişti. 1992 de ICRP bu değeri 20 mSv/yıl değerine çekmiştir.

- **250 mSv** ..... **Zararsız** ..... *Nükleer kazâ şartlarında alınmasına izin verilen sınır doz*
- **1000 mSv** ..... **Hâlsizlik** ..... *Merkez Çernobil olmak üzere 1 km'lik bir yarıçap içinde alınmış olan doz*
- **2.000 mSv** ..... **Radyasyon hastalıkları: Başağrısı, kusma, ciltte kızarma ve yara, kanser başlangıcı,**
- **5.000 mSv** ..... **İstatistiksel olarak %50 oranında ölüm**
- **10.000 mSv** ..... **Ölümcül doz** ..... *Çernobil'de reaktörün tepesine çıkartılan itfaiyecilerin maruz kaldıkları doz.*

#### 9. Nükleer santrallerin güvenilirlik ve güvenlilikleri nasıl sağlanır?

Nükleer santrallerin güvenli (İng.: *safe*) ve güvenilir (İng.: *reliable*) bir biçimde, çevreye de zarar vermeden elektrik üretebilmeleri, bunların: 1) yapısal niteliklerinden kaynaklanan özellikleri, ve 2) aktif ve pasif koruma sistemleri sayesinde mümkün olmaktadır.

Nükleer yakıt, genellikle, reaktörün kalbinde hüküm süren sıcaklığa dayanan ve *yüksek bir ergime sıcaklığına sâhip olan* Uranyum Dioksit'tir. Yakıtta oluşan ve yakıt lokumcuğundan dışarı sızan fisyon ürünlerinden gaz olanlarının soğutucu akışkana karışması, yakıt çubuğunun içine hapsedildiği *yakıt zarfı* tarafından önlenir. Bu soğutucu akışkan ise basınç altındaki bir kapalı devre içinde dolanıp durduğu için, bu da, fisyon ürünlerinin kontrol altında tutulmaları bakımından bir önlem teşkil eder. Ayrıca: 1) bütün reaktörü içine alan ve dışarı radyasyon sızmasını önleyen *biyolojik zırh*, 2) santralin elektrik üretim bölümü hariç olmak üzere tümünü içine alan ve reaktörde bir kazâ vuku bulsa bile dışarıya radyasyon sızıntısına engel olan *dış güvenlik kabuğu*, ve 3) tüm santrali çevreleyen *yasak bölge* de bu güvenliliği pekiştirir.

*Batı Anlamındaki Nükleer Güvenlik Doktrini*'ne göre nükleer santrallerde kullanılan tüm parçalarda uygulanan tasarım ve kalite kriterleri uzay teknolojisinin kadar üst düzeyde tutulmaktadır. Bunun için *Kalite Kontrolü* ve *Kalite Temini* nükleer santral inşaatında ön plânda gelir ve nükleer santral inşaatı, sırf bu önlemlere uyulması yüzünden, uzun zaman alır. Ayrıca da nükleer santrallerin tüm güvenlik sistemlerinin yeterli sayıda yedeklenmiş olması ve bu yedeklerin de değişik ilkelere göre çalışması sağlanmaktadır.

*Aktif ve pasif koruma sistemleri*<sup>4</sup> ise bir kazâ anında devreye giren soğutma sistemleri ile kimyasal kontrol sistemini içerir.

Bütün bu sistemler bir nükleer santralin güvenli ve güvenilir bir biçimde iş-

<sup>4</sup> Pasif koruma sistemi: hiç bir makinanın ya da motorun işlemesine gerek olmaksızın kendiliğinden devreye giren koruma sistemi. Misâl: CANDU 6 tipi reaktörün koruyucu kabı içinde sıcaklığın ya da basıncın artması sonucu kendiliğinden devreye giren duş sistemi, ve gene CANDU 6'da reaktör kalbinin reaktivitesi belirli bir düzeyi geçince otomatik olarak devreye giren ve kalbe absorplayıcı gadolinyum sıkan sistem.

letilmesi için gerekli olan sistemlerdir. Meselâ 1979 yılında A.B.D.nde Three Miles Island nükleer santrali tıpkı Çernobil santralının 4. ünitesi gibi bir insan hatâsı yüzünden kazâya uğrayınca *koruyucu dış güvenlik kabuğunun* kapısı kapatılarak ergiyen reaktör kalbinden sızan muazzam radyasyon sonsuza kadar bu kabuğun içine hapsedilmiştir. Bu kazâda kimsenin burnu kanamamış, kimse radyasyon hastalığına mâruz kalmamıştır. Ama *Batı Anlamında Nükleer Güvenlik Doktrini*'ne göre inşa edilmemiş olan Çernobil reaktöründe böyle bir dış güvenlik kabuğu olmadığından açığa çıkan radyasyon kıtalara yayılmıştır.

Bir ülkenin nükleer reaktörlerin işletilmesine lisans veren mevzuatının, ne kadar pahalı olursa olsun, bu güvenlik önlemlerinin alınmış olmasını öngörmesi gerekir. Türkiye'de nükleer reaktörlerin işletilmesini lisanslama yetkisine sâhip tek kuruluş 2690 sayılı yasaya göre Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'dur. Ve bu Kurumun lisanslama mevzuatı da *Batı Anlamındaki Nükleer Güvenlik Doktrini*'ne dayanmaktadır.

Bu doktrine göre nükleer santrallerin güvenilirlik ve güvenilirliğine verilen önem hakkında bir fikir verebilmek için sözü edilen güvenlik önlemlerinin bunların hiç biri olmadan inşa edilecek santralin maliyetinin yaklaşık %60 ı kadar ek bir masraf gerektirdiğini ifade etmek yeterlidir.

10. Bellibaşlı nükleer santral tipleri nelerdir? Bunların ilk yatırım bedelleri hakkında bir fikir verir misiniz?

Nükleer santral tipleri: 1) hâlen var olup da elektrik üretmekte olanlar, ve 2) projeleri kâğıt üzerinde gerçekleştirilmiş olup da henüz fiziksel olarak mevcûd olmayanlar diye ikiye ayrılabilir. (*Türkiye Atom Enerjisi Kurumu nükleer reaktör lisanslama mevzuatı: 1) fiziksel olarak bir örneği olmayan, ve 2) kendi ülkesinin mevzuatına göre lisans alamamış olan nükleer reaktörlere Türkiye'de de lisans verilemeyeceğini âmidir. Bu husus 1. Enerji Şûrâsı Nükleer Enerji Komitesi'nde de te'yyid edilerek şûrâ zabıtlarına geçmiş bulunmaktadır. Bu bakımdan proje hâlindeki nükleer santralleri Türkiye için söz konusu etmek **abestir.***)

Nükleer santralin temelini oluşturan nükleer reaktörün belli başlı 3 bileşeni vardır: 1) yakıtı, 2) nötron yavaşlatıcı ortamı, ve 3) soğutucu akışkanı.

Bu bileşenlere göre de, hâlen elektrik üretmekte olan reaktörleri 6 temel grup altında toplamak mümkündür:

1) Basınçlı hafif su ( $H_2O$ ) ile yavaşlatılan ve soğutulan, zenginleştirilmiş uranyum yakıtlı PWR (*Pressurized Water Reactor*) tipi reaktör,

2) Kaynar hafif su ile yavaşlatılan ve soğutulan, zenginleştirilmiş uranyum yakıtlı BWR (*Boiling Water Reactor*) tipi reaktör,

3) Ağır su ( $D_2O$ ) ile yavaşlatılan ve soğutulan doğal uranyum yakıtlı PHWR

(*Pressurized Heavy Water Reactor*) tipi reaktör,

4) Grafit ile yavaşlatılan, karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) ile soğutulan doğal uranyum yakıtlı GCR (*Gas Cooled Reactor*) tipi reaktör,

5) Grafit ile yavaşlatılan, karbon dioksit ile soğutulan zenginleştirilmiş uranyum yakıtlı AGR (*Advanced Gas Reactor*) tipi reaktör, ve

6) Grafit ile yavaşlatılan ve hafif su ile soğutulan zenginleştirilmiş uranyum yakıtlı LWGR (*Light Water Gas Reactor*) tipi reaktör.

Bütün bu reaktör tiplerinin yapımcısına göre çeşitli seçenekleri bulunmaktadır. Bundan dolayı aralarında kesin bir fiyat sıralaması yapmak olanak dışıdır. Bununla beraber, ağır su kullanması nedeniyle, PHWR tipi santrallerin kurulu kWe başına ilk yatırım bedeli (\$/kWe) diğerlerine göre biraz daha pahalı fakat doğal uranyumlu yakıt kullanmaları bakımından da elektrik üretim maliyeti (*mills/kWh*, ya da *cent/kWh*, veyahut *TL/kWh*) daha ucuz olmaktadır.

11. Nükleer santral tiplerinin (*doğal uranyum, zenginleştirilmiş uranyum, toryum, doğal uranyum-toryum, plütonyum* gibi) çeşitli nükleer yakıt kullanmalarına göre bir karşılaştırmasını yapar mısınız? Bir nükleer santralin ömrü ne kadardır?

Doğada var olup da nükleer reaktörlerde doğrudan doğruya kullanılabilen tek nükleer yakıt, U-235 ve U-238 izotoplarının sırasıyla %0,7 ve %99,3 oranlarındaki bir karışımı olan, *doğal uranyumlu yakıttır*. Bu yakıt PHWR ve GCR tipi reaktörlerde kullanılmaktadır. Diğer bütün reaktörlerde kullanılan *zenginleştirilmiş uranyumlu yakıt* ise doğal uranyumdaki U-235 oranının %0,7 den %4,2 lere yükseltilmesini temin eden bir dizi fiziksel işlemi gerektirmektedir.

Fakat bu uranyum zenginleştirme tesisleri yalnızca A.B.D., Avrupa Birliği, İngiltere, Fransa, Rusya, Kızıl Çin, Hindistan, Pakistan ve Güney Afrika Birliği'nde bulunmakta ve bu durumuyla da kendine özgü bir kartel oluşturmaktadır. Nükleer güce sâhip ülkeler kendilerinin dışında başka ülkelerin, atom bombası üretebilirler diye, uranyum zenginleştirme tesisi kurmasına izin vermemektedirler. Pâkistan sırf bu tesisleri kuruyor diye yıllardanberi, başını A.B.D.nin çektiği, uluslararası büyük bir baskı ve ambargo altında tutulmaktadır.

Doğada pek bol olan U-238 ile Toryum 232 (Th-232) izotopları nükleer reaktörlerde sırasıyla Plütonyum 239 (Pu-239) ve U-233 izotoplarına dönüşmektedirler. Oysa, bu izotopları da nükleer yakıt olarak kullanmak mümkündür.

Pu-239 nükleer bomba yapımında ve *Hızlı Üretken Reaktörler*'de kullanılmaktadır. Bu türden reaktörler henüz deneme safhasında olup hâlâ çözülememiş bir dizi teknolojik sıkıntıları vardır. Bunların başında bu tipten reaktörlerin kontrolünün diğer tiplere oranla çok daha zor ve çok daha ileri bir teknolojiyle gerçekleştirilmesi zorunluluğu gelmektedir. Diğer bir sakınca da bu reaktörlerin soğutma sıvısının

yaklaşık 1150 °C sıcaklığında NaK (ergimiş sodyum-potasyum metalleri karışımı) ya da yalnızca Na aracılığıyla gerçekleştirilmesidir. Ve bu da bu ergimiş metalik sıvının geçtiği bütün boru ve diğer aksam üzerinde büyük korozyona, yâni bu parçaların kullanılma ömürlerinin kısa olmasına yol açmaktadır.

Yakıt olarak sırf toryum kullanan reaktörlerin teknolojisinde ise ümit verici gelişmeler sağlanmıştır. Bu konuda Hindistan'da ve Almanya'da ilgi çekici ilerlemeler kaydedilmiştir. Bunun dışında, yukarıda sıralanmış olan reaktör tipleri içinde PHWR tipi reaktörler, kalplerinin periferik kısmında, doğal toryumdan yakıt çubukları kullanarak bunların U-233 e dönüşmesini sağlayabilmektedirler. U-233 ise nötronların fisyonu uğrattığı bir madde olduğundan, bu durum reaktördeki nötron bilançosuna olumlu bir katkı oluşturmaktadır.

Hangi türden nükleer yakıtla çalışırsa çalışsın, bir nükleer reaktörün ekonomik ömrü bugüne kadar hep 30 yıl civarında kabul edilmiştir. Fakat yeni tasarlanan modern nükleer reaktörlerin ekonomik ömrünün 40 yıla kadar uzayabileceği hususunda ümitler vardır.

## II. ELEKTRİK ÜRETİMİNDE KLÂSİK VE *ALTERNATİF* DENİLEN ENERJİ KAYNAKLARI

12. Kömür, mazot ya da doğal gazla çalışan elektrik üretim santrallerinin çevreye zararları var mıdır?

Kömür, mazot ya da doğal gaz gibi fosil yakıtlarla çalışan *termik* elektrik üretim santrallerinin çevreye pekçok zarar verdiği tesbit edilmiştir. Bu yakıtların yanmak için havaya ihtiyacı vardır. Bu kimyasal işlem sonucunda doğal olarak karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), azot oksitler (NO<sub>x</sub>) ve kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) gibi gazlar oluşmakta ve bunlar santralin bacasından atmosfere salgılanmaktadır. Nükleer santrallerde bunun gibi gazlar oluşmamaktadır.

CO<sub>2</sub> gazı *Sera Etkisi* denilen bir olaya yol açmaktadır. Salgılanan bu gaz atmosferde bir tabaka oluşturmaktadır. Bu tabakayı delerek Yeryüzü'nde yansıyan Güneş ışınları ise atmosfere geri döndüklerinde bu tabakayı geçmemekte, aksine bu tabaka tarafından yansıtılarak gerisin geriye tekrar Yeryüzü'ne gönderilmektedir. Bu ise atmosferin sıcaklığının artmasına yol açmaktadır. Bütün Dünya'daki CO<sub>2</sub> salgılanması kontrol altına alınmadığı takdirde 2010 yılında atmosferin ortalama sıcaklığında 5 °C kadar bir artış gerçekleşmiş olacaktır. Bu ise: 1) Kutup Bölgelerindeki buzların bir bölümünün erimesi, ve 2) tahıl üretiminin endişe verici boyutlarda düşebilmesi demektir.

Ayrıca doğalgaz kullanımı esnasında meydana gelen kaçaklar yüzünden atmosfere sızan metan gazı da CO<sub>2</sub> ye oranla çok daha etken bir sera olayına sebep olabilmektedir.

Buna ek olarak, NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> de asit yağmurlarına neden olmaktadır. Asit

yağmurları bitki örtüsünü, metalik ve beton yapıları geri dönüşü olmayan bir biçimde tahrip etmektedirler.

Kömürle çalışan termik santrallerin bir başka sakıncası da kömür cevherine karışık olan uranyum filizlerinin baca gazlarıyla ve atık küllerle çevreye *kalıcı* bir radyoaktiflik bulaştırmasıdır (radyoaktif bir çekirdek olan uranyum-235'in yarı ömrü 718 milyon yıl ve uranyum-238'inki de 4,5 milyar yıldır!). Bir nükleer santralin nükleer yakıt atığını uygun bir teknolojiyle bir kap içinde muhafaza ve kontrol altına almak mümkündür ve *Batı Anlamındaki Nükleer Güvenlik Doktrini* çerçevesi içinde ***bu, her zaman yapılmaktadır.*** Ama termik santrallerin atığı olan söz konusu radyoaktif küllerin uçarak yayılmasının ve teneffüs yoluyla akciğerlere girmesinin engellenmesi çok daha zor ve pahalı olduğundan bunların ortadan kaldırılmasına hiç girişilmemektedir.

Ayrıca termik santrallerin civarındaki yerleşim alanlarında anfizem ve üst nefes yolları hastalıklarında daima, inkârı mümkün olmayan net bir artış gözlenmektedir.

Sayısal bir örnek vermek gerekirse, yılda 2.500.000 ton kömür tüketen, 1.000 MWe kurulu gücündeki bir kömür santralinin *bir yılda* çevreye salgıladığı zararlı maddelerin miktarları şöyledir:

|                                   |                               |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| 1) <i>CO<sub>2</sub> gazı:</i>    | <b>6.000.000 ton!</b>         |
| 2) <i>SO<sub>2</sub> gazı:</i>    | <b>120.000 ton!</b>           |
| 3) <i>NO<sub>x</sub> gazları:</i> | <b>25.000 ton!</b>            |
| 4) <i>Atık kül:</i>               | <b>600.000 ton!</b>           |
| 5) <i>Radyasyon:</i>              | <b>200.000.000 Becquerel!</b> |

Ayrıca kömür santralleri çevreye sağlık için fevkalâde zararlı cıva (Hg), kadmiyum (Cd), antimovan (Sb) ve kurşun (Pb) gibi ***toksik ağır metaller*** de salgırlarlar.

13. Hidrolik santrallerin (barajların) çevreye zararları var mıdır?

Hiç kuşkusuz, hidrolik santrallerin de çevreye zararlı etkileri vardır. Baraj havzası oluşturulurken ekime elverişli pekçok arazinin ve yerleşim yerinin su altında kalmasından başka tarihî anıtların da su altında kaldıklarını, en azından, GAP dolayısıyla yaşamış bulunmaktayız. Bunun yanı sıra, barajın ardında biriken çamur yığınlarının barajın ömrünü kısalttığı ve ortadan kaldırılması kolay olmayan bir sorun oldukları da bir gerçektir. Ayrıca bir baraj yıkılması kazâsında bir anda birçok yerleşim yerinin yok olacağı ve yüzlerce ve hatta binlerce insanın öleceğini de unutmamak gerekir. Buna küçük bir örnek vermek gerekirse, 1959 yılında Fransa'da küçük bir baraj olan Monpasset barajının çökmesi sonucu Fréjus şehrinin bütün batı bölümünün yıkılması ve 400 kişinin de ölmüş olduğunu bildirmek yeterlidir.

14. Klâsik elektrik üretim santralleri ya da alternatif enerji santralleri tümüyle tehlikesiz ve sorunsuz mudurlar?

Klâsik elektrik üretim santrallerinin hiç biri tümüyle tehlikesiz değildir. Son 40 sene içinde Fransa'da, İtalya'da ve Hindistan'da vuku bulan örneklerine bakılacak olursa, hidrolik santrallerde barajın çökmesi: 1) binlerce kişinin ölümüne, 2) milyonlarca dönüm ekili arazinin ve yerleşim yerinin harap olmasına yol açan bir riske sâhiptir.

Termik santrallerin tehlikesi ise bunların çevreye ve çevrede yaşayanlara verdiği zararlar bakımından 12. soruda incelenmişti.

İleride rüzgâr santralleri ve güneş pilleriyle çalışan büyük güneş santralleri devreye girdiğinde ve bunların kullanımı iyice yaygınlaştığında, bugün pekçok çevrecinin yüzeysel bir biçimde bunları sorunsuz ve çevre dostu ideal santraller olarak görmelerine rağmen, bu santrallerin çevreye hiç de dost olmadıkları daha belirgin bir biçimde yaşanarak anlaşılacaktır. Çünkü güneş santralleri ancak Güneş var iken, rüzgâr santralleri de ancak rüzgâr esiyor iken elektrik üreten santrallerdir. Hele güneş santralleri hava kapalı olduğunda ya da geceleyin elektrik üretemezler.

Bundan dolayı bu tip santraller, ürettikleri elektrik enerjisinin bu gibi durumlarda da kullanabilmesi için, *üretilen elektriğin depolanmasını zorunlu kılmaktadır*. Bugün elektriğin depolanması ancak aküler aracılığıyla mümkündür. Oysa akü demek kurşun ve sülfürik asit demektir ki bunların üretimi de çevreyi en çok kirleten teknolojilere dayanmaktadır. Ayrıca fotovoltaik panellerin üretimi de antimüvan gibi çevreyi kirleten zararlı toksik bir metale ihtiyaç gösterdiğinden bu da güneş santrallerinin, saf çevrecilerin zannettiklerinin aksine, hiç de çevre dostu olmayan teknolojilere dayanmakta olduklarını göstermektedir.

Gel-git hareketinin muazzam enerjisinden yararlanmak için biri Fransa'da diğeri ise Rusya'da kurulmuş olan *gel-git santralleri* projeleri ise, denizin santral aksamı üzerindeki aşındırıcı etkisi ile türbojeneratörleri tıkayan kum, yosun ve sair deniz ürünlerinin tahrip edici etkileri dolayısıyla, verimsiz oldukları anlaşılınca terk edilmiştir.

Enerji üretiminde, üretim alanının etkin bir biçimde kullanılması da önemli bir faktördür. Meselâ fosil yakıtla çalışan 1000 MWe kurulu gücüne sâhip bir santral 1 ilâ 4 km<sup>2</sup> civarında bir yerleşim alanına ihtiyaç gösterirken aynı kurulu güçteki bir termal ya da fotovoltaik Güneş santrali 20 ilâ 50 km<sup>2</sup> civarında bir alana ve bir rüzgâr santrali ise 50 ilâ 150 km<sup>2</sup> civarında bir alana yayılmış olur. Akkuyu Nükleer Santral Yerleşim Alanı ise 4000 ilâ 6000 Mwe'lik bir kurulu güce sâhip altı nükleer birimi ihtivâ edecek kapasitede olup 8,9 km<sup>2</sup> civarında bir alana yayılmış bulunmaktadır.

15. *Alternatif enerji kaynağı* ne demektir? Petrol rezervlerinin 2050, doğalgaz rezervlerinin 2070 ve kömür rezervlerinin de 2150 yılları civarında tükeneceği öngö-



rülmekte olduğuna göre bu birincil enerji kaynaklarına *alternatif* olacak başka enerji kaynakları var mıdır?

Yeni bir enerji kaynağının *alternatif* niteliğini haiz olabilmesi için: 1) yerini alacağı enerji kaynağının toplam üretim kapasitesinden daha büyük bir üretim kapasitesine sahip olması, ve 2) çevreyi ondan daha az kirletmesi gerekir. Aksi halde söz konusu yeni enerji kaynağı *alternatif* bir kaynak değil, bir enerji darboğazının aşılmasında *sınırlı* bir katkısı bulunan *palyatif* bir kaynak olur.

*Alternatif enerji kaynakları* diye nitelendirilen enerji kaynakları: 1) güneş enerjisi, 2) rüzgâr enerjisi, 3) deniz dalgaları ile gelgit olayının enerjisi, 4) jeotermal enerji, 5) biomas enerjisi, 6) organik çöpler, 7) hidrojen enerjisi, ve 8) füzyon enerjisidir.

*Konvansiyonel enerji kaynakları* olarak kabûl edilen fosil yakıtlar, akarsular ve nükleer enerjinin: 1) *sürekli üretilebilmek*, 2) *düzeyi isteğe göre kontrol edilebilmek*, ve 3) *depolanmayı gerektirmemek* gibi temel özellikleri vardır. Hidrojen enerjisi ile füzyon enerjisi dışındaki diğer *alternatif* denilen enerji kaynakları ancak *kullanılabilir güçleriyle sınırlıdır*. Meselâ Güneş ve rüzgâr var iseler bunlardan enerji üretilebilir. Benzer şekilde deniz dalgaları ya da gelgit olayından yararlanarak enerji üretmek de ancak Doğa'nın izin verdiği şartlarda ve zaman dilimlerinde mümkündür.

Teknolojik zorlukları aşıldığı takdirde gerçekten de petrolün, doğalgazın ve kömürün yerini doldurabilecek *konvansiyonel enerji kaynağı* olarak: fisyonu dayalı nükleer enerji, ve *alternatif enerji kaynakları* olarak da: hidrojen enerjisi ile füzyon enerjisi (ya da termonükleer enerji) görünmektedir. Ancak hidrojen gazının yanmasıyla ortaya çıkan enerjinin pratikte uygulanmasının bütün teknolojik zorlukları henüz çözümlenebilmiş değildir.

16. Söz konusu *alternatif enerji kaynakları* hakkındaki beklentiler nelerdir?

İnsanlığın enerji üretimi açısından ihtiyacını ortaya koyan klâsik ve literatüre geçmiş bir örnek olarak Dünya'da 1990'ların başındaki toplam enerji üretiminin **15 TWy** (*teravat = 1 milyon megavat*) olduğunu, buna karşılık 2020 yılı için bunun **50 TWy** ye da 50 milyon MWy olması gerektiğinin öngörüldüğünü bildirelim. En iyimser tahminlerle yapılan aşağıdaki, literatüre geçmiş olan cetvel ise 2030 yılında ve yüzyıllar sonra *alternatif* denilen bazı enerji kaynakları ile çevrecilerin pek itibar ettikleri hidrolik potansiyelin üretim tahminlerini vermektedir:

| <i>Alternatif Enerji Kaynağı</i> | <i>2030 yılındaki enerji üretimi (TWy)</i> | <i>Yüzyıllar sonra erişebileceği enerji üretimi (TWy)</i> |
|----------------------------------|--|---|
| Güneş                            | 3  | 100 (?)   |
| Biomas                           | 3  | 10  |
| Rüzgâr                           | 1  | 3   |
| Hidroelektrik Güç                | 1,5  | 2,9   |

|                                 |                |                  |
|---------------------------------|----------------|------------------|
| Deniz Dalgaları ve Gelgit Olayı | 0,1            | 1 (?)            |
| Jeotermal Güç                   | 0,2            | 0,4              |
| Organik Çöpler                  | 0,1            | 0,1              |
| <b>Toplam</b>                   | <b>8,9 TWy</b> | <b>117,4 TWy</b> |

Bu cetvel söz konusu enerji kaynaklarının tümünün bile yakın gelecekte de uzak gelecekte de insanlığın enerji ihtiyacını karşılamaya yetmeyeceğini yeterince açık bir biçimde ortaya sermektedir.

17. Enerji kaynakları hakkında Dünya'nın güçlü ülkelerinin ulusal politikalarının ana hatları nelerdir?

Politika tarihçileri içinde bulunduğumuz yüzyıldaki bütün savaşların kökeninde ülkelerin "*birincil enerji kaynakları rezervlerine ulaşma hedefi*" olduğunu tesbit etmiş bulunmaktadır. Yeni ve büyük rezervlerin bulunamaması durumunda ise birincil enerji kaynaklarından petrolün 2050, doğalgazın 2070 ve kömürün de 2150 yıllarında tükenmiş olacağı öngörülmektedir. Bu durum karşısında pek çok ülke kısa vâdede çıkar yolun nükleer enerji olduğunu düşünmektedir. Ekonomik açıdan güçlü ülkelerse daha uzun vâdede enerji kaynaklarını değil de enerji üretiminin tekeline ellerinde tutmak üzere ulusal stratejiler geliştirmekte ve yeni enerji türü üretimi araştırmalarına büyük yatırımlar yapmaktadırlar.

Avrupa Birliği ülkelerinin İsveç ve İsviçre'nin de katılımıyla 1983-1991 arasında başarıya ulaştırmış olduğu milyarlarca dolarlık JET (*Joint European Torus*) Projesi döteryum-tritium plâzması kullanarak termonükleer füzyonu gerçekleştirebilmek üzere tasarlanmış bir ilk adımdı. Döteryum ve tritium çekirdekleri çok yüksek sıcaklıklarda birbirlerine kaynar (*füzyon olayı*) ve bundan da ortaya büyük bir enerji açığa çıkar. Bu da nükleer bağ enerjisinin bir başka ortaya çıkarılış yöntemi-dir. JET Projesinde 200 milyon <sup>0</sup>K (*Kelvin derecesi*) sıcaklık ve 2 sâniye süren plazma kararlılığına dayalı pulslar elde edilmiş ve buna bağlı olarak 2MW'lık bir füzyon enerjisinin açığa çıkabileceği gösterilmiştir. Aynı deneyin daha düşük bir enerji düzeyinde ise 1 dakika kadar süren bir plâzma kararlığı elde edilmiştir. Plâzma kararlığı sona erdiğinde enerji üretimi de kesilmektedir.

Bu başarı üzerine A.B.D. ile Avrupa Birliği, Japonya ve Rusya Federasyonu'nun da katkısıyla 21.7.1992'de ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*: Uluslararası Deneysel Termonükleer Reaktör) Projesini gerçekleştirmek üzere bir anlaşma imzalamışlardır. Bu proje 2010 yılında tamamlandığında 15 dakika süreli bir plâzma kararlığını gerçekleştirmiş olacak ve 1000-1500 MW gücünde de bir *füzyon enerjisi* elde edilecektir. Proje 2030 yılında 6000 MW gücünde ilk termonükleer reaktör prototipinin ve 2050 civarında da 6000 MWe gücünde ilk endüstriyel termonükleer elektrik üretim santralinin devreye girmesini mümkün kılacaktır. Ancak bu gerçekleştirilmesi zor bir teknolojiye dayandığından bu kabil termonükleer reaktörlerin yaygınlaşması çok zaman alacaktır.

Bu arada A.B.D. özellikle kendi ülkesi dışındaki petrol yataklarının serbest

ticârete açık olmasına özen göstermekte ve kendi topraklarındaki petrol yataklarının %60 kadarını rezerv olarak saklayarak bunların dışındaki Dünya petrolünün bir an önce tükenmesini sağlamağa çalışmaktadır. Bundan amacı ise, diğer ülkelerdeki petrol kaynakları tükendiğinde, elindeki rezervi: 1) ulusal sivil ve asker kesimlerinin benzin ihtiyacını karşılamak üzere kullanmak, ve 2) petrokimya ürünlerinin Dünya tekeli de eline geçirmektir.

### III. DÜNYADA NÜKLEER ENERJİ

18. Dünyada hangi ülkeler nükleer enerji kökenli elektrik enerjisi üretmektedirler? Nükleer enerji kökenli elektrik üretimi Dünya'nın toplam elektrik üretiminin ne kadarını sağlamaktadır? Hangi ülkeler yakın gelecekte nükleer enerjiye geçmeyi plânlamaktadırlar?

Dünya'da ticari amaçla elektrik enerjisi üreten ilk nükleer santral 1956 Ekim-ünde İngiltere'de faaliyete geçmiş olan *Calder Hall-1* santralidir. Bugün 32 ülke:

1. Enerji üretiminde petrol açısından dışa bağımlılıktan olabildiğince kurtulmak amacıyla,
2. Elektrik enerjisi üretiminde kaynak çeşitliliği sağlamak için,
3. Çevre dostu bir enerji türü seçmiş olmak için

nükleer enerjiden yararlanmayı stratejik bir alternatif olarak seçmişlerdir.

Bu 32 ülke: Amerika Birleşik Devletleri, Almanya, Arjantin, Belçika, Brezilya, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Çin, Ermenistan, Finlandiya, Fransa, Güney Afrika, Güney Kore, Hindistan, Hollanda, İngiltere, İspanya, İsveç, İsviçre, Japonya, Kanada, Litvanya, Macaristan, Meksika, Pâkistan, Romanya, Rusya Federasyonu, Slovak Cumhuriyeti, Slovenya/Hırvatistan, Tayvan, Ukrayna ile nükleer santral inşaatına başlamış olan İran'dır.

31 Aralık 1999 itibâriyle hâlen bu **31 ülkede** elektrik üreten ve toplam **349.063 MWe**'lik kurulu güce sahip **433** adet **nükleer santral** çalışmaktadır. Bunların ürettikleri elektrik enerjisinin tüm Dünya'da üretilen elektrik enerjisine oranı **%17** civârındadır. Bundan başka, gene bu ülkelerde, toplam **31.128 MWe** kurulu güce sahip **37** yeni nükleer santral de inşâ hâlinde bulunmaktadır. İşletimde bulunan nükleer santrallerin toplam işletim süresi ise **9384 yıl 7 ay**'dır. Bu bilgiler son sayfada ek olarak verilmiş olan "1999'da İşletilen ve İnşâ Edilmekte Olan Nükleer Reaktörler" cetvelinde ayrıntılı bir biçimde takdîm edilmiştir. 1996-1998 arasındaki üç yılda bütün Dünyâ'da devreye giren yeni nükleer santral sayısının da 11 (onbir) olduğunu bilmekte de fayda vardır.

Bu kapsamda Fransa, daha 1950'li yılların sonundan itibaren, tüm elektrik enerjisinin nükleer kökenli olmasına karar vermiş ve bu **ulusal politikasından** aslâ sapmamıştır. Fransa ulusal elektrik üretiminin **%75** kadarını toplam 63.103 MWe kurulu güce sahip 59 nükleer santralden elde etmektedir. A.B.D.nde ise 97.145

MWe kurulu güce sahip 104 nükleer santral ülkenin elektrik ihtiyacının %19,8 ini sağlamaktadır.

Yakın bir gelecekte nükleer enerjiye geçmeyi planlamış olan ülkelerin başında: Türkiye, Mısır, Endonezya, Kuzey Kore gelmektedir. Bu ülkeler ilk nükleer santrallerini kurmak üzere karar almış ve ihâleye çıkmış bulunmaktadır.

Buradan da kolayca idrâk edilebileceği gibi, bazı çevrecilerin iddialarının aksine, Dünyâ nükleer enerjiden vaz geçmiş değildir.

Yukarıda **12.** soruda kömür santralleri için verilmiş olan büyüklükler göz önüne alındığında, hâlen çalışmakta olan toplam 349.063 Mwe gücündeki **433 nükleer santralin**, bunlara eşdeğer kömür santrallerine oranla, **bir yılda**:

- 1) 872.657.500 ton kömür israfına,
- 2) 2.094.378.000 ton CO<sub>2</sub> gazının salgılanmasına,
- 3) 41.887.560 ton SO<sub>2</sub> gazının salgılanmasına,
- 4) 8.726.575 ton NO<sub>x</sub> gazının salgılanmasına,
- 5) 209.437.800 ton atık külün üretimine, ve
- 6) 69.812.600.000 Becquerel'lik bir radyasyonun yayılmasına

*engel oldukları* kolayca hesaplanır. Bu durum bile nükleer santrallerin ne denli **Çevre Dostu** olduklarını göstermeğe yeter!

19. Bir ülke nükleer enerjiye geçiş yaparken nelere dikkat etmektedir?

Bir ülke için **nükleer enerjiye geçiş** yapmak bir heves işi değil, **geleceğe uzanan hayâtî önemi haiz bir stratejinin iyi plânlanmış bir yatırımı olmalıdır**. Nükleer enerjiye geçişin doğal hedefleri:

- 1) Ülkenin elektrik üretimi ihtiyacını karşılamaktır.
- 2) Ülkenin doğal nükleer yakıt kaynaklarını değerlendirmektir.
- 3) Ülkenin, kısa zamanda ayrıntısıyla uygulayabileceği, ileri bir teknolojiyi transfer etmektir.

Nükleer enerjiye geçişin *gerekli ve zorunlu şartları* ise şöyle özetlenebilir:

- 1) Bu hususta hükûmetlerden bağımsız, kararlı ve kalıcı bir **siyasî irâde** gereklidir.
- 2) Bu siyasî irâdenin dayandığı, **ülke yararına**, bilimsel bir **nükleer enerji ulusal politikası ve stratejisinin**: A) belirlenmiş, B) kabûl ve C) resmen tescil edilmiş olması gereklidir.
- 3) Nükleer enerji uygulamaları ile ilgili **mevzuatın** yeterli olması gerekmektedir.
- 4) Ülkenin teknik **insan potansiyelinin** yeterli olması gereklidir.
- 5) Ülkenin teknolojik potansiyelinin en azından **en kolay nükleer teknolojiyi**

kolayca özümleyebilecek düzeyde olması gereklidir.

Ayrıca, seçilen nükleer santral:

- 1) *Aslâ ve aslâ yeni bir prototip tasarımı* değil, fakat güvenli ve güvenilir bir tip olmalı; yâni
- 2) Örnekleri fizikman mevcûd ve
- 3) Uzun süre denenmiş

olmalıdır.

20. Yeni bir nükleer santralin ülkeye yararı ucuz ve güvenilir bir elektrik üretimidir. Acaba böyle bir santralin kurulduğu yöreye de bir takım özel yararları olur mu?

Bir nükleer santral kurulduğu yöreye ve o yörenin bağlı olduğu belediyeye büyük bir canlılık, işsizlik sorununa belli ölçüde bir çözüm ve parasal refah getirmektedir. Bir nükleer santralin inşaatı yaklaşık altı buçuk yıl sürmekte ve şantiyede sürekli olarak ortalama 2500 kişi çalışabilmektedir. Bunlar aileleriyle birlikte o yörenin ekonomisine ve sosyal hayatına da katkıda bulunacak olan yaklaşık 10.000 kişi demektir. Bu yer bir yoksunluk bölgesi bile olsa, nükleer santralin haiz olduğu önem o bölgeyi kısa sürede bu niteliğinden uzaklaştırmaktadır.

Nükleer santralin yüksek entellektüel nitelikli personeli *uygun* bir "*uyum sağlama plâni*" çerçevesinde yöreye entegre olmakta ve sorunlarına eğilmektedir. Bu, yöreye, ticâret ve cemiyet hayatı açısından bir canlılık getirmekte; okulların, marketlerin, hastahâne ya da tam donanımlı dispanserlerin, oyun ve rekreasyon alanlarının açılmasına sebep olmakta; santral ve civarının çevre düzenlemesine ve radyasyon açısından güvenli olduğunu kanıtlamak üzere, her nükleer santralin hemen yanında kurulan minik bir hayvanat bahçesinin ise yöre halkı için bir ilgi odağı olmasına yol açmaktadır. Ayrıca belediyeye ödenen vergiler ile, genel politika gereği, santralin ürettiği elektriğin yöre halkına ucuz bir bedel karşılığı verilmesi de yörenin çok kısa sürede olağanüstü kalkınmasına neden olmaktadır.

Fransa'da ve Almanya'da nükleer santrallerin hemen yanında sebze ve meyva bahçelerine ve hattâ bağlara rastlanmaktadır. Ayrıca o bölgelerde tarımın her türüne de eskiden olduğu gibi devam edilmektedir. Yetişen ürünlerden hiç biri sağlık açısından sakıncalı bulunmamıştır. Fransa'da bazı nükleer santrallerin soğutma suyunun sıcaklığından civardaki seraların ısıtılmasında yararlanılmaktadır. İspanya'nın Akdeniz kıyısındaki Vandellos nükleer santralinin hemen yanında halka açık bir plâj bulunmaktadır.

21. "Nükleer Atık Yönetimi"nin diğer ülkelerdeki problemleri nelerdir?

Nükleer atıkların çevreye zarar vermeden muhafaza edilmeleri demek olan "Nükleer Atık Yönetimi", ilkeleri ve kuralları artık iyice bilinen pozitif bir bilim durumuna gelmiştir. Nükleer teknolojinin az, orta ve yüksek radyasyon içeren atıklara

ne gibi fiziksel ve kimyasal işlemler uygulanacağı, radyasyon sızdırmaz kapsüllerin içine nasıl hapsedilmeleri, nerelerde ve hangi şartlarda depolanıp korunmaları gerektiği artık iyice bilinmekte ve uygulanmaktadır. Bunlara harfi harfine uyulduğu takdirde nükleer atıkların bir tehlikesi yoktur.

Nükleer atıkların, 41. soruda ayrıntılarına belli bir ölçüde inilerek verilmiş olan paketleme işleminden sonra 600 ilâ 1000 metre derinlikte su bulunmayan ve deprem riski olmalayan sağlam kayalık bölgelere gömülmesi öngörülmektedir. Hiçbir depremde bu derinlikteki kayaların Yeryüzü'ne çıktığı görülmemiştir. Bu derinlikte, varsa bile, suların hızları günde 25-40 cm civarında olup bunların yüzeye çıkabilmeleri için de 40-50 km katetmeleri gerekmektedir. Bu ise en az 4000 yıl demektir. Öte yandan yüksek düzeyde radyoaktif olan nükleer atıklar radyoaktifliklerinin yaklaşık %98 kadarını 200 yıl içinde kaybetmektedirler. Bu sebeplerden ötürü nükleer atıkları bu kabil depolara gömmenin insan sağlığı açısından herhangi bir riski yoktur. Şimdiye kadar yer altında gerçekleştirilen nükleer patlamaların insan sağlığına herhangi bir risk yüklemiş olduğu tesbit edilebilmiş değildir. Ayrıca her yıl kömür santrallerinden çıkan küllerin toplam binlerce ton uranyum ihtivâ etmelerine rağmen hiçbir önlem alınmadan yere serilmekte olduğunu da göz ardı etmemek ve nükleer atıklar için alınan tedbirleri iyi ve insafli bir biçimde değerlendirmek gerekir.

Bu konuda asıl tehlike, nükleer atıkların çevreye büyük zarar verdiği şamatasını kopararak kollektif bir paranoya ve histeriye sebep olmak isteyen çevreci görüşümlü **aşırı** nükleer-enerji-karşıtlarındadır.

#### IV. NÜKLEER ENERJİNİN RİSKİ

22. Bir olayın haiz olduğu "risk faktörü" (*tehlike oranı* ya da *tehlike olasılığı*) ne demektir?

İnsanların karşılaştıkları olayların ve sebep oldukları faaliyetlerinin tümünde insana zarar verebilecek bir tehlike olasılığı **her zaman vardır**. Meselâ A.B.D.nde yapılan bir istatistiğe göre 60 yaşın üstündeki bir amerikalının sokakta kalp sektesinden ölmesi olasılığı onbinde birdir (1/10.000). Buna karşılık, hangi yaşta olursa olsun, yüksek dağların uçurumlarına koşarak paraşütle atlayan sporcuların bir kazâyâ uğramaları riski 1/500 den büyüktür. **Risk** ya da **risk faktörü** de denilen bu tehlike olasılığının kaynağı çevrede gelişen doğal olaylar olabileceği gibi insan yapısı araç-gereçler de olabilir.

İnsanın günlük yaşamında riski sıfır olan hiç ama hiç bir olay, hiç ama hiç bir davranış yoktur. Meselâ : Güneş altında dolaşmanın riski güneş çarpmasıdır; memurun aşırı sinirli olmasının riski işten atılmasıdır; hızlı araba sürmenin riski trafik kazâlarına sebep olmaktır, bütün dünyanın gelişmiş ülkelerinin yararlandığı nükleer enerjiden yüz çevirmenin riski ülkenin refah içinde gelişmesinin önüne geçmektir.

Günlük hayatın olağan risklerinden kurtulmak isteyen bir kimse ne yaparsa yapsın, çok az bile olsa: 1) bulunduğu yerde bir deprem olması riskini, 2) kendisine bir gök taşının çarpması riskini, 3) mikrobik ya da virütik bir enfeksiyona mâruz kalma riskini, 4) uykuda kalp sektesinden ölüm riskini aslâ ortadan kaldıramaz.

### 23. Riski en aza indirmenin yolu-yordamı nedir? Risk nasıl ölçülür?

Bir olayın riski akla hemen geliveren önlemleri uygulamakla önlenemez. Meselâ , Ankara'dan Eskişehir'e otomobil ya da bisikletle gitmenin belirli ve farklı "trafik kazâsına uğrama riskleri" vardır. Bunlardan kaçınmak için otomobile ya da bisiklete binmeyip de bu yolu yaya gitmeğe karar vermek insanı bu risklerden kurtarmaz; aksine bu uzaklığı yaya yürümenin riski diğerlerinden çok çok daha fazladır.

Riskleri en aza indirmek için en akılcı ve mantıklı yöntem: 1) önce, tüm riskleri niceliksel (*kantitatif*) yâni objektif olarak ölçülebilir bir biçimde tesbit etmek, ve 2) sonra da, diğerlerine oranla, daha küçük olanlarını seçmektir.

Nicelendirilmiş riski dile getirmek üzere birçok *bilimsel yöntem* vardır. Bunlardan biri de *Ortalama Ömür Kaybı* (OÖK) yöntemidir. Bu, altına girilen risk yüzünden bir insanın ömrünün ortalama olarak ne kadar kısalabileceğini *istatistiksel olarak* tesbit eden bir yöntemdir. Meselâ Türkiye'de istatistikler 40 yaşındaki bir erkeğin, ortalama olarak, yaşayacağı daha 27 yılı olduğuna işâret etmektedir. Eğer bu 40 yaşındaki adam %1 gibi ölümcül bir riskin altına girerse, ömrü:

$$0,01 \times 27 = 0,27 \text{ yıl} = 0,27 \times 365 = 98,55 \text{ gün}$$

kadar kısalacak demektir.

***Bu yalnızca bir ölçüttür ve ille de bu adamın ömrü 98,55 gün daha kısa olacak demek değildir.*** Ama, meselâ , onun yaşındaki 10.000 kişi %1 lik bir ölümcül risk altına girerse bu takdirde bunlardan *ortalama olarak* 100 (= 0,01X10.000) kişinin ömürleri toplam 27 yıl kısalacak, geri kalan 9.900 kişi ise bundan etkilenmeyecek demektir. Dolayısıyla bu 10.000 kişi için *ortalama ömür kaybı* 98,55 gündür. İşte bu istatistiksel sonuç, söz konusu riskin doğurduğu OÖK'dır.

### 24. Çeşitli risklere bağlı olarak ortalama ömür kaybı (OÖK) hakkında bilgi verir misiniz?

Elimizde ne yazık ki Türk toplumuyla ilgili risk analizleri yok. Aşağıda Amerikan toplumuyla ilgili olarak yapılmış olan risk analizlerine dayanarak elde edilen OÖK rakkamlarını veriyoruz<sup>5</sup>:

<sup>5</sup> Bk. : Bernard L. Cohen, *Çok Geç Olmadan/Bir Bilim Adamının Gözüyle Nükleer Enerji*, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları No.10, Ankara 1995.

| <u>Risk</u>  | <u>Gün olarak</u>                     |
|--|---------------------------------------|
| <u>OÖK</u>   |                                       |
| Kadın değil de erkek olmanın riski                             | 2800                                  |
| Kalp hastalığının riski  | 2100                                  |
| Bekâr olmanın riski  | 2000                                  |
| Sigara içmenin riski   | 1600                                  |
| Kömür mâdeninde çalışmanın riski                               | 1100                                  |
| Kanser riski   | 980                                   |
| Ortaokuldan sonra eğitimi bırakmanın riski                     | 800                                   |
| Normalden 7,5 kg daha ağır olmanın riski                       | 450                                   |
| Motorlu taşıtlarda kazâya uğramanın riski                      | 200                                   |
| Zatürrie ya da gripe yakalanmanın riski                        | 130                                   |
| Alkol alışkanlığının riski                                     | 130                                   |
| Küçük araba kullanmanın riski                                  | 50                                    |
| Otoyollarda hız sınırının 10 mil (yaklaşık 15 km arttırılması) | 40                                    |
| Doğum kontrol hapı kullanmanın riski                           | 5                                     |
| Ömür boyunca günde bir adet diyet içeceği içmenin riski        | 2                                     |
| Tayfunların riski  | 1                                     |
| Uçak düşmesinin riski  | 1                                     |
| Yıldırım çarpması riski  | 0,8                                   |
| Bir barajın çökmesi riski                                      | 0,5                                   |
| Skylab uydusunun düşmesinin riski                              | 0,000.000.002.310 gün = 0,0002 saniye |

## 25. Nükleer santrallerin *riski* ne mertebededir?

Nükleer enerji üretimiyle ilgili risklere gelince, bunların gene Amerikan kaynaklarına ve özellikle de NRC'ye (*National Regulatory Commission*: A.B.D.nin nükleer santrallere lisans verme millî komitesine) göre saptanmış olan OÖK değerleri ise aşağıda verilmektedir<sup>6</sup>:

| <u>Risk</u>  | <u>Gün olarak</u> |
|--|-------------------|
| <u>OÖK</u>   |                   |
| *18-65 yaşları arasındaki kimselerin yüksek radyasyonlu işyerinde çalışmalarının riski                                 | 12                |
| *Ömür boyu bir nükleer santralin yakınında yaşamanın riski   | 0,4               |
| *A.B.D.nin tüm elektriği nükleer kökenli olsa bunun riski  | 0,03              |
| *Bir nükleer santralin bir yılda çıkardığı nükleer atığın riski  | 0,018             |
| *Nükleer santral kazâlarının yol açtığı risk   | 0,012             |
| *1979'da vuku bulan Three Mile Island nükleer santral kazâsının en yakın yerleşim biriminde oturanlar üzerindeki riski | 0,001             |

<sup>6</sup> A.g.e.



## 26. Elektrik üretim teknolojilerinin hesaplanmış OÖK değerleri ne kadardır?

A.B.D.nde yapılan istatistiksel çalışmalara dayanarak kömürlü elektrik üretim santrallerinin, bu ülke nüfusu üzerinden ortalama alındığında, sebep oldukları OÖK'nın 13 gün olduğu tesbit edilmiştir. Bu değer petrol yakan santraller için 4 gün, doğalgaz santralleri için 2,5 gün ve A.B.D.nde üretilen elektriğin *tümü* güneş santrallerinden elde edilecek olursa bunun sebep olacağı OÖK'nın da 0,4 gün olacağı hesaplanmıştır.

Özellikle nükleer enerji karşıtı çevrecilerin en güvenli enerji tüketim stratejisi olarak savundukları bir tez de eğer insanlık yeterince enerji tasarrufu yapsa nükleer enerjiye hiç ihtiyaç duyulmayacağı tezidir.

Oysa yalnızca Türkiye'nin durumunda bile bunun hiç de gerçekçi olmadığı kolaylıkla görülür. Türkiye'nin nüfusunun yılda %2 civârında seyreden büyük bir hızla artması yanında hızlı bir sanayileşme süreci içinde de bulunması her yıl elektrik enerjisine olan ihtiyacını yılda ortalama %10 dolaylarında arttırmaktadır. 1996 yılında ise bu rekor bir düzey olan %14,70 e erişmiştir. Ayrıca Türkiye konvansiyonel birincil enerji kaynaklarının yetersizliği bakımından da büyük ölçüde dışa-bağımlı bir ülkedir. Bu ülkede kişiler ne kadar enerji tasarrufu yaparlarsa yapsınlar, enerji açığını bu yolla kapatmanın mümkün olmadığı her sağduyulu kimsenin teslim edeceği bir gerçektir.

Öte yandan aşırı bir enerji tasarrufunun da bir takım sakıncaları vardır. Enerji tasarrufu yollarından bir de, meselâ , küçük araba kullanmaktır. Oysa 24. soruda, Amerikan toplumunda bunun 50 günlük bir OÖK'ya yol açtığını kaydetmiştik. Yakıt tasarrufu eğer bisiklet kullanımını ikiye katlarsa bu da 10 günlük bir OÖK'na neden olacaktır<sup>7</sup>. Bir başka enerji tasarrufu biçimi de binâların iyi izole edilmesidir. Bu ise binânın yapımında kullanılan kum, taş, çimento gibi malzemelerde eser miktarda bulunan radyoaktif radon gazının binânın içine hapsedilmesi demektir ki bu yolla binâ içinde biriken radyasyonun riski 24 günlük bir OÖK'ya neden olur.

## 27. Bütün bu Ortalama Ömür Kaybı değerlerinden hangi sonuç çıkmaktadır?

Bütün bu *Ortalama Ömür Kaybı* değerlerinin karşılaştırılmasından çıkan *bilimsel sonuç* şudur ki, üretimi ve üretim sonucu bütün etkileri de hesaba katıldığında, *nükleer enerji üretimi en düşük riske sâhip enerji üretim biçimidir*. Bu husus Avrupa Komisyonu'nun *Extern E* projesinin 1997 yılı sonuçlarında açıkça belirtilmiştir. *Extern E* projesi üzerinde uzun yıllardır çalışılmakta olan ve enerji üretim tesislerinin tüm dış etkilerini dikkate alan önemli bir ekip çalışmasıdır.

## V. ÇERNOBİL KAZÂSININ ETKİLERİ

## 28. Tarihin en büyük nükleer santral kazâları hangileridir ve çevreye ne gibi zararlar-

<sup>7</sup> A.g.e., s.113.

rı olmuştur?

Her nükleer santralde, diğer bütün elektrik üretim santrallerinde de olduğu gibi, rahatlıkla giderilebilen ârızalar ve kazâlar olabilir. Bunların kayıtları tutulur ve rutin bir işlem olarak Birleşmiş Milletler Örgütü'nün bir alt kuruluşu olan IAEA'ya (*International Atomic Energy Agency*: Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'na) bildirilir.

Ancak nükleer santrallerin diğer konvansiyonel santrallerden önemli bir farkı kapalı bir hacim içinde dışarı sızmasına izin verilmeyen bir radyasyon ortamını da kapsamalarıdır. Bununla beraber trajik bazı kazâ durumlarında bu radyasyonun çevreye yayılması da mümkün olmaktadır.

Nitekim şimdiye kadar çevreye (yâni nükleer santral binasının dışına) zararı dokunabilecek büyüklükte 3 nükleer santral kazâsı olmuştur. Bunlardan ilki 1957 yılında İskoçya'da vuku bulan, **GCR tipi** plutonyum üretimine dönük askerî bir reaktör olan *Windscale Nükleer Reaktörü* kazâsıdır. Bu kazâda reaktörün civarına bir mikdar radyasyon yayılmış, (süt, sebze, meyva, et gibi) gıda maddelerinin bazılarında radyasyon düzeyi **hayatî bir tehlike arzetyecek kadar** yükselmiştir. Ölümle ya da akut radyasyon hastalığıyla sonuçlanan hiç bir vaka kaydedilmemiştir. Kanser vakaları ile ilgili istatistiklerde de bu olaya bağlı herhangi bir artış tesbit edilmemiştir.

Kayda değer ikinci nükleer santral kazâsı 1979 yılında A.B.D.nde Chicago yakınlarında **PWR tipi** bir reaktör olan *Three Miles Island Nükleer Reaktörü* kazâsıdır. Bu reaktör 1960'ların sonuna doğru geliştirilmiş olan "Batı Anlamındaki Nükleer Güvenlik Doktrini"ne uygun olarak koruyucu bir kabuk içine yerleştirilmiş olduğundan, reaktörün kalbi ergimeye başlar başlamaz reaktör binâsı hemen boşaltılarak koruyucu kabuğun kapısı dışardan kapatılmış ve açığa çıkan muazzam radyasyon içeriye hapsedilmiştir. **Bu kazâda reaktörün koruyucu kabuğunun dışına ilk anda havalandırma tesisatından havaya karışmış olan radyasyondan başka radyasyon sızmamıştır.** Bu radyasyon ise 15 km çaplı bir daire içinde, bir insanın bir akciğer röntgeni çektirirken aldığı dozdan çok çok düşük bir doz olan, 0,08 mSv'lik bir doza sebep olmuştur. Sonuç olarak da kimse ölmemiş ya da akut radyasyon hastalığına yakalanmamıştır. Nükleer kazâ sınıflandırılmasında en büyük kazâdan bir önce gelen bu kalp erimesi kazâsının bu şekilde atlatılmış olması "Batı Anlamındaki Nükleer Güvenlik Doktrini"ne uygun olarak inşa edilmiş olan nükleer santrallerin son derece güvenli ve güvenilir olduklarının bir kanıtıdır.

Üçüncü ve tarihin en trajik nükleer santral kazâsı ise 26 Nisan 1986'da şimdi Ukrayna devletinin sınırları içinde bulunan *Çernobil Nükleer Santralinin LWGR tipi* bir reaktör olan 4. ünitesinde vuku bulan kazâdır. Ancak bu reaktör "Batı Anlamındaki Nükleer Güvenlik Doktrini"ne uygun olarak inşa edilmemiş olduğundan koruyucu bir kabuk içinde bulunmamaktaydı. Bunun sonucu olarak ergiyen reaktör kalbinden çıkan radyasyon meteorolojik şartların da etkisiyle yalnızca Ukrayna'yı değil, Türkiye de içinde olmak üzere, 15 Avrupa ülkesini etkisi altına almış, hepsin-

de de gerek mekânlarda gerekse gıdâlarda belirli oranlarda radyasyon kirliliğine ve halkta da büyük psikolojik tedirginliğe yol açmıştır. Bu kazâda, çıkan yangını söndürmeğe çalışan 29 itfaiyeci aldıkları ölümcül radyasyon dozu sebebiyle 2 hafta içinde, bir görevli kalp sektesinden ve bir diğeri de kopan bir makine parçasının başına çarpması sonucu anî ölümle ölmüşlerdir.

29. Çernobil kazâsının Avrupa'daki etkileri neler olmuştur?

**Fizyolojik açıdan**, Çernobil kazâsının, **santralin yakın çevresi dışındaki** yerlerde ve içinde Türkiye'nin de bulunduğu diğer Avrupa ülkelerinde: 1) belirgin, 2) kayda geçmiş, ve 3) bilimsel olarak gerçekten de bu kazâda salınan radyasyona bağlanabilecek **herhangi bir etkisi olmamıştır**.

**Psikolojik açıdan** ise her ülkede zaman zaman **kollektif paranoya** ve **kollektif histeri** sınırlarına varan tedirginlikler yaşanmıştır. Bu kazâ, her ülkede: 1) o zamanki yerel hükümetlere karşıt olan grupların, 2) özellikle, nükleer enerji karşıtı çevrecilerin, ve 3) özellikle de **sansasyon medyasının** hükümetleri ve görevlileri çok ucuza töhmet altında bırakmaları için bulunmaz bir fırsat ve bahâne olmuştur.

Oysaki Rusya dışındaki pekçok Avrupa ülkesinde gıdâlardaki radyasyon düzeyi artışı **Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi'nin** (ICRP'nin) ve hattâ (kendine özgü radyasyon dozu normları, ICRP'nin bilimsel olarak koymuş olduğu normların 1/10 u kadar olan) **Dünya Sağlık Örgütü'nün** ve **Uluslararası Çalışma Örgütü'nün** izin verdikleri sınırların çok altında kalmıştır.

Çernobil kazâsını izleyen yıllarda **yetkili** iki uluslararası örgüt , Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) ile Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü Nükleer Enerji Ajansı (OECD-NEA) yayınladıkları raporlarda<sup>8</sup> Çernobil kazâsının Rusya ve diğer Avrupa ülkelerindeki etkilerini şöyle dile getirmişlerdir:

\*Kazâda yalnızca **31 kişi ölmüş** ve kazâ sonrasında da akut radyasyon hastalığı dolayısıyla **137 kişi tedavi altına alınmıştır**.

\*1986-1996 arasında Çernobil ve civârında, özellikle I-131 in yoğun olarak bulaştığı yörelerde, özellikle kazâ anında **0-5 yaş grubunda bulunan çocuklarda ve bir miktar da yetişkinlerde tiroid kanseri artışı** gözlenmiştir.

\* Rusya'da da, etkilenmiş diğer ülkelerde de Çernobil kazâsına bağlanabilecek herhangi bir lösemi, sakat doğum ve düşük artışı tesbit edilmemiş olduğu gibi radyasyonun sebep olduğu ileri sürülen **diğer hastalıklarda da herhangi bir artış tesbit edilmemiştir**.

<sup>8</sup> 1) "The International Chernobyl Project/Technical Report", *Assessment of Radiological Consequences and Evaluation of Protective Measures*, Report by An International Advisory Committee, battal boy 640 sayfa, IAEA, Viyana 1991.

2) "Chernobyl: Ten Years On Radiological Impact", 112 sayfa, OECD-NEA, Paris 1996.

Bu raporlarla çelişkili olan ve medya aracılığıyla kamuoyuna duyurulan bütün kişisel bildirimler ve yazıların, bilimsi bir uslûpta görünseler bile, insanların yalnızca kişisel kuruntularını dile getirmiş olduğu anlaşılmaktadır.

30. Çernobil kazâsının Türkiye'deki fiziksel etkileri neler olmuştur?

Bu kazâda Türkiye'nin, Edirne ve civarı yoğun olmak üzere, Trakya ve Doğu Karadeniz Bölgeleri yaygın olarak etkilenmiştir. Bu etkilenmenin sayısal ve boyutsal büyüklükleri ile bunlara karşı alınmış olan önlemler: 1) Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nun konuyla ilgili olarak yayınlamış olduğu resmi raporlarında, ve özellikle de 2) T.B.M.M.'nin "...Çernobil Fâciasıyla İlgili Gerçeklerin ve Sorumlularının Ortaya Çıkarılması ve Alınması Gerekli Önlemlerin Tesbiti..." hakkında kurmuş olduğu "10/77,78,82,84 Esas Numaralı Meclis Araştırma Komisyonu"nun *Soruşturma Sayısı: 455* numaralı, 103 sayfalık raporunda bütün ayrıntılarıyla kayda geçmiştir.

**Ülkemizde radyasyona bağlanacak hiç bir ölüm vakası, bir hastalık ya da tıbbi bir semptom tesbit edilmemiştir.** Doğu Karadeniz Bölgesinde çocuklarda lösemide artış olduğu yolundaki iddialar T.B.M.M. Araştırma Komisyonu raporunda yer alan: 1) Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi'nin, 2) Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi'nin, 3) Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi'nin, 4) Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Onkoloji Ana Bilim Dalı'nın, 5) Trakya Üniversitesi'nin, ve 6) T.C. Sağlık Bakanlığının resmî raporlarıyla reddedilmiştir.

Kazâyı izleyen bir yıl içinde Türkiye'de kişi başına bu kazâ dolayısıyla fazladan alınmış olan ortalama doz yalnızca **0,6 mSv** iken bu doz Yunanistan ve Finlandiya'da 5,5 mSv dolaylarında, yâni Türkiye'ninkinin 9 (dokuz) misli fazladır. Türkiye, Rusya'nın dışındaki, etkilenmiş bütün ülkeler arasında sondan ikinci yâni 15. sırada yer almıştır.

31. Çernobil kazâsı bahâne edilerek Türkiye üzerinde ne gibi oyunlar oynanmağa kalkışılmıştır?

Bir bölüm dış ve iç çıkar odakları bu kazânın sonuçlarından yararlanmağa çalışmışlardır. En büyük oyun fındık ve çay üzerinde oynanmıştır. Avrupa çay pazarını elinde bulunduran ülkeler kendilerine rakip olabilecek olan Türk çayının Avrupa pazarındaki şansını sıfırlamak için yoğun bir kampanya açmışlardır. Ne yazık ki buna Türk Basını'nın bir bölümü de âlet edilmiştir. Halk yoğun propaganda sonucu Türk çayından yüz çevirmeğe zorlanmış ve piyasayı İngiliz çayları doldurmuştur. **Olan Türk ekonomisine olmuştur!**

Aynı iş fındık için de denenmiştir. Ancak fındığımız, Avrupa pazarına girmeğe çalışan çayımızın aksine, yıllardır bütün dünya pazarının vaz geçilmez bir malı olduğundan ve hükûmetin de kararlı tutumu sâyesinde bu oyunlar bozulabilmiştir.

Basının bir bölümü Türk halkının bu kazâyı karşı duyarlılaştırılmasından

sonra diğer bazı konularda da duyarlı kılınıp kılınamayacağını nedense araştırmak gereğini duymuş ve gazetelerin bir bölümünde: 1) şehir suyundaki klorun kansere yol açtığı, 2) Rusya'dan gelen bıldırcın ve yaban ördeklerinin radyasyonlu olduğu için yenilmemesi, 3) alüminyumdan üretilen mutfak eşyasının da kansere yol açtığı iddiaları yanında 4) bu kazânın sakat doğum vakalarını ve düşükleri arttırdığı, ve hattâ 5) radyasyonlu çay içen kadınların nesiller boyu sakat ya da kan kanserine yakalanmış çocuk doğuracağı iddiaları ortalığı kasıp kavurmuştur.

Halkın böyle bir psikoza sokulmasında ne yazık ki bazı üniversite öğretim üyelerinin de bilim-dışı sorumsuz beyânları göz ardı edilmeyecek bir rol oynamıştır. Sakat çocuk doğurmak korkusuna düşen birçok hâmile kadın, bu sorumsuz açıklamalardan sonra, gereksiz yere kürtaja başvurmuşlardır.

Basının bir bölümü ve politikada sol ideolojiyi benimsemiş olanlar nedense kendilerini hep nükleer enerji karşıtı gibi görmek istemişler ve bu kazâyı fırsat bileyerek Türkiye'nin aslâ nükleer enerjiden yararalanmaması gerektiği tezini işlemişlerdir.

### 32. Türkiye açısından "Çernobil Dosyası" resmen kapanmış mıdır?

Türkiye açısından Çernobil kazâsı ve etkileriyle ilgili dosya 30. sorunun cevabında sözü edilen T.B.M.M. Araştırma Komisyonu'nun bu konudaki raporunun Meclis'de kabul edilmesiyle **resmen kapanmıştır**. Bu rapor:

1) *...Türkiye'nin radyoaktif bulutun tesiri altında kaldığının öğrenildiği günden itibaren ölçümler ve kontamine bölgelerin tesbiti konusunda ilgili kurumun (yani TAEK'in) mevcûd yetiştirilmiş eleman gücü ve mevcûd teknik donanımı çerçevesinde gerekli organizasyonları yaparak derhal faaliyete geçilmiş olduğunu,*

2) *Silâhlı Kuvvetler, mülki amirlikler ve ilgili bakanlıklarla gerekli her türlü işbirliğinin sağlanmış olduğunu,*

3) *Çeşitli yörelerde: I) havada, II) toprakta, III) denizlerde, IV) her türlü gıdâ maddelerinde, V) ithâl ve ihraç gıdâ maddelerinde, VI) değişik endikatör maddelerde aktivite ölçümlerinin yapılmış olduğunu ve VII) halk için de bütün vücûd ölçümlerinin yapılmış olduğunu,*

4) *TAEK tarafından halkın radyasyondan korunmasına yönelik önerilen önlemlerin mülkî ve idarî âmirlikler kanalıyla aldırılmış, halkın uyarılmış ve tehlikeler ve alacakları önlemlerin duyurulmuş olduğunu,*

5) *Meclis Komisyonunun yapmış olduğu tüm incelemeler ve değerlendirmeler sonunda, ölçülen aktiviteler ve Türk insanının genel gıdâ alışkanlıkları göz önüne alınarak iç ve dış radyasyonlarla toplum ferdinin mâruz kaldığı hesaplanan radyasyon dozu değerinin genellikle Avrupa ülkeleri insanların aldığı dozlardan daha düşük olduğunun tesbit edilmiş ve ayrıca sağlık otoritelerince bu dozlar ne-*

*deniyle kanser vakalarında ve genetik hastalıklarda herhangi bir artış olduğuna dair bir bulguya rastlanmadığının ifâde edilmiş olduğunu, ve dolayısıyla ilgili kurum (yâni TAEK) tarafından yapılan doz hesaplarının sonuçlarının üniversitelerimizin ve Sağlık Bakanlığının bilimsel kurul raporlarında belirtilen hususlarla da doğrulanmış olduğunu,*

*6) Üniversitelerin tıp fakültelerinin ve Sağlık Bakanlığınca oluşturulan Bilim Kurulunun 1993 yılı başında hazırladıkları raporların incelenmesi sonucunda T.B.M.M. Araştırma Komisyonunca **Türkiye genelinde ve kritik bölgelerde nedeni Çernobil kazâsına bağlanabilecek bir kanser vakası artışının bilimsel olarak mümkün görülmediği kaanatine varılmış olduğunu,***

*7) T.B.M.M. Araştırma Komisyonununun fâcianın başından itibaren yapılmış olan bütün uygulamalarda ilgili kurumun (yâni TAEK'in) halkın sağlığını korumak amacını hedef aldığı ve uluslararası kriterlere, ulusal mevzuata uygun olarak, olanakları çerçevesinde gerekli olan hizmeti vermiş olduğu kanaatine varılmış olduğunu,*

tesbit ederek kayda geçirmiş, ve

*8) Yazılı basının halkı panik ve endişeye sürükleyecek bilimsel desteği olmayan haberler yapılmamasını önleyici önlemler alınmasının gerekliliğini*

de vurgulamıştır.

33. Nükleer enerjiden elektrik üretimi bütün Dünya'da bu kadar yaygınken kimler, hangi sebeplerle gelişmekte olan ve hatta gelişmiş ülkeleri bile nükleer enerjinin yararlarından vaz geçirmeğe uğraşmaktadır?

Nükleer kökenli elektrik üretimi Dünya'daki tüm elektrik üretiminin %17 ini oluşturmaktadır. Elektrik üretiminin geriye kalan %83 ünün çoğunluğu ise petrol, kömür ve doğal gaz santrallerinden elde edilmektedir. Nükleer elektriğin oranının artması demek: daha az petrol, daha az kömür ve daha az doğalgaz tüketimi; yâni bu birincil enerji kaynaklarının daha az satışı demektir. ***Bu ise Dünya Petrol ve Kömür Kartelleri'nin kârlarına büyük bir engel oluşturmaktadır.*** İşte bu sebeplerden ötürü Dünya'daki nükleer enerji karşıtı bütün hareketlerin ve propagandaların bu karteller tarafından desteklendiğine dair yaygın ve inandırıcı ağırbaşlı yayın ve bildirimler vardır.

## VI. TÜRKİYE'NİN NÜKLEER ENERJİYE GEÇMESİ NEDEN ZORUNLUDUR?

34. Türkiye'nin elektrik enerjisi üretiminin bugünkü ve yakın gelecekteki potansiyeli nedir?

Türkiye'nin elektrik enerjisi üretiminin geleceği: 1) Enerji ve Tabii Kaynak-

lar Bakanlığı, Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), Türkiye Elektrik Üretim-İletim A.Ş. (TEAŞ), Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.(TEDAŞ), Devlet Su İşleri (DSİ), Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) gibi bu işle doğrudan doğruya ilgili devlet kuruluşları, 2) İstanbul Teknik Üniversitesi Nükleer Enerji Enstitüsü, Hacettepe Üniversitesi Nükleer Mühendislik Bölümü ve benzeri üniversiter kuruluşlar, 3) Elektrik Mühendisi Odası (EMO), Müstakil Sanayici ve İş Adamları Derneği (MÜSİAD ) gibi sivil toplum örgütleri, ve 4) konuya ilgi duyan bağımsız bilim adamlarımız tarafından sürekli izlenmekte, plânlanmakta ve alternatif strateji önerileri hazırlanmaktadır.

Bu konudaki en son ciddi çalışma Türkiye'de elektrik üretiminden sorumlu devlet kuruluşu olan Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş.nin (*TEAŞ'ın*) Araştırma Plânlama ve Koordinasyon Daire Başkanlığı Üretim Plânlama ve Koordinasyon Müdürlüğü'nün "*Orta ve Uzun Dönem Elektrik Enerjisi Üretim Plânlama Çalışması 1997-2020*" başlığını taşıyan Aralık 1997 târîhli raporudur.

Gelişmiş ülkeler için daha uyumlu sonuçlar veren MAED modeline göre hazırlanan bu rapor Türkiye'nin elektrik enerjisi ihtiyacı için oldukça iyimser bir manzara çizmekte, ve 1999 yılında yaklaşık 24.000 MW olan kurulu elektrik üretim kapasitemizin 2020 yılında 109.218 MW'a ulaşmasını öngörmektedir. Fakat böyle bir sonuca ulaşmak için elektrik enerjisine duyulan ihtiyacın yıllık artış oranının %10'lardan aşağıya çekilerek:

2006 yılına kadar ortalama % 8,5  
2013 yılına kadar ortalama % 7,5, ve  
2020 yılına kadar ortalama % 6,5

civârında olması gereklidir. Bu sonuca ulaşabilmek ise ancak, Devletin: 1) ülkenin yıllık nüfus artışı oranını ortalama % 1,5 dan daha düşük tutacak zecrî tedbirleri almasıyla (*söz konusu raporda bu konuya hiç temas edilmemiştir*), ve 2) ülkenin sanayileşme sürecine de sert bir fren yapmasıyla mümkündür.

Oysa Türkiye'de elektrik enerjisine duyulan ihtiyacın yıllık artış oranı Kalkınma Plânları döneminde hep %8 ilâ %12 arasında seyretmiştir. Bu oran, istisnâ olarak, 1996 yılında % 14,74 olarak gerçekleşmiştir. Eğer bu oran, nüfus artışına ve sanayileşme sürecine nasıl yapılacağı bilinmeyen frenler yapılmaz da, 2020 yılına kadar % 10 civârında seyredecek olursa bu takdirde 2020 de kurulu elektrik üretim gücümüzün 109.218 MW değil 190.000 MW civârında olması gerekir.

Söz konusu raporda elektrik üretim talebinin ancak, 2020 yılına kadar toplam 10.000 MWe kurulu güce sâhip nükleer santrallerin devreye girmesiyle dengeli bir şekilde karşılanabileceğine de işâret edilmektedir.

Bu plân ve stratejiler Türkiye'nin birincil enerji kaynaklarının mümkün olan en büyük hassasiyetle bilinmesini gerekli kılmaktadır. Bugün kullandığımız birincil enerji kaynakları: 1) kömür, 2) petrol ve türevleri, 3) doğal gaz, ve 4) hidrolik po-

tansiyelimizden oluşmaktadır.

TEAŞ'ın söz konusu rapora göre, 2020 yılında toplam 109.218 MWe olması beklenen kurulu gücün üretim tarzlarına göre dağılımının ve oransal katkılarının şöyle olması beklenmektedir:

|              |                        |                 |
|--------------|------------------------|-----------------|
| ◆ 34.256 MWe | Doğalgaz               | %32             |
| ◆ 29.984 MWe | Hidrolik               | %28             |
| ◆ 17.906 MWe | Linyit ve Taşkömürü    | %16             |
| ◆ 10.000 MWe | Nükleer                | %9              |
| ◆ 9.000 MWe  | İthal Kömür            | %8              |
| ◆ 8.025 MWe  | Fuel-oil ve Motorin    | %7              |
| ◆ 47 MWe     | Jeotermal ve diğerleri | (%1 den küçük). |

### 35. Nükleer enerjiden yararlandığı takdirde Türkiye'nin stratejisi ne olmalıdır?

TEAŞ'ın yukarıda sözü edilen raporunun ortaya koyduğu durum karşısında, gerçekçi olmak gerekirse, nükleer enerjinin ülkenin elektrik enerjisi üretiminde gitgide payının büyümesini beklemek realist bir tutum olacaktır. Buna göre Türkiye enerji üretim stratejisinin diğer umdeleri yanında şunları da göz önünde tutmak zorundadır:

1. Türkiye nükleer teknolojinin en azından bir bölümüne hâkim olmalı ve mâkul bir zaman dilimi içinde, kendi reaktörlerinin önemli bir bölümünü kendisi yapabilecek düzeye mutlaka ulaşmalıdır.
2. Nükleer teknolojinin seçimi ve stratejisi şu ya da bu kurumun kıstaslarına bırakılmayacak kadar hayatî bir konudur. Bu itibarla bunlar "**Bilim Ve Teknoloji Yüksek Kurulu**"nda karara bağlanmalı ve Hükûmetler bunların uygulanmasında kararlı ve sürekli bir siyâsî irâde sergilemelidir.
3. Devlet, daha ilk nükleer santral birimlerinin inşaatı sırasında bile, özel teşebbüsün ufak çapta da olsa nükleer teknolojiye katkısı olan bir yan sanâyi kurmasını teşvik etmelidir.
4. Nükleer santral teknolojisinin transferi ve geliştirilmesi konusunda özel sermayenin muharrik gücünden yararlanmak şarttır. Mâkul bir süre sonra, tıpkı termik santrallerin özel sermaye tarafından kurulup işletilmesi imkânının tanınmasında olduğu gibi, Devletin özel sermayeye, (yetkili yasal kurumların denetiminde ve lisans alma şartına bağlı olarak) nükleer santral kurup işletme yetkisini vermelidir.
5. Türkiye toryum rezervi bakımından Dünyâ'nın 2. ülkesidir. **Bu olağanüstü büyük imkânın hebâ edilmeden değerlendirilmesi ülkenin geleceği için hayatî bir meseledir.** Toryumlu reaktörlerin teknolojisine mutlaka hâkim olma-



mız gerekmektedir. Bu bakımdan Devlet bu yönde kesin ve kararlı bir siyâsî irâde ortaya koymalıdır.

6. Sâdece uranyum, toryum, zirkonyum, niyobyum, kadmiyum, hafniyum vb.. gibi nükleer teknolojide stratejik öneme sâhip cevherlerin ülke genelinde ve yalnızca satıhta değil derinliğine de aranıp bulunması için Hükûmetler gerekli önlemleri almalıdırlar.
7. Teknoloji transferine hâkim olması, teknoloji yenileştirme ve geliştirmesi yapması, stratejik nükleer maddeleri bulup çıkartması, nükleer tesislere lisans vermesi, üniversiteler ve gerek yurt içinde gerekse yurt dışındaki diğer araştırma kurumlarıyla sıkı bir işbirliğini gerçekleştirebilmesi için TAEK'e gerçekten de otonom bir kurum statüsü verecek olan yasal düzenleme âcilen yapılmalıdır.
8. TEAŞ ve TAEK üniversitelerimizdekilerden olduğu kadar bu konuyla yakından ilgilenmiş ve ilgilenmekte olan bağımsız uzmanlardan da yoğun bir biçimde yararlanmalıdırlar.

36. Türkiye'nin uranyum ve toryum rezervleri araştırılmış mıdır? Varsa hangi düzeylerde dir?

Türkiye'de uranyum ve toryum rezervleri çoğu kez, başka mâden rezervlerinin araştırılması esnâsında rastlantı sonucu ve yüzeysel olarak tesbit edilebilmiştir. Buna göre 10.000 ton civarında uranyum ve 380.000 ton civarında da toryum rezervimiz bulunmaktadır. Türkiye bu toryum rezerviyle, 500.000 tonluk Dünya'nın en büyük toryum rezervine sâhip olan Hindistan'ın ardından Dünya'da ikinci sırada bulunmaktadır. Ancak bu rezerv tesbitinin tesadüfî ve yüzeysel olması olgusu, bunlar sistematik bir biçimde ve derinliğine araştırıldığı takdirde, gerçek rezervlerimizin bu miktarların çok çok üstünde olabileceği işâretini vermektedir.

37. Türkiye'nin bir "*Ulusal Nükleer Enerji Politikası Ve Stratejisi*" var mıdır?

Türkiye Atom Enerjisi Komisyonu'nun nükleer enerjinin Türkiye'deki uygulamaları hakkında *ulusal nükleer enerji politikasının ana hatlarını kapsayan bir rapor* hazırlamış ve bunu 1983 yılında zamanın Başbakanına sunmuş olduğu anlaşılmaktadır.

Bu raporda: 1) Türkiye'nin kısa vadede nükleer enerjiden yararlanmasının bir gereklilik olduğunun vurgulanmakta; 2) nükleer teknolojiye geçmenin bir heves değil akılcı ve ülke yararına bir politika ve strateji izlemekle verimli olabileceği, 3) dışa bağımlılığın en düşük düzeye indirilmesi için: A) ülkenin uranyum ve toryum kaynaklarını doğrudan doğruya kullanacak, B) kolaylıkla ele geçirilip uygulanabilecek ve hattâ kendi olanaklarımızla daha da geliştirilebilecek esnek ve kolay bir nükleer reaktör teknolojisinin seçilmiş olmasının *olmazsa olmaz gerekliliği* üzerinde durulmaktadır.

Buna göre, Türkiye'nin 1983 yılındanberi bir "Ulusal Nükleer Enerji Politikası ve Stratejisi"nin mevcûd olduğu anlaşılmaktadır. Ancak bu rapor çerçevesinde: 1) Hükûmet, 2) Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 3) TAEK ve 4) TEAŞ arasında bir koodinasyonun bulunmadığı gözlenmektedir.

## VII. NÜKLEER TEKNOLOJİ VE TÜRKİYE

38. Türkiye'nin nükleer santral yapımı hakkında gerekli yasal düzenlemeleri var mıdır?

Türkiye'nin nükleer santral yapımı için gerekli olan yasal düzenlemeleri vardır. Buna göre TAEK: 1) nükleer santrallerin kurulacağı sitelerin uluslararası kriterlere uygunluğunu denetleme ve karar verme, 2) bir ihâlede önerilen nükleer santrallerin Türkiye için lisanslanabilir olup olmadıklarına karar verme; ve 3) bunların inşaatları sırasında çeşitli evrelerinin inşaatına başlama iznini verme, 4) bunların uluslararası kriterlere uymaması durumunda bu izinleri iptâl etme, 5) nükleer yakıtın yüklenmesine izin verme, 6) reaktörün kritiklik deneylerine başlanmasına izin verme, 7) reaktörün gücünün yükseltilmesine izin verme, 8) nükleer santralin tüm güçte ve rutin çalışmasına izin verme yetkilerine sâhip olan tek ve resmî kuruluştur. Bunlarla ilgili tüzük ve yönetmelikler Resmî Gazete'de yayınlanmış bulunmaktadır.

39. Türkiye'de nükleer santraller kurulduğunda bunlar güvenli ve güvenilir olacaklar mıdır?

Türkiye'de kurulacak olan bütün nükleer santraller, *tıpkı Batı'daki benzerleri gibi*, ilke olarak:

1) İhâle Şartnâmesi'ne göre gösterilecek olan *gerçek* referans santralleri: A) en az beş yıldır kazâ geçirmeden fiziksel olarak mevcûd olarak çalışan, dolayısıyla B) güvenliği ve güvenilirliği denenmiş, ve C) kendi ülkelerinde de lisans almış nükleer santraller olacaktır.

2) "*Batı Anlamındaki Nükleer Güvenlik Doktrini*"ne uygun olarak kurulacaklardır. Bu ilkedен sapan nükleer santrallerin TAEK'den izin alması mümkün değildir.

3) ICRP, IAEA, WHO ve ILO'nun öngördükleri radyasyon dozu normlarına uygun olarak inşâ edileceklerdir.

4) İnşaatları sırasında santralin bütün parçalarına *Kalite Kontrolü ve Kalite Temini* bakımından en katı endüstri normları uygulanacaktır.

5) Bütün ek binâ ve tesisleriyle birlikte IAEA'nın denetimine bağlı olacaktır.

40. "Nükleer Silahların Yayılmasını Önleme Antlaşması" ve uluslararası nükleer kon-

trol nedir? Türkiye kurduğu nükleer santraller aracılığıyla atom bombası imâl edebilir mi?

"Nükleer Silâhların Yayılmasını Önleme Antlaşması" (ya da kısa olarak NPT: *Non Proliferation Treaty of Nuclear Arms*) 12 Haziran 1968 târihinde kabûl edilerek Birleşmiş Milletlerde imzaya açılmış ve 5 Mart 1970'de de yürürlüğe girmiş olan bir taahhütnamedir. Bunu imzalayıp da kendi Ulusal Meclisinde ratifiye eden her ülke: 1) hem kendi ülkesine ve hem de bütün diğer ülkelere karşı nükleer silah üretmeyeceğini, 2) nükleer silah üretmek isteyen ülkelere de yardımda bulunmayacağını, ayrıca 3) kendi bütün nükleer tesis ve lâboratuvarlarını da Birleşmiş Milletler Örgütü'nün bir alt kuruluşu olan IAEA'nın denetimine açacağına söz vermiş olmaktadır.

Türkiye 17 Nisan 1980'de bu antlaşmayı imzalamış olmakla nükleer silâh üretmeyeceğini ve üretmek isteyen ülkelere de bu kapsamda yardım etmeyeceğine resmen söz vermiştir. Bu bakımdan Türkiye'nin kuracağı bütün nükleer santraller IAEA'nın uluslararası denetimine açık olacaktır.

Şimdiye kadar NPT'yi 187 ülke imzalamış bulunmaktadır. Buna imza atmamış olan ülkelere bazıları ise: Hindistan, Pakistan ve İsrail'dir.

41. Türkiye'nin kuracağı nükleer santralden çıkacak olan kullanılmış nükleer yakıt atıkları ülke için bir sorun olacak mıdır?

Nükleer santralden çıkan nükleer yakıt atıklarının, güvenli bir biçimde korunmaları için, uygulanması gereken fiziksel ve kimyasal prosesleri tesbit eden yöntemler artık bugün tüm Dünya'da geçerliliğini kanıtlamış olan güvenilir bir teknoloji oluşturmaktadır. Bu teknolojinin gereklerine harfi harfine uyulduğunda hiç bir ülke için **gerçek** bir nükleer atık sorunu olamaz.

Nükleer yakıt atıkları çok değerli bir nükleer madde olan plütonyum içerdikleri için bunun geriye kazanılması belki yerinde bir önlem olurdu ama Dünya'da bu prosesi gerçekleştirebilecek pek az tesis vardır. Üstelik saf plütonyum nükleer bombanın temel maddesi olabildiğinden, geriye kazanılsa bile, bu plütonyum olarak iade edilmez. Bundan dolayı pekçok ülke nükleer atıklarını içinde birikmiş olan plütonyumu geriye kazanmayı düşünmeksizin güvenli ve güvenilir bir biçimde koruma altına alır.

Akkuyu Nükleer Santral İhâlesi'nde İhâle Şartnâmesi nükleer santralden ortaya çıkacak olan nükleer yakıt atıklarının santralin ömrü olan 40 yıl boyunca **güvenli** bir biçimde muhafazası ve soğutulması için su dolu büyük bir havuzun bulunmasını öngörmektedir. Ömrünü dolduran santralin terki ya da sökülmesi durumunda bunlar da aynı biçimde konuma altında tutulacaklar ya da buradan başka bir yere taşınarak belirli bir takım kimyasal ve fiziksel muamelelere tutularak güvenli ortamlarda saklanacaklardır.

Bu ikinci evrede uygulanacak olan teknolojinin temelinde yüksek radyasyonlu ya da kendine özgü deyimıyla *sıcak* nükleer atıkları camlaştırmak yatmaktadır. Bunun sebebi de camın suda çözünmesi hemen hemen olanaksız bir madde olmasıdır. Bu itibarla nükleer atıklar, önce standart boyutlarda, vitrifiye edilerek camdan bir ortam içine hapsedilir. Bu ortam ise paslanmaz çelikten bir kabın içinde hapsedilir. Bu kap da, ayrıca, suyun aşındırmasına aşırı dayanıklı özel bir malzemenin yapılmış bir ikinci kabın içine konulur ve iki kap arasındaki boşluk da eğer suyla temas edecek olursa ıslanmış suyu birinci kaba iletmemek için kendiliğinden şişecek olan özel bir dolgu maddesiyle doldurulur. Bütün bunlar delinmeye karşı dirençli bir kovan içine yerleştirilerek kovanla arasındaki boşluk da aşınmaya karşı olağanüstü dayanıklı bir malzemeyle doldurulur. Bu kovan ise yeraltı su örtülerinden uzak bir kaya oluşumu içine açılan kuyulara yerleştirilerek kaya ile kovan arası gene suya dirençli bir dolgu maddesiyle doldurularak üstü örtülür.

42. Türkiye'nin daha önce 1960'ların sonunda, 1970'lerin ve 1980'lerin ortalarında nükleer enerjiden yararlanmak üzere, sonuçsuz kalan, ciddi girişimleri olmuştur. Bu girişimlerdeki temel politika neydi? Bu girişimler neden sonuç vermedi?

Türkiye altmışlı yılların sonunda uluslararası bir konsorsiyuma ülkenin nükleer enerjiye geçmesinin koşullarını incelettirmiş ve ilk nükleer santralının ne boyutta olması gerektiğini ve hangi tip nükleer santralin ülkenin ulusal çıkarlarına uygun olacağını analiz ettirmişti.

Bundan sonra yetmişli ve seksenli yılların ortalarında iki kez nükleer santral ihâlesine girilmiş olmasına rağmen bu girişimlerin sonuna kadar gidilememiştir. ***Bunun iç ve dış birçok sebebi vardır.*** Ancak, görünürle yetinmek gerekirse, genel kanı odur ki: "Bu girişimlerin sonuçsuz kalmasına, Türkiye'nin nükleer enerjiye geçmesi konusunda o zamanki hükümetlerin (şimdiki *siyasal kararlılıkları* yerine) yalnızca bir heves sâhibi olmaları ve bu hevesin de sağlam bir politika ve stratejiye dayanmaması sebep olmuştur".

43. İlk nükleer santralimizin kurulacağı yerin seçimi nerede ve hangi kriterlere göre yapılmıştır?

İlk nükleer santralimiz Silifke yakınında Akkuyu mevkiinde kurulacaktır. Bu amaçla deniz kıyısında 8,9 km<sup>2</sup> lik bir alan kaplamakta olan *Akkuyu Nükleer Santral Siti* yaklaşık 25 yıldır uluslararası kriterleri göre hazırlanmaktadır.

Nükleer santrallerin yerlerinin seçimi çok katı birkaç norma uymak zorundadır. Bunlardan biri zelzele fayı hatlarına uzaklık, bir diğeri ise soğutma suyu kaynağına yakınlıktır. Nitekim bu yerin ve civârının sismik aktivitesi sâbit bir sismik kayıt cihazları ağı aracılığıyla yıllarca ölçülerek tesbit edilmiş ve Anadolu'nun fay hatlarından en az 150 kilometre uzak olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca Akkuyu'nun bulunduğu Konya, Karaman ve Orta Toroslari kapsayan bölge Anadolu'nun sismik bakımdan en az faal bölgesidir. Burada Richter ölçeğine göre 6,5 (altı buçuk)'dan daha yüksek şiddette bir deprem ve bütün Türkiye genelinde de Richter ölçeğine göre 7,9 (yedi onda dokuz)'dan daha yüksek şiddette bir deprem görülmemiştir. Akkuyu'ya

kurulacak olan nükleer santral 8 (sekiz) şiddetindeki bir depreme dayanıklı olacak biçimde inşa edilecektir.

Ayrıca Akkuyu nükleer sitinin zeminin sağlamlığını tesbit etmek üzere bu arazide çeşitli yerlerden 3000 metreye kadar inilerek alınan karotaj örnekleri zeminin sağlam olduğunu göstermişlerdir. Sitenin flora ve faunası (bitki örtüsü ve orada yaşayan hayvanları ile böcekleri) ile meteorolojik şartları da yıllar boyu incelenerek tesbit edilmiştir. Ayrıca denizin tuzluluk derecesinin değişimleri ile kıyıdaki ve uzaktaki akıntıların parametreleri de incelenerek tesbit edilmiştir. Site bir liman ve gemilerin yanaşabileceği bir de iskele yapılmıştır.

Sonuçlar Akkuyu Nükleer Santral Siti'nin ideal bir sit olduğunu göstermektedir.

44. Türkiye'nin elektrik dağıtım ağının (*enterkonnekte şebeke*'nin) durumu nasıldır? İlk nükleer santralin bu dağıtım ağına sorunsuz olarak bağlanabilmesinin zorunlu şartları nelerdir?

Türkiye'nin elektrik dağıtım ağında (*enterkonnekte şebekesi*'nde) şebeke kayıpları yer yer %12 ilâ %15 e ulaşmaktadır. Fakat bu kayıplar kentlerdeki dağıtım şebekesinde daha da büyük oranlara erişmektedir. Yetkililerin ifâdelerine göre kentlerin dağıtım şebekelerinin iyileştirilip güncelleştirilmesi için 5 milyar dolarlık bir yatırıma ve 5-10 yıl gibi de bir zamana ihtiyaç vardır.

TEAŞ'ın, başdanışmanı Prof. Francesco Iliceto'nun başkanlığında Roma Üniversitesine yaptırdığı çok kapsamlı ve büyük hacimli bir inceleme raporu enterkonnekte şebekemizin zaafalarını ortaya koymuş; bu zaafaların giderilmesi yönlerine de ışık tutmuştur.

Bu rapor, özellikle, şebekenin bugünkü fiziksel yapısının Akkuyu'da enterkonnekte şebekeye bağlanacak olan nükleer santralin gücüne bir sınır koymak-ta olduğunu ortaya çıkarmış olması bakımından çok ilginçtir. Bu rapor, yapılan kapsamlı incelemelerin ışığında, enterkonnekte şebekenin, Akkuyu'da: 1) her biri en çok 1000 MWe gücünde 2 üniteyi kaldırabileceğini, ve 2) böyle bir önlemin de iletim yatırımlarını büyük ölçüde azaltacağını ortaya koymuştur. Şebeke, ufak tefek sayılabilecek bazı pertürbasyonlara tahammül edilirse, belki 2X1100 MWe'lik bir nükleer santrali de kaldırabilecektir. Ama bundan daha büyük bir güce sahip, meselâ 2X1350 MWe ya da 2X1450 MWe gibi iki üniteli bir santralin devreye girip de tam güçte çalıştırılması durumunda, şebekede faz kaymaları ve dengesizlikler artacak ve hattâ bütün sistem oturabilecektir (yâni uzun süre devre dışı kalabilecektir).

45. Türkiye'nin yetişmiş eleman ve bilgi birikimi ilk nükleer santralin kurulması ve işletilmesi için yeterli midir?

TAEK'in ilk şekliyle kurulduğu 1956 yılındanberi nükleer mühendis ya da nükleer uzman yetiştiren yurt dışındaki ve yurt içindeki eğitim kuruluşlarında ve

bunlara ek olarak da konuyla ilgili nükleer araştırma merkezleri ve laboratuvarlarda iş başında eğitim ilkesine göre, kaba bir değerlendirmeye, nükleer enerji uygulamalarının çeşitli dallarında 1200 den fazla eleman yetişmiş bulunmaktadır. Bunların 1/3 kadarı hâlen TAEK bünyesinde ve çeşitli üniversitelerde bulunmaktadır. Geri kalanı ise hükümetlerin nükleer enerjiye karşı ilgisiz kalmaları dolayısıyla ya yurt dışına göçmüş ya da yurt içinde başka iş ve mesleklere kaymış bulunmaktadır.

Bununla beraber Türkiye'nin yetişmiş eleman ve bilgi birikimi bakımından bugünkü durumu, 15 yıl kadar önce bizden çok daha az yetişmiş elemana sâhip olmakla birlikte hükümetlerinin kararlılığı sonucu **plânlı ve ulusal çıkarlarını koruyucu bir stratejiyle** nükleer enerjiye geçmiş olan, Güney Kore ile Romanya'ya kıyasla çok daha avantajlı görünmektedir.

Ayrıca zâten nükleer santral ihalesini kazanan yapımcı da, İhâle Şartnâmesi'ne göre, 200 kadar reaktör operatörünü önce Akkuyu'da kuracağı reaktör simülâtöründe ve sonra da benzer reaktörlerde bilfiil yetiştirmeyi taahhüt edecektir. Bu eğitimin de yaklaşık 4-5 yıl sürmesi beklenmektedir. Santral işletmeye açıldığında ise firmanın 24 uzman nezâretçisi 2 yıl boyunca bu operatörlere nezâret edeceklerdir.

46. Akkuyu Nükleer Santrali için açılan ihâlede verilmiş olan teklifleri değerlendirmenin temel ilkeleri nedir?

Akkuyu Nükleer Santrali İhâle Şartnâmesi'nde Cild: 1, Madde: 19, "Akkuyu Nükleer Santral İhâlesi" için verilmiş olan tekliflerin **nasıl değerlendirileceklerini** çok açık bir biçimde belirlemiştir. Buna göre, **öncelikle**:

- Cild: 1, Madde: 6 ve 25'de belirtilmiş olan **kredi şartlarının yerine getirilmiş olmasına**, ve
- Cild: 1, Madde: 4'de belirtilmiş olan **Teklif Sâhipleri'nin yeterlilik şartlarının yerine getirilip getirilmediğine**

bakılacaktır. Bu **olmazsa olmaz** ve de **eleyici** şartların gerçekleşmiş olmaları hâlinde ise şu **beş (5) temel kriter** göz önüne alınacaktır:

- ❖ **Güvenlik Kriteri**
- ❖ **Lisanslama Kriteri**
- ❖ **Güvenilirlik Kriteri**
- ❖ **Yeni Teknoloji Kriteri**
- ❖ **Güç Kriteri.**

Bu temel kriterlerden "**Lisanslama Kriteri**" ile "**Güvenilirlik Kriteri**"nin ne denli önemli oldukları bunların Madde: 19'daki açıklamalarında çok net bir biçimde ortaya konulmuştur.

Söz konusu maddenin devâmında ise yukarıdaki hususların sağlanmış olması hâlinde **değerlendirme**'nin, öncelikle:

- 1) *İhâle Şartnâmesi'ne uygunluk; idarî, ticarî ve teknik sapmalar*
- 2) *Fiyatlar, finansman ve kredi şartları*
- 3) *Türkiye'den temin edilecek teçhizat, malzeme ve hizmetlerin miktarı*
- 4) *İş programı*
- 5) *Yakıt temininde güvence*
- 6) *İşletme masrafları*
- 7) *İşletme nezâreti imkânları*
- 8) *Teknoloji transferi imkânları*
- 9) *Kalite temini ve kontrolü hizmetleri*
- 10) *Eğitim imkânları*

hususları dikkate alınarak yapılacağı ifâde edilmektedir.

Gene Cild: 1, Madde: 19'a göre, bu *değerlendirme* sonucu yapılması gereken *sıralama* ise "aynı bir değere indirgenmiş üretim mâliyetleri"ne göre yapılmakla birlikte yukarıda sıralanmış bulunan diğer hususlarda önemli aykırılıklar ve farklar varsa bunlar da nihaî kararda dikkate alınacaklardır.

Görüldüğü gibi nihaî seçim yalnızca "birim üretim mâliyeti" faktörüne dayanmamaktadır. İhâle Şartnâmesi, nihaî seçimde başka faktörlerin de göz önüne alınacağı *çok kriterli seçim* yöntemlerinin kullanılmasını âmirdir.

47. Teklif veren nükleer santral yapımcılarının ciddiyeti ve güvenilirliği nasıl anlaşılır?

Nükleer santral doğal olarak bir takım rizikolar içermektedir. Amaç bunların en düşük düzeyde kalmalarıdır. Bu bakımdan nükleer santral yapımcısının *ciddiyetinin ve güvenilirliğinin* kanıtlarının ortaya konulması gerekir. Akkuyu Nükleer Santral İhâle Şartnâmesi'nin I. cildinin 19. maddesi:

- **Güvenilirlik Kriteri** : *Teklif edilen Nükleer Santralin işletme güvenilirliğinin üstün olması aranacak olan en önemli şartlardan biridir. Bu nedenle, "Referans Santrali"nın tatmin edici bir yük sayısı ile en az son 5 (beş) yıllık iyi bir işletme tecrübesi olduğu gösterilmelidir. Şayet Referans Santrali yeni işletmeye alınmış bir santral ise dizaynında esasa ait farklılığı olmayan ve teklif sâhibi tarafından yapılmış ve son 5 (beş) yıllık işletmede olan bir başka işletmedeki nükleer santralin işletme performans ve karakteristikleri verilebilir"*

şeklinde. Şartnâme, ayrıca, söz konusu referans santrali hakkında eksiksiz bilginin de teklifle birlikte verilmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu madde Referans Santrali kavramının önemini yansıtmaktadır. Nitekim TEAŞ kendisine pahalıya patlayacak, güvenilirliği ve performansları şüpheli bir nükleer santralin ya da *bütün belirsizlikleri Türkiye'nin sırtından denenecek yeni*

**bir prototip tasarımının** tuzağından kendisini korumak için teklif edilen santrale dayanak olacak olan 1) **benzer kapasitede**, ve 2) **aynı tasarım özelliklerine sâhip** ve en az 5 yıllık bir işletim tecrübesi geçirmiş, yâni durmuş-oturmuş-denenmiş-güvenliği ve güvenilirliği müsellemler bir santrali bu niteliklerinden ve özellikle de güvenilirliği açısından kıstaş olarak seçmiş ve ihâle çerçevesi içinde teklif edilen tasarımın güvenilirliğini de bu tasarımın Referans Santrali'nden sapmalarının minimum olmasına bağlamıştır.

Teklifler, Referans Santrali'ne nazaran, ne kadar çok sapma içeriyorsa bu, teklif edilen santralin o kadar az güvenilir bir santral olduğunun ve, bu santral seçildiği takdirde de: 1) firma ile pazarlık safhasının o kadar uzun süreceğinin, ve 2) TEAŞ'ın, âkibeti o kadar meçhul bir mâceraya atılacağına da bir ölçüsüdür.

Farz-ı muhâl, tekliflerden biri: 1) referans santrali olarak KONVOI tipi bir santrali gösterse de teklifi EPR tipi olsa, 2) teklif edilenin gücü referans santralinin gücünden, diyelim ki, 200-220 MWe kadar daha da büyük olsa, ve de 3) teklif edilen santral ile referans santrali arasındaki sapmaların tesbitinin önüne geçmek üzere, Şartnâme'ye aykırı olarak, referans santrali hakkında hiçbir bilgi verilmemiş olsa bu teklifin ciddiyetinden ve güvenilirliğinden söz edilebilir mi?

TAEK eski başkanlarından (*merhûm*) Prof.Dr.h.c. Nejat Aybers 1983 yılında teklif edilmiş olan KWU reaktörünün, **fiyatının daha ucuz gösterilebilmesini temin etmek üzere**: 1) Alman Lisans otoritesi tarafından lisanslanmış olan **Referans Santrali**'nden, çoğu da reaktörün güvenliğini ve güvenilirliğini ilgilendiren 51 noktada sapma gösterdiğini, ve 2) çok daha az güvenli ve de güvenilebilir olduğunu teklif ile Referans Santralini bire bir mukâyese etmek sûretiyle tesbit etmişti. Sonunda IAEA'nın hakemliği altında Viyana'da yapılan müzâkereler sonunda Almanlar Prof. Aybers'in tesbit ettiği 51 noktadan 43'ünde sapmış olduklarını kabûl etmek mecbûriyetinde kalmışlardı.

Şimdi, Akkuyu Nükleer Santrali ihâlesinde teklif verenlerden birisi teklifinin, gösterdiği referans santralinden yüzlerce noktada sapması olduğunun anlaşılmasında için referans santrali hakkında hiçbir bilgi vermemiş olsa ve kezâ teklifini ucuz göstermek için de diyelim ki 800 milyon dolar kadar tutan ve reaktörün güvenli ve güvenilir işleme için olmazsa olmaz nitelikte olan bazı aksâmı opsiyonlarmış gibi göstermeğe kalkışmış olsa bu teklifin ciddiyetinden ve güvenilirliğinden söz edilebilir mi?

Kezâ bir nükleer santral yapımcısının ciddiyetine ve güvenilirliğine gölge düşüren konulardan birkaçı olarak:

- İhâle Şartnâmesi'ne göre Eximbank kredileriyle te'yt edilmiş eksiksiz bir kredi paketi sunması gerekirken ve bu hususun yerine getirilmemiş olması ihâleden ihracı gerektirirken, bir firmanın "*Nasıl bürokratları uyutur, onlarla anlaşırım*" diyerek Eximbank kredisinin %90 kadarının eksik olduğu bir kredi paketi sunmasını,



- Teklifinde verdiği bilgilerle Kapak mektubunda verdiği bilgilerin birbirleriyle uyumlu olmamasını,
- Teklif ettiği santralin çıkış gücünü garanti etmemesini,
- "Anahtar teslimi" bir ihâlede farz-ı muhâl "*Ben santralin nükleer yakıtına karışmam; siz gidin nükleer yakıtı başka bir firmayla halledin!*" demesini,
- Şartnâme'ye aykırı olarak kesin bir fiyat vermeyip "*Sözleşme fiyatının detayları daha sonra tartışılacaktır*" beyânında bulunmasını

da zikredebiliriz.

48. Nükleer santral ihâle edildikten sonra Türkiye'nin karşılaşılabileceği sorunlar neler olacaktır?

Nükleer santralin ihâlesinden sonra karşılaşılabilecek sorunların başında, bugünkü durumu ıslah edilmezse, TEAŞ Nükleer Santraller Dairesi'nin bu işi yürütmedeki yetenezsizliği gelecektir. Bu Daire, *yeterli sayıda deneyimli ve bilhassa yetkili nükleer mühendislerle takviye edilmezse*, bu işin altından kalkamayacaktır.

İkinci büyük sorun da nükleer santralin inşaatının iç politika malzemesi yapılmasıdır. Türkiye'nin nükleer enerjinin sulhçu uygulamalarından yararlanmasına engel olmak isteyen yurt içinden ve yurt dışından pekçok grubun gösterileri ve karşıt propagandalarına hazır olmak gerekir. Ancak kararlı bir politika ve, özellikle de, Akkuyu civarındaki halkın iyi bilgilendirilmesi ve nükleer santralin bunlara sağlayacağı avantajlar hakkında bilinçlendirilmesiyle bunların üstesinden gelinebilir.

49. Türkiye bundan sonraki nükleer santral ihâlelerine nasıl hazırlanmalıdır?

Nükleer enerji: 1) bu işin aslını-esasını, dibini-kökünü bilmeyen, 2) bunu herhangi bir başka rutin teknolojik uygulama gibi gören, 3) Türkiye'nin ulusal çıkarlarını ve geleceğini düşünmeden, 4) altından kalkamayacağı bir teknolojiyi sırf fiyat ucuzluğu için seçip ülkenin başına belâ edebilecek *kimselerin heveslerine ve bürokratik tasarruflarına terk edilemeyecek kadar: 1)hayatî önemi olan, ve de 2) tehlikelerle dolu bir alandır.*

Bundan sonraki nükleer santral ihâleleri mutlaka: 1) Hükûmet'in *ulusal bir politika ve strateji çerçevesi içinde* tesbit edeceği *bir plâna göre*, ve 2) *Hükûmet'in mutlak denetiminde* gerçekleştirilmelidir.

50. Son 15 yılda nükleer enerji teknolojisine hâkim olmada büyük başarı göstermiş olan Güney Kore'nin durumunu Türkiye'ninkiyile karşılaştırır ve bu ülkenin başarısının nelere dayandığını açıklar mısınız?

Seksenli yılların başında Türkiye ile Güney Kore, nükleer uygulamalar açısından, aynı düzeyde bulunmaktaydılar. Fakat Güney Kore nükleer enerjiden yararlanmak konusunda *ülkenin yararına* ulusal bir politika ve strateji tesbit etmiş ve gelip-geçen hükûmetler de, ne olursa olsun, buna uymayı bir *erdem* bilmiştir. Bu poli-

tik kararlılık bugün Güney Kore'yi: 1) *nükleer enerji kökenli elektrik üretiminde*, 2) *nükleer santral teknolojilerine hâkimiyette*, ve 3) *bu alanda yaratıcılıkta* Türkiye'nin fersah fersah önünde bir konuma taşınmış bulunmaktadır. Güney Kore örneği bir ulusun: A) politik kararlılığını hiç şaşmadan kullanmasını bilmesi, ve B) bilim adamlarına güven duyması sayesinde 15 yıl gibi kısa bir zaman diliminde ne denli bir teknolojik atılım gerçekleştirmesinin mümkün olduğuna dair izlenmesi gereken iyi bir örnektir.

Güney Kore'de hâlen ikisi Westinghouse, bir diğeri AECL tarafından tasarılanmış fakat *sekizi de bizzat Güney Korelilerin inşa etmiş oldukları* tam 11 nükleer santral çalışmaktadır. Bunların toplam gücü 9.616 MWe'dir. Bu nükleer santrallerin önemli bir bölümünün jeneratörleri de artık Güney Kore'de Hanjung firması tarafından üretilmektedir.

Toplam 6.100 MWe gücünde ve tasarımının tümü Güney Kore'ye ait olan inşa hâlindeki 7 nükleer santral de 1997-2002 yılları arasında devreye girecektir. Ayrıca, tasarımı gene Güney Koreli nükleer mühendisler tarafından yapılmakta olan, toplam 11.200 MWe gücünde 10 nükleer santral daha etüt aşamasındadır.

Güney Kore henüz kendi yapısı olan bir nükleer santral ihraç etmiş değildir ama özellikle Çin Halk Cumhuriyeti'nin: 1) Atom Enerji kurumu ile Elektrik Üretim Bakanlığı'na hem danışmanlık yapmakta, 2) Guangdong nükleer santrali için işletme ve bakım konularında teknik ve danışmanlık hizmetleri vermekte, 3) Qinshan Candu Projesi ihâlesine danışmanlık etmekte, 4) Shandong Haiyang nükleer santralinin inşaatı için ön etütlerini yapmakta, ve 5) Güney Kore'nin santrallerin elektrojeneratör ve diğer parçalarını üreten Hanjung firması da Qinshan Candu Projesi için bu kabil ekipmanları temin etmeyi taahhüt etmiş bulunmaktadır.

Bütün bunlar, 15 yıllık bir zaman aralığına sığan ve ibretle izlenip incelenmesi gereken çok büyük başarılardır. Politik kararlılığın desteklediği uzun vâdeli bir nükleer enerji politika ve stratejisinin nasıl başarılı olabileceği hususunda bu örnekten bizim durumumuzdaki ülkelerin alması gereken büyük dersler vardır.

\* \* \*

(1 Haziran 2000)

## 1999'da İşletilen ve İnşâ Edilmekte Olan Nükleer Reaktörler

| Ülke Adı           | İşletimdeki Reaktörler |               | İnşâ Hâlindeki Reaktörler |              | 1999'da Üretilen Elektrik Enerjisi |             | 31.12.1999'a Kadar Toplam İşletme Süresi |          |
|--------------------|------------------------|---------------|---------------------------|--------------|------------------------------------|-------------|--|----------|
|                    | Birim Sayısı           | Toplam MW(e)  | Birim Sayısı              | Toplm MW(e)  | TW(e).h                            | Üretim % si | Yıl                                      | Ay       |
| A.B.D.             | 104                    | 97145         |                           |              | 727.7                              | 19.8        | 2455                                     | 8        |
| Almanya            | 19                     | 21122         |                           |              | 160.4                              | 31.21       | 590                                      | 7        |
| Arjantin           | 2                      | 935           | 1                         | 692          | 6.59                               | 9.04        | 42                                       | 7        |
| Belçika            | 7                      | 5712          |                           |              | 46.6                               | 57.74       | 163                                      | 7        |
| Brezilya           | 1                      | 626           | 1                         | 1229         | 3.98                               | 1.12        | 17                                       | 9        |
| Bulgaristan        | 6                      | 3538          |                           |              | 14.53                              | 47.12       | 107                                      | 2        |
| Çek Cumhuriyeti    | 4                      | 1648          | 2                         | 1824         | 13.36                              | 20.77       | 54                                       | 8        |
| Çin                | 3                      | 2167          | 7                         | 5420         | 14.1                               | 1.15        | 20                                       | 5        |
| Ermenistan         | 1                      | 376           |                           |              | 2.08                               | 36.36       | 32                                       | 3        |
| Finlandiya         | 4                      | 2656          |                           |              | 22.07                              | 33.05       | 83                                       | 4        |
| Fransa             | 59                     | 63103         |                           |              | 375                                | 75          | 1110                                     | 2        |
| Güney Afrika       | 2                      | 1842          |                           |              | 13.47                              | 7.08        | 30                                       | 3        |
| Güney Kore         | 16                     | 12990         | 4                         | 3820         | 97.82                              | 42.84       | 153                                      | 1        |
| Hindistan          | 11                     | 1897          | 3                         | 606          | 11.45                              | 2.65        | 169                                      | 2        |
| Hollanda           | 1                      | 449           |                           |              | 3.4                                | 4.02        | 55                                       | 0        |
| İngiltere          | 35                     | 12968         |                           |              | 91.19                              | 28.87       | 1203                                     | 4        |
| İran               |                        |               | 2                         | 2111         |                                    |             |  |          |
| İspanya            | 9                      | 7470          |                           |              | 56.47                              | 30.99       | 183                                      | 2        |
| İsveç              | 11                     | 9432          |                           |              | 70.1                               | 46.8        | 267                                      | 2        |
| İsviçre            | 5                      | 3079          |                           |              | 23.52                              | 36.03       | 123                                      | 10       |
| Japonya            | 53                     | 43691         | 4                         | 4515         | 306.9                              | 36          | 909                                      | 8        |
| Kanada             | 14                     | 9998          |                           |              | 70.4                               | 12.44       | 419                                      | 2        |
| Litvanya           | 2                      | 2370          |                           |              | 9.86                               | 73.11       | 28                                       | 6        |
| Macaristan         | 4                      | 1729          |                           |              | 14.1                               | 38.3        | 58                                       | 2        |
| Meksika            | 2                      | 1308          |                           |              | 10                                 | 5.21        | 15                                       | 11       |
| Pâkistan           | 1                      | 125           | 1                         | 300          | 0.07                               | 0.12        | 28                                       | 6        |
| Romanya            | 1                      | 650           | 1                         | 650          | 4.81                               | 10.69       | 3  | 6        |
| Rusya              | 29                     | 19843         | 3                         | 2825         | 110.91                             | 14.41       | 642                                      | 6        |
| Slovak Cumhuriyeti | 6                      | 2408          | 2                         | 776          | 13.12                              | 47.02       | 79                                       | 0        |
| Slovenya           | 1                      | 632           |                           |              | 4.48                               | 37.18       | 18                                       | 3        |
| Tayvan             | 6                      | 4999          | 2                         | 2560         | 36.9                               | 25.32       | 139                                      | 4        |
| Ukrayna            | 14                     | 12155         | 4                         | 3800         | 67.35                              | 43.77       | 238                                      | 1        |
| <b>TOPLAM</b>      | <b>433</b>             | <b>349063</b> | <b>37</b>                 | <b>31128</b> | <b>2401.16</b>                     |             | <b>9384</b>                              | <b>7</b> |