



## NÜKLEER SANTRALLER VE ÜLKEMİZDE KURULACAK NÜKLEER SANTRALE İLİŞKİN BİLGİLER

Nükleer Enerji Proje Uygulama Dairesi Başkanlığı | Yayın No:1

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa No.
<b>İçindekiler</b>	<b>2</b>
<b>Kısaltmalar</b>	<b>4</b>
<b>Giriş</b>	<b>5</b>
<b>Soru 1. Nükleer Santraller Enerji Üretiminde Neden Tercih Edilmektedir?</b>	<b>9</b>
<b>Soru 2. Dünyada ve Ülkemizde Kaynaklarına Göre Elektrik Üretim Oranları Nasıldır?</b>	<b>14</b>
<b>Soru 3. Dünyada Nükleer Enerjinin Kullanım Durumu Nedir?</b>	<b>16</b>
<b>Soru 4. Ülkelerin Fukushima Daiichi Kazası Sonrası Nükleer Politikaları Nelerdir?</b>	<b>22</b>
<b>Soru 5. Nükleer Santrallerin Sera Gazı Salımına Etkisi Nedir?</b>	<b>26</b>
<b>Soru 6. Türkiye'nin Temel Enerji Politikası Nedir?</b>	<b>27</b>
<b>Soru 7. Ülkemizde Nükleer Güç Santrali Kurulması Gerekli midir?</b>	<b>29</b>
<b>Soru 8. NGS'lerin Doğalgaz İthalatına Etkisi Nasıl Olacaktır?</b>	<b>33</b>
<b>Soru 9. Akkuyu NGS Sahasında Depremsellik Riski Var mıdır?</b>	<b>33</b>
<b>Soru 10. Akdeniz'de Oluşabilecek Bir Tsunamiden NGS Etkilenir mi?</b>	<b>35</b>
<b>Soru 11. Nükleer Santrallerin Radyasyon Etkisi Nedir?</b>	<b>36</b>
<b>Soru 12. Nükleer Santraller Çevreyi Nasıl Etkilemektedir ? (Fransa Loire Nehri Örneği)</b>	<b>38</b>
<b>Soru 13. Nükleer Santral, Turizmi ve Tarımı Olumsuz Etkiler mi?</b>	<b>40</b>
<b>Soru 14. Nükleer Güç Santrallerinden Çıkan Kullanılmış Yakıt Miktarı Ne Kadardır?</b>	<b>42</b>

<b>Soru 15.</b> Akkuyu NGS Projesi İçin Neden Rusya Federasyonu?	<b>43</b>
<b>Soru 16.</b> Akkuyu NGS Projesi ile Rusya'ya Bağımlılığımız Artar mı?	<b>44</b>
<b>Soru 17.</b> Akkuyu NGS ile Türkiye'ye Teknoloji Transferi Olacak mıdır? İstihdama Katkısı Nedir?	<b>45</b>
<b>Soru 18.</b> Nükleer Santrallerin İşleyişi Nasıldır?	<b>46</b>
<b>Soru 19.</b> Rus Teknolojisi Ne Kadar Güvenilir?	<b>50</b>
<b>Soru 20.</b> VVER-1200 Tipi Nükleer Güç Santrali (NGS), Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) Düzenlemelerine Uygun mudur?	<b>54</b>
<b>Ekler</b> Rus Tipi Nükleer Güç Santrallerinden Fotoğraflar	<b>56</b>
<b>Kaynakça</b>	<b>60</b>

# KISALTMALAR

<b>AB</b>	Avrupa Birliği
<b>ABD</b>	Amerika Birleşik Devletleri
<b>ÇED</b>	Çevre Etki Değerlendirmesi
<b>EPDK</b>	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
<b>IAEA</b>	Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (UAEA)
<b>IEA</b>	Uluslararası Enerji Ajansı (UEA)
<b>İDÇS</b>	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
<b>NGS</b>	Nükleer Güç Santrali
<b>NEI</b>	Nükleer Enerji Enstitüsü (NEE)
<b>ODTÜ</b>	Ortadoğu Teknik Üniversitesi
<b>Rosatom</b>	Rusya Atom Enerjisi Kurumu
<b>RF</b>	Rusya Federasyonu
<b>TPAO</b>	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
<b>TAEK</b>	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu

# GİRİŞ

20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren, güvenilir kaynaklardan enerjiyi sağlama arayışı enerji dünyasının en önemli gündemi haline gelmiştir. Özellikle 1970'li yılların başında ortaya çıkan petrol dar boğazı, bu arayışları hızlandırmış ve güvenilir enerji kaynağı olarak nükleer enerjinin ön plana çıkmasını sağlamıştır. Bunun sonucu olarak 1980'li yılların ikinci yarısına kadar yüksek kapasiteli birçok nükleer reaktör kurulmuş ve işletmeye alınmıştır. 1980'li yılların sonuna doğru ise nükleer enerjiye olan talep artışı azalma eğilimine geçmiş ve 1990'lı yıllar boyunca durağan hale gelmiştir.

Bunun nedeninin, Three Mile Island (1979, ABD) ve Çernobil (1986, Sovyetler Birliği) nükleer kazalarının olduğu söylene de, asıl etken dünya ekonomisindeki yavaşlama ve doğalgazın enerji pazarına girmesidir. İçinde bulunduğumuz 21. yüzyılda, sürdürülebilir kalkınma anlayışı içinde iklim değişikliklerini göz önüne alan enerji üretim planları önem kazanmıştır. Bu çerçevede, nükleer enerjinin yanında yenilenebilir enerji kaynakları gündeme gelmiş ve bu kaynaklardan verimli enerji üretimi çalışmalarına başlanmıştır. Ancak, dış koşullara bağımlı olmaları (iklim koşullarına bağlı olarak her zaman yeterince güneş, rüzgar ve su kaynaklarının bulunmaması) nedeniyle günümüzde halen yenilenebilir enerji kaynaklarından yeteri kadar verimli enerji üretimi sağlanamamaktadır. Bu noktada nükleer enerji, 7 gün 24 saat enerji üreten sürekli bir kaynak olarak önemini korumaktadır.

Enerjiyi ucuz, kaliteli ve sürdürülebilir olarak elde eden ülkeler, küresel ticaret ve kalkınma yarışında ön sıralarda yer almaktadır. Bu nedenle, ortalama yıllık enerji talep artışı % 7-8 civarında olan ve dünyada elektrik talep artışında 1,4 milyara yakın nüfusu olan Çin'den sonra 75 milyon nüfuslu bir ülke olarak ikinci sırada yer alan ülkemizin mutlak surette nükleer enerjiyi, enerji arz portföyüne katması gerekmektedir.

Enerji talebimizi karşılamak için ÷lkemizin ortaya koyduğu temel enerji stratejisi, dışa bağımlılığı azaltmak olup ÷lkemizin izlediği enerji politikalarıyla;

- Kaynak ÷lke ve güzergâh çeşitliliklerinin sağlanması,
- Enerji verimliliğinin artırılması,
- Enerji yoğunluğunun azaltılması,
- Yerli kaynakların tamamının kullanılması,
- 2023 yılında elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının en az %30'a çıkarılması hedeflenmektedir.

Nükleer enerji, ÷lkemiz için enerji arz güvenliğimizin sağlanması, enerji ithal bağımlılığımızın ve cari açığın azaltılması bakımından büyük önem taşımaktadır. Fransa'nın petrol (%99) ve doğal gaz (%97) ithal oranları ÷lkemizdeki gibi yüksek olmasına rağmen, Fransa'nın enerji ithal bağımlılık oranı % 50 iken, ÷lkemizde bu oran %72 civarındadır. Bunun temel sebebi, Fransa'da elektrik üretiminde nükleer enerjinin payının % 75 olmasıdır.

÷lkemizin 2023'te kurulu gücünün 110.000-130.000 MW arasında olması, elektrik tüketiminin 500 milyar kWh olması öngörülmektedir. Elektrik ihtiyacımızın karşılanmasında kullanılan doğalgaz ve sıvı yakıtların neredeyse tamamının, kömür yakıtların ise yaklaşık % 30'unun ithal olduğu açıktır. Diğer yandan, hidroelektrik potansiyelimize ek olarak rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle gibi yenilenebilir enerji potansiyelimizin tamamı kullanılsa bile 2023 yılına kadar ulaşacağımız 500 milyar kWh enerji tüketimimizin ancak yarısına yakını karşılanabilmektedir.

Elektrik tüketim talebinin karşılanmasının yanı sıra, Türkiye'nin 2023 yılına kadar, 500 milyar dolar ihracat gerçekleştirmesi, kişi başına 25.000 dolar milli gelire sahip olması ve 2 trilyon dolar milli gelir ile dünyanın ilk 10 ekonomisi arasında yer alabilmesi için sürekli enerji

üreten nükleer güç santrallerini inşa etmesi bir seçenek değil, zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır.

Akkuyu'da kurulacak nükleer güç santralının enerji arz güvenliğinin sağlanması ve kaynak çeşitliliğinin artırılması bakımından önemi ortadadır. Bu çerçevede, Akkuyu ve Sinop'ta kurulacak Nükleer Santraller dikkate alındığında, yılda yaklaşık 80 milyar kWh elektrik üretilmesi öngörülmektedir. Bu miktarda bir elektriği doğalgaz santralinden elde etmek için yaklaşık 16 milyar metreküp doğalgaz ithaline karşılık yıllık 7,2 milyar ABD Doları (yaklaşık 13 milyar TL) ödenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, 3 senede sadece doğalgaz ithaline ödenecek para ile Mersin-Akkuyu'da 4 ünite nükleer santral kurulabilmektedir.

Nükleer güç santrallerini, sadece elektrik üretim tesisleri olarak değerlendirmemek gerekir. Yaklaşık 550 bin parçadan oluşan nükleer santral projesi, diğer sektörlerle de sağlayacağı dinamizmle ve istihdam imkanıyla birlikte ülkemiz sanayisine önemli derecede katma değer sunacaktır.

Ülkemizin yarım asırlık nükleer güç santrali kurma ideali, T.C. Hükümeti ile Rusya Federasyonu Arasında Akkuyu Sahasında Bir Nükleer Güç Santralının Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliğine İlişkin Anlaşma'nın 12 Mayıs 2010 tarihinde imzalanmasıyla gerçekleşmeye başlamıştır. Söz konusu Anlaşma, 15 Temmuz 2010 tarihinde TBMM Genel Kurulu tarafından kabul edilmiş, 6 Ekim 2010 tarihli ve 27721 sayılı Resmi Gazetede yayımlanmıştır. Adı geçen Anlaşmanın gerçekleştirilmesi kapsamında Proje Şirketi, 13 Aralık 2010 tarihinde Ankara'da Akkuyu NGS Elektrik Üretim A.Ş. adı ile kurulmuştur.

Ülkemizde kurulacak Akkuyu nükleer güç santralının inşasında, maksimum düzeyde Türk mühendislerimizin istihdamı, yerli ekipman kullanılması, başta Mersin ve Antalya illerimiz olmak üzere ülke sanayimize dinamizm kazandıracaktır.

Bu çerçevede, yetiştirilmek üzere ilk Türk nükleer mühendis ekibimizin Rusya'ya gönderilmiş olması, nükleer teknolojinin ülkemize kazandırılması bakımından önemlidir.

Toplamda 300 olmak üzere bu sene gönderilen 50 Türk öğrencimiz, Rusya'daki santrallerde staj dahil yaklaşık 9,5 yıla yakın bir eğitimin ardından, Akkuyu Nükleer Santral Projesinde mühendislikten yöneticilik kademesine kadar farklı alanlarda istihdam edilecektir.

Akkuyu Nükleer Santral Projesinin uygulanması sürecinde, genel olarak nükleer enerji ve özel olarak da ülkemizde nükleer santral kurulmasıyla ilgili tartışmalarla birlikte yanlış bilgilendirmeler de artmıştır. Bu nedenle hazırlanan bu çalışmada, ülkemizin neden nükleer santrallere ihtiyaç duyduğu, yenilenebilir enerji kaynaklarımızın enerji ihtiyacımızı karşılamaya yetip yetmeyeceği, nükleer santrallerin çevreye, tarıma ve turizme etkileri, Akkuyu sahası ve depremsellik çalışmaları ile Rusya'nın nükleer santraller konusunda dünyadaki tecrübesi, dünyada nükleer enerjinin elektrik üretiminde kullanımı gibi konularda temel bilgiler özetlenmiştir.



# SORU VE CEVAPLAR

## Soru 1. Nükleer Santraller Enerji Üretiminde Neden Tercih Edilmektedir?

Dünya elektrik ihtiyacının 2007 ile 2035 yılları arasında yıllık ortalama %1,4 toplamda %49 artacağı öngörülmektedir<sup>1</sup>. Ülkemizde ise 2009-2018 yılları arasında yüksek talep olduğunda %4,5-7,5 düşük talep olduğunda ise %4,5-6,7 oranında yıllık elektrik talep artışı olacağı tahmin edilmektedir<sup>2</sup>. Bu artışa karşın, TPAO'nun verilerine<sup>3</sup> göre, dünya elektrik üretiminin %26,7'sini<sup>4</sup> (2008 yılı), ülkemizin ise %47,2'sini<sup>5</sup> (2010 yılı) karşılayan petrol ve doğalgazdan petrol rezervleri 2050 yılında, doğalgaz rezervleri ise 2070 yılında tükeneyeceği tahmin edilmektedir.

**Tablo 1. Ülkemizin elektrik üretim talebi<sup>6,7</sup>**

Yıllar	Yüksek Talep	Düşük Talep
2010	%4,5	%4,5
2011	%6,5	%5,5
2012	%7,5	%6,7
2013	%7,5	%6,7
2014	%7,5	%6,7
2015	%7,5	%6,7
2016	%7,4	%6,6
2017	%7,4	%6,6
2018	%7,4	%6,6

<sup>1</sup> International Energy Outlook 2010, Energy Information Administration

<sup>2</sup> Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2010

<sup>3</sup> Hampetrol ve Doğalgaz Sektör Raporu 2010, TPAO

<sup>4</sup> International Energy Agency, 2010

<sup>5</sup> Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2010

<sup>6</sup> Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2010

<sup>7</sup> Talep artışı tahminleri Türkiye elektrik sistemi için geçerli olup, brüt talep üzerinden hesaplanmıştır. İletim ve dağıtım hatlarındaki kayıp ve kaçaklar ile santrallerin iç ihtiyaçları dahildir.

Bu durumda, gelecekte enerji arz güvenliğinin sağlanması için yeni kaynaklara ihtiyaç duyulacaktır.

Bu kaynakların her an kullanıma hazır bulunmasının yanı sıra ucuz, çevre dostu ve güvenilir (sürekli) olması da gerekmektedir. Bütün bu özellikleri taşıyan nükleer enerji, sürdürülebilir enerji stratejilerinde büyük öneme sahiptir<sup>8</sup>.

Dünya genelinde ve ülkemizde nükleer enerjinin, elektrik üretiminde tercih edilmesindeki diğer nedenler aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır:

- Nükleer santraller, yenilenebilir enerji kaynaklı santraller gibi dış koşullara (iklim koşullarına), kömür santralleri gibi yakıtın kalitesine, petrol ve doğalgaz santralleri gibi rezerv miktarına bağlı olmadığı için elektrik üretiminde süreklilik arz eder.
- Nükleer enerji üretim zinciri, tümüyle ele alındığında sera gazı salımı konusunda en temiz seçenektir. Fosil yakıtların yanmasıyla açığa çıkan karbon monoksit, karbondioksit, sülfür dioksit ve azot dioksit gibi sera gazı oluşumuna sebep olan zararlı gazlar, nükleer santraller çalışırken atmosfere salınmaz. Bu nedenle nükleer enerjinin iklim değişikliğine sebep olan atmosferdeki sera gazı konsantrasyonunun azaltılmasında büyük rolü vardır. Günümüzde nükleer santraller, elektrik sektöründen kaynaklanan sera gazı salımında yıllık olarak yaklaşık %17 azalmaya sebep olmaktadır.

Bu santrallerin yerine fosil yakıtlı santrallerden elektrik elde edilmiş olsa her yıl 1,2 milyar ton karbon atmosfere verilecekti<sup>9</sup>.

Ayrıca, elektrik üretiminin nükleer santrallerden sağlanmasıyla yılda 2,3 milyar ton karbondioksit (Yaklaşık 444 milyon

---

<sup>8</sup> Peterson, S., "Nuclear Energy A Global Imperative For The 21th Century", Vital Speech of the Day (Nuclear Energy Institute Delivered to World Energy Congress)

<sup>9</sup> <http://www.taek.gov.tr/component/content/article/194-nukleer-enerji-ve-nukleer-reaktorler/322-nukleer-enerji-cevre-dostumu.html>

arabanın 1 yılda atmosfere yaydığı karbondioksit miktarı<sup>10</sup>), 42 milyon ton sülfür dioksit, 9 milyon ton azot dioksit emisyonuna ve 210 milyon ton kül üretimine engel olunmaktadır<sup>11,12</sup>. Buna göre, fosil yakıtla çalışan santraller yerine nükleer santrallerin kurulması durumunda karbondioksit emisyonu düşecek ve uzun vadede küresel ısınmaya en iyi çözüm olacaktır.

- 1 kilogram uranyumdan elde edilen enerji için, 3.000.000 kilogram (3000 ton, 25 adet ağır yük tren vagonu<sup>13</sup>) kömür veya 2.700.000 litre (2700 metreküp, 135 adet büyük boy akaryakıt tankeri) petrol gerekmektedir<sup>14</sup>. Bu kadar az miktarda uranyum kaynağından yüksek miktarda enerji üretildiğinden nükleer santrallerin atık miktarı da bu oranda fosil yakıtlardan çok daha azdır. Örneğin, elektrik üretiminin %75 gibi büyük bir oranda nükleerden sağlandığı Fransa'da, dört kişilik bir ailenin ömürleri boyunca kullandıkları nükleer enerjiden, en fazla bir golf topu kadar büyüklükte camlaştırılmış nükleer atık çıkmaktadır<sup>15</sup>. Ayrıca, nükleer santrallerde az miktarda yakıtla çok yüksek enerji üretiminin gerçekleşmesi sonucunda, santralde kullanılan nükleer yakıtın çok uzun yıllar enerji ihtiyacını karşılayacağı düşünülmektedir<sup>16</sup>. Yakıt stoku olduğu sürece, sürekli güvenilir enerji üretilebilir.
- Nükleer santrallerden çıkan atık miktarının çok az olmasıyla çok az yer kaplayacağından yer üstündeki depolarda güvenli bir şekilde depolanabilmektedirler. Örneğin, 1000 MWe gücündeki bir nükleer santralden yılda yaklaşık 30 ton (yük treni

---

<sup>10</sup> Myths & Facts About Nuclear Energy, NEI

<sup>11</sup> Sustainable Energy Development – Economics and Externalities, Hans-Holger Rogner, Department of Nuclear Power, IAEA, 1999.

<sup>12</sup> <http://www.taek.gov.tr/component/content/article/194-nukleer-enerji-ve-nukleer-reaktorler/322-nukleer-enerji-cevre-dostumu.html>

<sup>13</sup> <http://ajanda.4t.com/yukvagon.htm>

<sup>14</sup> <http://www.lbl.gov/abc/wallchart/chapters/14/1.html>

<sup>15</sup> The Benefits of Nuclear Energy, Bruno Comby, [www.ecolo.org](http://www.ecolo.org)

<sup>16</sup> <http://www.iaea.org/Publications/Booklets/Development/devnine.html>

vagonunun<sup>17</sup> yarısı) nükleer atık çıkmaktadır. Aynı büyüklükteki bir fosil santralinden ise yaklaşık 2.000.000 ton petrol atığı veya kömür atığı çıkmaktadır<sup>18</sup>. Bu da nükleere göre yaklaşık 67.000 kat fazla atık miktarını göstermektedir.

- Kullanılmış nükleer yakıtlar yeniden işlenerek (reprocessing) enerji üretimi için kullanılabilirler. Radyoaktif fisyon ürünlerinin %3'ü ve ağır elementler, kullanılmış yakıttan ayrıştırılıp camlaştırılarak canlı yaşamından izole edilmiş şekilde güvenli ve sürekli depolanabilmektedir. Plütonyum ve uranyumu ihtiva eden geriye kalan %97'sinden ise yeni yakıt elementleri üretilebilmektedir. Bunun sonucunda, kullanılmış nükleer yakıtların büyük çoğunluğunun tekrar işlenebilmesi ile nükleer santraller için gerekli yakıt ihtiyacı uzun yıllar boyunca karşılanabilecek ve kullanılmış yakıtlardan kaynaklanan atık miktarı azaltılmış olacaktır.
- Nükleer yakıt maliyeti ve bunun sonucu olarak fiyatı istikrarlı sayılabilecek seviyededir.
- Tablo 2'de görüldüğü üzere işletme maliyetlerinde nükleer yakıtın oranı %30'larda olduğu için (bu oran kömür yakıtlı santraller için %77, doğalgaz için %90) nükleer yakıt fiyatlarındaki değişimin elektrik üretim maliyetine etkisi fosil yakıtlara oranla çok daha azdır. Yakıt fiyatlarının iki katına çıkması doğalgaz santralleriyle üretilen elektriğin maliyetine %66, kömür santralleriyle üretilen elektriğin maliyetine %31 oranında yansımaktayken bu oran nükleer santraller için sadece %9'dur<sup>19</sup>.

---

<sup>17</sup> <http://ajanda.4t.com/yukvagon.htm>

<sup>18</sup> <http://www.iaea.org/Publications/Booklets/Development/devnine.html>

<sup>19</sup> World Nuclear Asscoaiton, 2010

**Tablo 2.** İşletim maliyetinde yakıtın oranı ve yakıt fiyatının iki katına çıkmasıyla birim elektrik enerjisi üretim maliyetindeki değişim<sup>20</sup>

Yakıt Tipi	İşletme ve Bakım	Yakıt	Yakıtın fiyatı iki katına çıkarsa elektrik üretim maliyetindeki değişim
<b>Kömür</b>	%23	%77	% 31 artar
<b>Doğalgaz</b>	%10	%90	% 66 artar
<b>Nükleer</b>	%70	%30	% 9 artar

- Yeni istihdam alanları oluşturarak ülke ekonomisine katkı sağlar.
- Nükleer enerjiden elde edilecek enerji, ülke enerji üretim portföyüne çeşitlilik getirir.
- Güvenlik ve kalite kültürünün ülkemizde yerleşmesine ve gelişmesine katkı sağlar.
- Santral işletme ömrü diğer santral türlerine göre daha uzundur.
- Nükleer güç santralleri uzun yıllar boyunca ihtiyaç duyulacak nükleer yakıtları kolayca ve ekonomik depolamaya imkan verdiği için enerji arz güvenliğinin sağlanmasına önemli katkı sağlar.
- En önemlisi, NGS, baz yük santralleridir ve sürekli enerji üretme kabiliyetine sahiptir. Diğer baz yük santralleri ise jeotermal ve fosil (Petrol, Taş Kömürü, Linyit ve Doğalgaz) yakıtlı santralleridir. Jeotermalin toplam kapasitesinin küçük olmasından, fosil yakıtlı santrallerin ise çevreye olan olumsuz etkilerinden dolayı nükleer santraller, baz yük santrali olarak avantajlıdır. Ayrıca, linyit dışındaki fosil kaynaklar ithal kaynaklardır ve dışa bağımlılığımızı artırmaktadır.

<sup>20</sup> Energy Resources International Inc., Mayıs 2011

## Soru 2. Dünyada ve Ülkemizde Kaynaklarına Göre Elektrik Üretim Oranları Nasıldır?

Uluslararası Atom Enerji Ajansı verilerine göre<sup>21</sup> 2008 yılında dünyada toplam 20.181 Milyar kWh elektrik üretimi gerçekleşmiştir. Üretilen bu elektriğin kaynaklarına göre dağılımı Tablo 3'te gösterilmektedir. Toplam elektrik üretiminde dünyada en büyük pay, %41 ile kömür kaynaklı güç santrallerine aittir. Nükleer güç santrallerinden üretilen miktar ise %13,5 ile doğalgaz ve hidrolik santrallerden sonra 4. sırayı almaktadır.

**Tablo 3. Dünyada ve ülkemizde üretilen elektriğin yakıt kaynaklarına göre dağılımı<sup>22,23</sup>**

Kaynaklar	Dünya <sup>24</sup>	Türkiye <sup>25</sup>
Petrol	%5,5	%1,0
Doğalgaz	%21,3	%46,2
Kömür	%41,0	%25,9
Hidro	%15,9	%24,4
Nükleer	%13,5	%0,0
Diğer (Yenilenebilir vb.)	%2,8	%1,9
<b>TOPLAM</b>	<b>20 181 Milyar kWh</b>	<b>212 Milyar kWh</b>

Türkiye'de 2010 yılı verilerine göre<sup>26</sup> toplam 212 Milyar kWh elektrik üretimi gerçekleşmiştir. Tablo 3 ve 4'te görüleceği üzere üretilen elektriğin %73,2 gibi çok yüksek miktarı termik santrallerden, kalan kısmın büyük çoğunluğu ise hidroelektrik santrallerden elde edilmektedir.

Yakıt tiplerine göre elektrik üretim payları incelenecek olursa elektriğin neredeyse yarısı (%46,2) doğalgaz santrallerinden üretilmektedir.

<sup>21</sup> Key World Energy Statistics 2010, IAEA

<sup>22</sup> Key World Energy Statistics 2010, IAEA

<sup>23</sup> Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2010

<sup>24</sup> Key World Energy Statistics 2010, IAEA

<sup>25</sup> Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2010

<sup>26</sup> Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2010

Geriye kalanlar ise %25,9 ile kömür, %24,4 ile hidrolik, %1,9 ile yenilenebilir ve %1,0 ile petrolden üretilmektedir. Elektrik üretiminde kömür dünyada 1., doğalgaz 2. sıradayken, ülkemizde doğalgaz 1., kömür 2. sırada yer almaktadır. Yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretim oranı dünyada yaklaşık % 3 iken, ülkemizde yaklaşık % 2'dir.

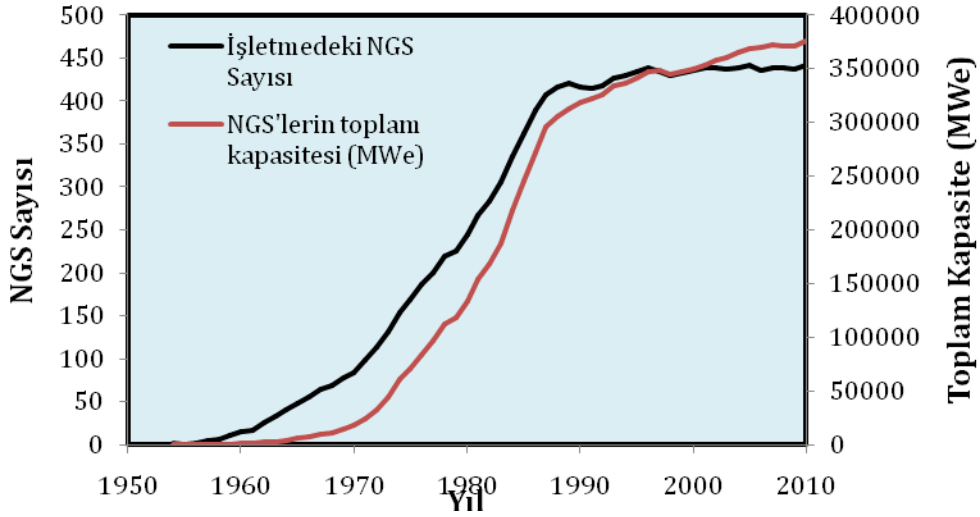
**Tablo 4. Ülkemizde 2010 yılı elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı<sup>27</sup>**

Kaynaklar	Üretim (GWh)	Katkı
Doğalgaz	98.144	%46,2
Linyit	35.942	%16,9
İthal Kömür	14.531	%6,8
Taşkömürü	3.588	%1,7
Petrol	2.143	%1,0
Asfaltit	0.984	%0,5
<b>TERMİK TOPLAM</b>	<b>155.827</b>	<b>%73,2</b>
<b>HİDROLİK TOPLAM</b>	<b>51.796</b>	<b>%24,4</b>
Rüzgar	2.916	%1,4
Jeotermal	0.668	%0,3
Yenilenebilir+Atık	0.458	%0,2
<b>YENİLENEBİLİR TOPLAM</b>	<b>3.584</b>	<b>%1,9</b>
<b>DIŞ ALIM TOPLAM</b>	<b>1.143</b>	<b>%0,5</b>
<b>TOPLAM</b>	<b>212.351</b>	<b>%100</b>

<sup>27</sup> Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2010

### Soru 3. Dünyada Nükleer Enerjinin Kullanım Durumu Nedir?

1954 yılında Sovyetler Birliği tarafından ticari amaç için kurulan ilk nükleer santral olan Obninsk Nükleer Güç Santralinden sonra 1970'li yılların başına kadar düşük kapasiteye sahip nükleer santraller kurulmaya devam etti (Şekil 1).



**Şekil 1.** 1950-2010 yılları arasında dünya genelinde kurulan nükleer güç santrali sayısı ve toplam kapasitelerindeki değişim<sup>28</sup>

1970'li yılların hemen başında ortaya çıkan petrol dar boğazıyla petrol fiyatlarının iki katına çıkması yüksek kapasiteli nükleer santrallerin kurulmasını hızlandırdı ve nükleer santral sayısında büyük artış oldu. 1980'lerin sonuna doğru nükleer enerjiye olan talep artışı azalma eğilimine geçti ve 1990'lı yıllardan itibaren durağanlaştı. Bunun nedeni Three Mile Island (1979, ABD) ve Çernobil (1986, Sovyetler Birliği) nükleer kazalarının olduğu söylene de asıl etkenler dünya ekonomisinde oluşan yavaşlama ve doğalgazın enerji piyasasına girmesidir.

<sup>28</sup> Nuclear Power Reactors in the World, Reference Data Series No.2, 2011, IAEA



2000'li yıllardan itibaren ise nükleer güç sayısında değişim olmamasına rağmen kurulu güçte artış gerçekleşti. Bunun ana nedeni, yeni kurulan ya da revize edilen nükleer reaktörlerin kapasitelerinin artırılmış olmasıdır.

**Tablo 5. Ülkelere göre işletilen ve inşaat halindeki nükleer reaktör sayısı, toplam gücü ve elektrik üretimindeki payı (13 Eylül 2011 itibariyle)<sup>29</sup>**

Ülkeler	İşletilen Reaktörler			İnşaat Halindeki Reaktörler	
	Reaktör Sayısı	Toplam Güç (MWe Net)	Elektrik Üretimindeki Payı	Reaktör Sayısı	Toplam Güç (MWe Net)
Ermenistan	1	376	%39,4		
Arjantin	2	935	%5,9	1	745
Belçika	7	5943	%51,7		
Bulgaristan	2	1906	%33,1		
Brezilya	2	1901	%3,1	1	1405
Kanada	17	12044	%15,1	3	2190
İsviçre	5	3252	%38		
Çin	14	11271	%1,8	26	28710
Çek Cumh.	6	3722	%33,2		
Almanya	17	20339	%28,4		
İspanya	8	7448	%20,1		
Finlandiya	4	2741	%28,4	1	1700
Fransa	58	63130	%74,1	1	1720
Birleşik Krl.	18	10745	%15,7		
Macaristan	4	1880	%42,1		
Hindistan	20	4385	%2,9	6	4600
İran <sup>30</sup>	1	915			
Japonya	51	44642	%29,2	2	2756
G. Kore	21	18785	%32,2	5	5800
Meksika	2	1600	%3,6		
Hollanda	1	485	%3,4		
Pakistan	3	725	%2,6		
Romanya	2	1310	%19,5		
Rusya Fed.	32	23084	%17,1	10	8960

<sup>29</sup> <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>

<sup>30</sup> İran'daki Bushehr Nükleer Güç Santrali, 3 Eylül 2011 tarihinde işletmeye alındı.

**Tablo 5. Ülkelere göre işletilen ve inşaat halindeki nükleer reaktör sayısı, toplam gücü ve elektrik üretimindeki payı (13 Eylül 2011 itibariyle)<sup>31</sup> (Devamı)**

Ülkeler	İşletilen Reaktörler			İnşaat Halindeki Reaktörler	
	Reaktör Sayısı	Toplam Güç (MWe Net)	Elektrik Üretimindeki Payı	Reaktör Sayısı	Toplam Güç (MWe Net)
İsveç	10	9399	%38,1		
Slovenya	1	696	%37,3		
Slovakya	4	1816	%51,8	2	880
Ukrayna	15	13168	%48,1		
ABD	104	101421	%19,6	1	1218
G.Afrika	2	1800	%5,2		
Tayvan	6	4927	%19,3	2	2700
<b>TOPLAM</b>	<b>439</b>	<b>375876</b>	<b>%13,5</b>	<b>61</b>	<b>63384</b>

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) ve Dünya Nükleer Birliği (WNA) verilerine dayandırılarak hazırlanmış olan 13 Eylül 2011 tarihli belgeye<sup>32</sup> göre, dünyada toplam 375,9 GWe kurulu güce sahip, dünyadaki elektrik üretiminin %13,5'ini<sup>33</sup> sağlayan 439 adet nükleer reaktör vardır (Tablo 5).

61 nükleer reaktör ise inşa aşamasındadır. 2022 yılına kadar 151 yeni nükleer reaktör yapılması planlanmış ve buna ek olarak 2030 yılına kadar işletmeye alınmak üzere 331 nükleer reaktör de ülkelerin nükleer programlarına dahil edilmiştir (Tablo 6).

<sup>31</sup> <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>

<sup>32</sup> <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>

<sup>33</sup> Key World Energy Statistics 2010, IAEA

**Tablo 6. Ülkelere göre kurulması planlanan ve kurulması önerilen nükleer reaktör sayısı (13 Eylül 2011 itibariyle)<sup>34</sup>**

Ülkeler	Kurulması Planlanan <sup>35</sup>		Nükleer Program Dahilindeki <sup>36</sup>	
	Planlanan Reaktör Sayısı	Toplam Güç (MWe Net)	Program Dahilindeki Reaktör Sayısı	Toplam Güç (MWe Net)
Ermenistan	1	1060		
Arjantin	2	773	1	740
Bangladeş	2	2000		
Belarus	2	2000	2	2000
Brezilya			4	4000
Bulgaristan	2	1900		
Kanada	3	3300	3	3800
Şili			4	4400
Çin	52	59990	120	123000
Çek Cum.	2	2400	1	1200
Mısır	1	1000	1	1000
Finlandiya			2	3000
Fransa	1	1720	1	1100
Macaristan			2	2200
Hindistan	17	15000	40	49000
Endonezya	2	2000	4	4000
İran	2	2000	1	300
İsrail			1	1200
İtalya			10 <sup>37</sup>	17000
Japonya	10	13772	5	6760
Ürdün	1	1000		
Kazakistan	2	600	2	600
K.Kore			1	950
G.Kore	6	8400		
Litvanya	1	1350		
Malezya			1	1200
Meksika			2	2000

<sup>34</sup> <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>

<sup>35</sup> Onaylanan, kaynak oluşturulan veya taahhüt edilen reaktör sayısı (8-10 yıl arasında işletmeye alınması beklenmekte)

<sup>36</sup> Nükleer program dahilinde kurulması düşünülen reaktör sayısı (15 yıl içinde işletmeye alınması beklenmekte)

<sup>37</sup> İtalya'da yapılan referandum sonucunda nükleer santral yapılmaması kararı çıkmıştı. Ancak, ülkelerin nükleer politikaları sürekli değişiklik göstermektedir. Dünya Nükleer Birliğinin (WNA) verisine İtalya'nın nükleer programında 10 nükleer reaktör görülmektedir.

**Tablo 6. Ülkelere göre kurulması planlanan ve kurulması önerilen nükleer reaktör sayısı (13 Eylül 2011 itibariyle)<sup>38</sup> (Devamı)**

Ülkeler	Kurulması Planlanan <sup>39</sup>		Nükleer Program Dahilindeki <sup>40</sup>	
	Planlanan Reaktör Sayısı	Toplam Güç (MWe Net)	Program Dahilindeki Reaktör Sayısı	Toplam Güç (MWe Net)
Hollanda			1	1000
Pakistan	1	340	2	2000
Polonya	6	6000		
Romanya	2	1310	1	655
Rusya Fed.	14	16000	30	28000
Slovakya			1	1200
Slovenya			1	1000
G.Afrika			6	9600
İsviçre			3	4000
Tayland			5	5000
Ukrayna	2	1900	20	22800
Birleşik Krallık	4	6680	9	12000
ABD	7	8640	27	37400
Vietnam	2	2000	12	13000
Tayvan			1	1350
Türkiye	4 (Akkuyu)	4800	4 (Sinop)	5600
<b>TOPLAM</b>	<b>151</b>	<b>167935</b>	<b>331</b>	<b>374055</b>

Şu anda dünyada 31 ülke nükleer güç santraline sahiptir. Dünya Nükleer Birliği<sup>41</sup> verilerine göre ülkemizden de içinde bulunduğu 45'ten fazla ülke (Tablo 7) daha, nükleer enerji seçeneğini gündemlerine almıştır. Tablo 7'de yer alan bu ülkelerin neredeyse tamamı az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeler olduğundan elektrik talepleri hızla artmaktadır ve gelecekte oluşacak yüksek elektrik talebini nükleer santralden karşılamayı düşünmektedir.

<sup>38</sup> <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>

<sup>39</sup> Onaylanan, kaynak oluşturulan veya taahhüt edilen reaktör sayısı (8-10 yıl arasında işletmeye alınması beklenmekte)

<sup>40</sup> Nükleer program dahilinde kurulması düşünülen reaktör sayısı (15 yıl içinde işletmeye alınması beklenmekte)

<sup>41</sup> Emerging Nuclear Energy Countries, World Nuclear Association, (19 Eylül 2011)

**Tablo 7. Nükleer enerjiden yararlanmayı düşünen ülkeler<sup>42</sup>**

<b>Bölge</b>	<b>Ülke</b>
Avrupa	Arnavutluk, Sırbistan, Hırvatistan, Portekiz, Norveç, Polonya, Belarus, Estonya, Letonya, İrlanda, Türkiye
Ortadoğu ve Kuzey Afrika	Birleşik Arap Emirlikleri (BAE), Suudi Arabistan, Katar, Kuveyt, Yemen, İsrail, Suriye, Ürdün, Mısır, Tunus, Libya, Cezayir, Fas, Sudan
Batı, Orta ve Güney Afrika	Nijerya, Gana, Senegal, Kenya, Uganda, Namibya
Güney Amerika	Şili, Ekvator, Venezuela
Orta ve Güney Asya	Azerbaycan, Gürcistan, Kazakistan, Moğolistan, Bangladeş, Sri Lanka
Güneydoğu Asya	Endonezya, Filipinler, Vietnam, Tayland, Malezya, Singapur, Avustralya, Yeni Zellanda
Doğu Asya	Kuzey Kore

Tablo 7’de yer alan ülkelerin nükleer güce ulaşmada hangi aşamada oldukları Tablo 8’de verilmektedir. Tablo 8’de görüleceği üzere, politik kararlılık aşamasını (UAEA’nın ilk defa nükleer güç santrali kuracak ülkeler için hazırladığı kitapçıkta<sup>43</sup> yer alan başlangıç aşamasını) geçmiş, İran dahil, 21 ülke bulunmaktadır. Bu ülkelerden 17’sinin, nükleer politikalarında yer alan, gelecekte kurmayı düşündükleri nükleer reaktör sayısı ve toplam kurulu güçleri hakkında bilgiler Dünya Nükleer Birliği belgelerinde yer almaktadır ve bu bilgiler Tablo 6’da verilmiştir.

<sup>42</sup> <http://www.world-nuclear.org/info/inf102.html>

<sup>43</sup> Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power, IAEA, NG-G-31, 2007

**Tablo 8.** Nükleer güç seçeneğini düşünen ülkelerin geldiği aşama<sup>44</sup>

Aşama	Ülke
Anlaşma imzalamış ve yasal altyapıya sahiptir.	BAE, Türkiye
Taahhüt edilmiş plana sahiptir ancak yasal altyapısı hazırlanma aşamasındadır.	Vietnam, Ürdün, Belarus
Nükleer plana sahiptir ancak daha taahhüt aşamasında değildir.	Tayland, Endonezya, Mısır, Kazakistan, Polonya, Litvanya, Şili
Nükleer planı hazırlama aşamasındadır.	Suudi Arabistan, İsrail, Nijerya, Malezya, Bangladeş, Fas, Kuveyt
Siyasi karar alma aşamasındadır.	Namibya, Kenya, Moğolistan, Filipinler, Singapur, Arnavutluk, Sırbistan, Hırvatistan, Estonya, Letonya, Libya, Cezayir, Azerbaycan, Sri Lanka, Tunus, Suriye, Katar, Sudan, Venezuela
Şu an siyasi kararlılığa sahip değildir.	Avustralya, Yeni Zelanda, Portekiz, Norveç, İrlanda

#### **Soru 4: Ülkelerin Fukushima Daiichi Kazası Sonrası Nükleer Politikaları Nelerdir?**

2030 yılına kadar dünyada birçok nükleer güç reaktörü, ömrünü tamamladığı için kapatılacak ya da revize edilip tekrar işletmeye alınacaktır. Tablo 7 ve 8'e göre Çin, Hindistan, ABD, Rusya Federasyonu gibi ülkelerin kısa ve uzun vadede, nükleerle daha önce tanışmamış 45'i aşkın ülkenin de uzun vadede elektrik üretiminde nükleer seçeneğini kullanacakları görülmektedir.

Bu bilgilere ek olarak Tablo 9'da, Fukushima Daiichi nükleer kazası sonrası ülkelerin kamuoyuna duyurduğu politikalar kısaca özetlenmiştir. Avrupa Komisyonu tarafından Japonya'daki Fukushima Daiichi nükleer santralinde meydana gelen kaza sonrasında, Avrupa

<sup>44</sup> <http://www.world-nuclear.org/info/inf102.html>

Birliği lkeleri, sahip olduğu (138.000 MW gücündeki) 143 NGS'yi gözden geçirme ve iyileştirme amacıyla bazı çalışmalar yürütmektedir. Bu kapsamda "Stres Testleri" adı altında nükleer santrallerin güvenlik ve risk değerlendirmesi çalışmaları başlatılmıştır.

Avrupa Komisyonu tarafından komşu ülkelerin de stres testlerine katılımı için bir girişim başlatılmıştır. Ülkemiz bu konuda yapılan çalışmaları izlemekte ve alınan ortak kararları desteklemektedir.

**Tablo 9. Fukushima nükleer kazası sonrası ülkelerin nükleer politikaları ile ilgili açıklamaları (Ağustos 2011 yılı itibarıyla)**

lke	Fukushima Sonrası Nükleer Politikalar
ABD	104 adet NGS'ye sahip ABD'nin, düzenleme kuruluşu NRC, Fukushima kazasından öğrenilen dersler ve alınacak önlemleri yayımlamaya başlamıştır.
Japonya	Japonya 44000 MWe gücündeki NGS ve 2030 yılına kadar kurulacak santralleri gözden geçirme kararı almıştır.
Rusya Federasyonu	Rusya 23000 MWe gücündeki 32 NGS'de güvenlik yönünden tekrar gözden geçirme kararı ile birlikte yeni NGS'leri kurmaya devam edeceğini açıklamıştır.
Almanya	Almanya 20000 MWe gücündeki 17 NGS'sinden 1980 yılından önce çalışmaya başlayan reaktörlerini üç ay süre ile kapatma kararı almıştır. 2022 yılına kadar ise tüm nükleer güç santrallerini kapatma kararı almıştır.
Fransa	Fransa 63000 MWe gücündeki 58 NGS'si için AB'nin aldığı kararlara uyarken yenilenebilir enerji kullanımını artıracadığını duyurmuştur.
Güney Kore	19000 MWe gücünde 21 NGS'ye sahip Güney Kore güvenliğe verdiği önemi artırarak nükleer enerji kullanmaya devam edeceğini açıklamıştır.
İngiltere	10000 MWe gücünde 18 adet NGS'ye sahip İngiltere nükleer enerji kullanmaya devam etmeyi ve 2025 yılına kadar 8 yeni nükleer santral kurmayı dşunmektedir.
Çin	Çin hkmeti nükleer gücü desteklediklerini ancak geçici olarak yeni reaktörlerin kabul işlemlerini askıya aldıklarıını açıklamasına rağmen 12inci 5 yıllık kalkınma planı döneminde (2011-2015) yaklaşık 40000 MW gücünde yeni NGS kuracadığını duyurmuştur.

**Tablo 9. Fukushima nükleer kazası sonrası ülkelerin nükleer politikaları ile ilgili açıklamaları (Ağustos 2011 yılı itibarıyla) (Devamı)**

Ülke	Fukushima Sonrası Nükleer Politikalar
Hindistan	Hindistan NGS'lerini güvenlik yönünden tekrar gözden geçireceğini açıklarken, 2032 yılına kadar 63000 MW gücünde NGS kuracağını bildirmiştir.
Çek Cumhuriyeti	Çek Cumhuriyeti, Temelin'de yeni NGS kuracağını açıklamıştır.
İsviçre	İsviçre yapılan referanduma göre 2034 yılına kadar 5 NGS'sini kapatma kararı almıştır.
İtalya	Haziran 2011'de İtalya, yapılan referanduma göre yeni NGS kurmama kararı almıştır.
Polonya	2020 yılına kadar ilk NGS'sini hizmete alacaktır.
Tayland	2 nükleer reaktör kurmayı düşünmektedir. Nükleer güç programında 3 yıllık bir gecikme olacaktır.
Endonezya	2 reaktör kurmayı planlanmaktadır. İlk santralini 2022 yılında hizmete alacaktır. Ayrıca 4 yeni reaktörü daha planlarına almayı düşünmektedirler.
İran <sup>45</sup>	13 Eylül 2011 tarihinde 1000 MW gücündeki Bushehr NGS'yi işletmeye aldı ve önümüzdeki 20 yıl içinde kurulacak nükleer güç santralleri ile toplam 20000 MW'lık güç kapasitesine (Yaklaşık 19 nükleer reaktör daha kurulacak) ulaşacaklarını bildirdiler. Khüzeistan eyaletinde yer alan 360 MW gücündeki Darkhovin NGS ile ilgili çalışmalar devam etmektedir.
Vietnam <sup>46</sup>	Rusya (2 ünitesi) ve Japonya (2 ünitesi)'nin desteğiyle her biri 1000 MW gücünde 4 adet hafif sulu (LWR) nükleer reaktör yapmayı planlıyor. 2020 yılında bitecek olan bir Rus reaktörünün ön çalışması başlatıldı.
Malezya <sup>47</sup>	2 nükleer reaktör kurmayı planlamaktadır. Nükleer santral projesi henüz Ulusal Meclislerinde onaylanmamıştır ve Fukushima nükleer kazası raporunun sonucuna kadar projeyi dondurmuşlardır.

<sup>45</sup>[http://www.ensec.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=309:nuclear-energy-in-asia-a-post-Fukushima-perspective&catid=116:content0411&Itemid=375](http://www.ensec.org/index.php?option=com_content&view=article&id=309:nuclear-energy-in-asia-a-post-Fukushima-perspective&catid=116:content0411&Itemid=375)

<sup>46</sup>[http://www.ensec.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=309:nuclear-energy-in-asia-a-post-Fukushima-perspective&catid=116:content0411&Itemid=375](http://www.ensec.org/index.php?option=com_content&view=article&id=309:nuclear-energy-in-asia-a-post-Fukushima-perspective&catid=116:content0411&Itemid=375)

<sup>47</sup>[http://www.ensec.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=309:nuclear-energy-in-asia-a-post-Fukushima-perspective&catid=116:content0411&Itemid=375](http://www.ensec.org/index.php?option=com_content&view=article&id=309:nuclear-energy-in-asia-a-post-Fukushima-perspective&catid=116:content0411&Itemid=375)



Avrupa Birliği ile işbirliği çerçevesinde 23 Haziran 2011 tarihinde tarihinde Avrupa Komisyonu üyesi Günther Oettinger'in, Enerji Bakan Yardımcılarının, üst düzey Enerji Bakanlığı temsilcilerinin ve Beyaz Rusya, Ermenistan, Hırvatistan, İsviçre, Rusya ve Türkiye'nin nükleer enerjiden sorumlu yetkililerinin katılımı ile gerçekleşen toplantı sonucunda alınan ortak kararlar aşağıda sunulmaktadır:

- Ülkeler 24 Mayıs 2011 tarihinde Avrupa Komisyonu ve Avrupa Nükleer Düzenleyici Kurumlar Grubu (European Nuclear Safety Regulators Group-ENSREG) tarafından kararlaştırılan şartları da hesaba katan geniş kapsamlı risk ve güvenlik değerlendirmesi çalışmasını (eğer daha önce yapılmamışsa) gönüllülük çerçevesinde yürütme konusundaki isteklerini belirtmişlerdir. Nükleer enerjiden yararlanan bütün ülkeler tarafından nükleer güvenliğe yönelik tutarlı bir yaklaşım benimsenmesinin, nükleer kazaların ülke sınırlarını aşma potansiyeli nedeni ile daha da önemli hale geldiği,
- Nükleer santral işleticilerinin kendi santrallerini değerlendirme hususunda teşvik edilmeleri, ulusal raporlarını sunmak için düzenleyici kurumları davet etmeleri ve geniş kapsamlı risk ve güvenlik değerlendirmelerinin güvenilirliğini ve sorumluluğunu geliştirmek için şeffaf bir gözden geçirme sistemi kullanılması,
- Güçlü ve ortak güvenlik standartları ile uluslararası alanda gözden geçirme konularında Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA)'nın da dahil olduğu çok taraflı müzakereler yapılması

konularında anlaşmaya varmışlardır.<sup>48</sup>

---

<sup>48</sup> Basın Açıklaması (No:41/2011): Türkiye'nin Avrupa Birliği'nin Nükleer Santrallerin Güvenlik ve Geniş Kapsamlı Risk Değerlendirmelerine (Stres Testleri) Katılımı

## Soru 5. Nükleer Santrallerin Sera Gazı Salımına Etkisi Nedir?

Hızlı nüfus artışı ve ekonomik gelişme, enerji gereksinimini artırmaktadır. Üretilen enerjinin büyük çoğunluğu sanayi sektörü ve günlük kullanım için gerekli elektriğin üretiminde kullanılmaktadır. Dünyada elektrik üretiminin yaklaşık 2/3'si<sup>49</sup> fosil kaynaklı yakıtlardan sağlanmaktadır. Fosil kaynaklı yakıtlar, enerji üretimi esnasında yanmasıyla küresel ısınmaya ve asit yağmurlarına sebep olan sera gazlarının (başta karbondioksit, karbonmonoksit, kükürt dioksit, azot dioksit, metan, ozon gibi gazlar) atmosfere salımlarına neden olmaktadır.

Nükleer güç santralleri işletimدهyken atmosfere sera gazlarını salmadığından kısa ve uzun vadede sera gazı salımı konusunda en temiz seçenektir. Nükleer enerjinin iklim değişikliğine sebep olan atmosferdeki sera gazı konsantrasyonunun azaltılmasında büyük rolü vardır. Günümüzde nükleer santraller, elektrik sektöründen kaynaklanan sera gazı salımında yıllık olarak yaklaşık %17 azalma sağlamaktadır<sup>50</sup>. Nükleer santrallerin yerine fosil yakıtlı santrallerden elektrik elde edilseydi her yıl 1,2 milyar ton daha fazla karbon atmosfere verilmiş olacaktı<sup>51</sup>.

Tablo 10'da farklı santral türleri için 1 kWh elektrik üretimi başına ortaya çıkan karbondioksit miktarları verilmiştir. Tablo 10 incelenecek olursa, en az emisyonunun nükleerden olduğu görülmektedir.

Yapılan bir araştırmaya göre, 50 yıldan beri sadece ABD'de nükleer santral kurulmamış ve yerine kömür veya doğalgaz santrali yapılmış

<sup>49</sup> Key World Energy Statistics 2010, IAEA

<sup>50</sup> <http://www.iaea.org/Publications/Booklets/Development/devseventeen.html>

<sup>51</sup> <http://www.iaea.org/Publications/Booklets/Development/devseventeen.html>

olsaydı, atmosferdeki karbondioksit oranı yaklaşık %10 daha fazla olacaktı<sup>52</sup>.

**Tablo 10. Enerji kaynaklarının kWh başına karbondioksit emisyon miktarı<sup>53,54</sup>**

Enerji Kaynağı	Karbondioksit Emisyonu (gram)	Nükleer'in Katı (min.-maks.)
Kömür	900-1200	30-120 kat arası
Petrol	700-900	23-90 kat arası
Doğalgaz	350-900	12-90 kat arası
Güneş	100-200	3-20 kat arası
Rüzgar	10-75	1-7 kat arası
Nükleer	10-30	-

### **Soru 6: Türkiye'nin Temel Enerji Politikası Nedir?**

Ülkelerin ekonomik gelişimlerini sürdürmesi bakımından temel girdi durumunda olan enerji, çok boyutlu ve uzun soluklu politika ve stratejilerin uygulanmasını gerektiren bir alan olarak önemini gün geçtikçe artırmaktadır. Dolayısıyla, enerji ile ilgili konuların; hükümet politikası olarak değil, bir devlet politikası olarak ele alınıp değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda enerji arz güvenliği, enerji sektörüne ilişkin tartışma gündeminin temelini oluşturmaktadır. Son yıllarda küresel ekonomideki daralmaya karşın,

- Artış eğiliminde olan enerji fiyatları,
- Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda artan duyarlılık,

<sup>52</sup> Adamantiades, A. & Kessides, I., 2009. "Nuclear power for sustainable development: Current status and future prospects," Energy Policy, Elsevier, vol. 37(12), pages 5149-5166

<sup>53</sup> Choosing the Nuclear Power Option Factors to be Considered, IAEA, Viyana, 1998.

<sup>54</sup> Verilen karbondioksit değerleri, güç santralının imalat, inşaat ve işletim aşamalarının bütünü ele alınarak hesaplanmıştır.

- Dünya enerji talebindeki artışa karşın tükenme eğilimine girmiş olan fosil yakıtlara bağımlılığın yakın gelecekte de devam edecek olması,
- yeni enerji teknolojileri alanındaki gelişmelerin artan talebi karşılayacak ticari olgunluktan şu an için uzak oluşu

Ülkelerin enerji güvenliği konusundaki kaygılarını her geçen gün daha da artırmakta ve ülkeleri yeni arayışlara yöneltmektedir.

Yaşanan ekonomik gelişme ve artan refah seviyesinin sonucu olarak ülkemizin enerji sektörünün her alanında hızlı bir talep artışı olduğu gözlemlenmektedir. Bu talebi karşılamak için her yıl 4.000-5.000 MW'lık bir yatırım yapılması gerekmektedir<sup>55</sup>.

Ülkemizde enerji arz güvenliğini sağlamaya yönelik politika ve stratejileri; dünyadaki genel yönelimlerin yanı sıra, bölgesel ve küresel enerji dinamiklerinde önem arz eden tüm aktörlerin politika ve stratejileri analiz edilerek ve ülke gerçeklerimiz dikkate alınarak, özellikle AB müktesebatı ve içinde bulunduğumuz jeopolitik perspektiften bakılarak oluşturulmuştur. Temel enerji politikamız;

- Dışa bağımlılığın en alt düzeye indirilmesi,
- Kaynak çeşitliliğine, yerli ve yenilenebilir kaynaklara önem verilmesi,
- Çevre üzerindeki etkilerin en aza indirilmesi,
- Enerjinin verimli üretilmesi ve kullanılması,
- Serbest piyasa uygulamaları içinde kamu ve özel kesim imkanlarının harekete geçirilmesi,
- Ülke enerji ihtiyaçlarını güvenli, sürekli ve en düşük maliyet ve en az çevresel etkilerle karşılayacak tedbirleri alan politikaların hayata geçirilmesi,

şeklinde özetlenebilir.

---

<sup>55</sup> Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2010

Ülkemizin 2012 yılına kadar olan dönemde Kyoto Protokolü çerçevesinde emisyon değerlerini azaltma yükümlülüğü bulunmamaktadır. Ancak, 2012 sonrası döneme ilişkin olarak ülkelerden emisyon değerlerini azaltma yönünde beklentiler artmıştır.

Bu bağlamda, enerji sektöründe enerji verimliliğinin geliştirilmesi, yenilenebilir kaynakların daha fazla kullanımı, temiz kömür teknolojilerinin yaygınlaştırılması ve nükleer enerjinin kullanılması enerji ve çevre bağlantısı içinde sorunları ele almada başlıca politikalar arasında olacaktır.

18 Mayıs 2009 tarihinde Yüksek Planlama Kurulu tarafından kabul edilmiş olan, Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi'nde: "Nükleer güç santrallerinin, elektrik enerjisi üretimi içerisindeki payının 2020 yılına kadar en az %5 seviyesine ulaşması ve uzun dönemde daha da artırılması hedeflenmektedir." ifadesi yer almaktadır. 2023 yılına kadar Akkuyu ve Sinop Nükleer Santrallerinin işletmeye alınması durumunda, bugünkü kurulu gücümüzün % 20'si nükleer santrallerden üretilecek elektrikten oluşacaktır<sup>56</sup>.

### **Soru 7: Ülkemizde Nükleer Güç Santrali Kurulması Gerekli midir?**

Tablo 11'de yenilenebilir enerji kaynaklarımızın ekonomik potansiyelleri gösterilmektedir. Yenilenebilir enerjide kurulu güç potansiyelimiz yaklaşık 136.600 MW, kullanmakta olduğumuz 18.659 MW' dır. Geriye kalan kullanabileceğimiz yenilenebilir potansiyelimiz yaklaşık 118.000 MW olmasına karşın, kapasite faktörü nedeniyle gerçekte kullanabileceğimiz, potansiyelimizin az bir kısmıdır.

2010 yılı sonu itibariyle ülkemizin elektrik ihtiyacı yaklaşık yıllık 212 milyar kWh iken, bunun 2023'te 500 milyar kWh'a çıkması öngörülmektedir. Ancak, tüm hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal,

<sup>56</sup> Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2010

biyokütle potansiyelimizin tamamını kullansak dahi, bu talebin (500 milyar kWh) yaklaşık yarısını karşılayabilmekteyiz.

Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesine göre, 2023'e kadar hedefimiz, elektrik üretiminde şu anda % 46 olan doğalgazın payını % 30'a çekmek, yenilenebilir enerjinin payını % 30'a çıkarmaktır.

Bu da, 2023 için, yenilenebilir ile doğalgazdan ayrı ayrı 150 milyar kWh elektrik sağlanması demektir. Yenilenebilir enerji, iklim koşullarına bağlı olarak sürekli değişkenlik göstermesi nedeniyle 4 mevsim, 7 gün 24 saat çalışan nükleer gibi baz yük santrallerine her halükarda ihtiyaç duyulmaktadır.

Yenilenebilir enerji güvenlidir, ancak güvenilir (sürekli) değildir; alternatif enerji kaynağıdır. Nükleer santraller, mevsimden ve iklim şartlarından bağımsız olarak sürekli çalıştırılabilmektedir. Her zaman rüzgâr esmez, güneş her zaman ışımaz, yağış her zaman bol olmaz; ama nükleer santral her zaman çalışır. Yılda 8760 saatin, bakım dönemleri çıkarılırsa, nükleer santral yaklaşık 8000 saatinde çalışabilir, ama hidrolikte bu ortalama 4000 saat; rüzgarda ortalama 3000; güneşte ise ortalama 2500 saattir.

Güneş enerjisi sistemlerinin yaklaşık ömrü 20 yıl civarında seyretmektedir. Güneş enerjisini kullanarak elektrik üretimine imkan sağlayan fotovoltaik güneş pillerinin ortalama verimlilikleri % 15-18 seviyelerindedir. Ancak, güneş ışığının düşük yoğunluğu ve dağınık karakterli olması sebebiyle istenilen yoğunlukta elektrik üretimi yapmak mümkün olmamaktadır. Ayrıca, güneş enerjisi sistemlerinin kurulduğu alan başka bir amaçla kullanılamamaktadır.

Rüzgar enerjisinde süreklilik olmaması, depolanabilir enerji kaynaklarıyla, bir diğer adıyla "baz yük santralleriyle" dengelemeyi gerektirmektedir. Bu nedenle toplam şebekenin %20'den fazlası rüzgardan sağlandığında şebeke problemleri ortaya çıkmaktadır.

10.000 MW nükleer güç santralının üreteceği elektriği elde edebilmek için 30.000 MW rüzgar veya 38.000 MW güneş santrali yapılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarımızın iklim koşullarına bağlı olmaları ve bunun sonucu olarak üretilecek elektriğin “sürekli” olamaması nedeniyle, nükleer santral gibi baz güç santrallerine her halükarda ihtiyaç duyulmaktadır.

Rüzgar enerjisi santrallerinin ortalama verimli çalışma süresi 20 yıl olup, sistemin kullanım ömrü 30 yıl civarındadır<sup>57</sup>. Rüzgar enerjisi santralleri 3 m/s rüzgar hızından itibaren elektrik üretmeye başlamakta ve 25 m/s’lik rüzgar hızına kadar elektrik üretmeye devam etmektedir. 1 MW kurulu gücü olan bir rüzgar elektrik üretim tesisi bir yılda, sürekli olarak, %100 verimle ve tam güçte çalışırsa 8,76 milyon kWh elektrik enerjisi üretir. Gerçekte üretilebilen enerji miktarı ise, kapasite faktörü nedeniyle bu değerın yaklaşık üçte biridir.

Rüzgar santrallerinde kapasite faktörü, genellikle %20-%45 arasında değişmektedir. Örneğin kapasite faktörü %30 olarak gerçekleşen 1 MW kurulu güce sahip bir rüzgâr santrali yılda: 8,760 milyon kWh değil yalnızca  $0,3 \times 8,76$  milyon kWh = 2,628 milyon kWh kadar bir enerji üretir. Başka bir ifadeyle, bu rüzgâr santralının durumu bir yılda, sürekli olarak ve tam güçte çalışan ve yaklaşık 0,3 MW kurulu güce sahip bir nükleer santralin üreteceği enerjiye denktir. Rüzgar gücünün daha düşük bir kapasite faktörüne sahip olması, belli miktar elektrik üretmek için, nükleer santrallere göre 2-3 kat daha çok üretim kapasitesiyle kurulması gerektiği anlamına gelmektedir.

Hidroelektrik santrallerinin kapasite faktörleriyle ilgili olarak, yağış miktarlarında bir azalma meydana gelirse santralde daha az su toplanarak daha az enerji elde edilebilmesine sebep olacaktır. Kapasite, bir santralin ne kadar verimli kullanıldığını gösteren bir parametredir

---

<sup>57</sup> [http://www.vestas.com/en/about-vestas/sustainability/wind-turbines-and-the-environment/life-cycle-assessment-\(lca\).aspx](http://www.vestas.com/en/about-vestas/sustainability/wind-turbines-and-the-environment/life-cycle-assessment-(lca).aspx)

ve santralin nominal gücü ile yıllık sağladığı enerji miktarı arasında ilişki kurmaktadır.

Hidroelektrik için dünya ortalamasına bakıldığında kapasite faktörü %44 civarındadır. Türkiye’de hidroelektrik santrallerin son 25 yıllık ortalama kapasite faktörü ise % 42’dir. Bir akarsuyun debisi, drenaj alanı, bu bölgedeki yağış miktarı ve zamana göre dağılışı, bitki örtüsü, zemin cinsi, arazinin morfolojisi ve yörenin iklim şartları gibi çeşitli parametreler kapasite faktörünü belirlemektedir.

Debi, zaman içinde değişmekte olup, kış ve ilkbahar mevsiminde genellikle büyük, diğer mevsimlerde ise nispeten küçük değerler almaktadır. Bu nedenle yıllık 8760 saat değil dünya ortalamasına yakın 3854 saat elektrik üretimi yapılabilmektedir.

Yukarıda ifade edildiği gibi, yenilenebilir enerji kaynaklarımız ve kapasite faktörleri dikkate alındığında, ekonomik hacim olarak büyük, fakat enerji kaynaklarına sahip olma açısından dışa bağımlı bir ülke olan ülkemiz için nükleer santral bir seçenek değil, zorunluluktur.

**Tablo 11. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomik Potansiyelleri ve Kapasite Faktörleri<sup>58</sup>**

Yenilenebilir Kaynaklarımız	Toplam kurulu güç potansiyeli	Kurulu gücümüz	Kapasite faktörü	2023 Hedefi	Yıllık ortalama üretim potansiyeli (milyon kWh/yıl)
Hidro	36.000	16.934	% 44	36.000	144.000
Rüzgar	48.000 <sup>59</sup>	1.587	% 30	20.000	60.000
Güneş	50.000 <sup>60</sup>	-	% 20	3.000	7.500
Jeotermal	600	94	% 84	600	4.400
Biyokütle	2.000	44	% 80	2.000	14.000
<b>TOPLAM</b>	<b>136.600</b>	<b>18.659</b>	<b>-</b>	<b>61.600</b>	<b>229.900</b>

<sup>58</sup> Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

<sup>59</sup> Yer seviyesinden 50 metre yükseklikte yıllık ortalama 7 metre/sn. den fazla yerler değerlendirildiğinde bu rakama ulaşılmaktadır.

<sup>60</sup> Enerji odaklayıcı güneş sistemi kullanıldığında 50.000 MW’lık doğalgaz santralının üreteceği elektrik miktarı kadar elektrik üretilebilir.



## **Soru 8: NGS'lerin Doğalgaz İthalatımıza Etkisi Nasıl Olacaktır?**

10.000 MW kurulu güce sahip yaklaşık 80 milyar kWh üretim kapasiteli nükleer güç santralleri (Akkuyu ve Sinop) devreye alındığında; yaklaşık 16 milyar m<sup>3</sup> doğalgaz karşılığı günümüz fiyatlarıyla yıllık yaklaşık 7,2 milyar ABD Doları tutarında doğalgaz ithalat bağımlığından ülkemiz kurtulmuş olacaktır. Nükleer santralin kurulması ile hem doğalgaz ithalatı azaltılmış; hem de baz santral olarak kurulan Doğalgaz Kombine Çevrim Santrallerinin üreteceği karbondioksitin atmosfere verilmesi engellenmiş olacaktır.

## **Soru 9: Akkuyu NGS Sahasında Depremsellik Riski Var mıdır?**

Nükleer Güç Santrallerine ilişkin olarak sürdürülen yer seçimi ve ayrıntılı yer araştırmalarında dikkate alınan, güvenlikle ilgili birçok parametre mevcuttur. Bölgenin depremsellik özelliği bu parametrelerin başında gelmektedir.

Bir yerin depremselliğinin belirlenebilmesi açısından en önemli konulardan biri, belirli bir zaman aralığında olabilecek depremlerin inşaat sahasında oluşturabilecekleri etkilerin, özellikle ivme, hız ve yer değiştirme gibi zemin hareketi parametreleri için beklenebilecek en büyük değerlerin saptanmasıdır. Depremlerin zaman, yer, büyüklüğü bakımından gösterdikleri benzerlikler nedeniyle, yapıların tasarımında kullanılacak olan yer hareketi parametrelerinin saptanmasında olasılık ve istatistik yöntemlere dayalı bir yaklaşım gereklidir.

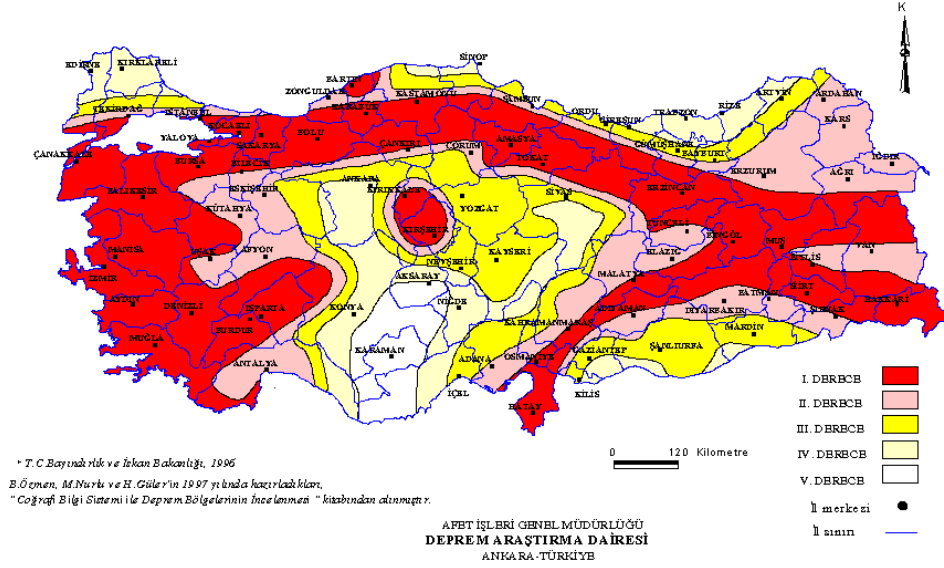
Sismik risk analizinin amacı, eskiden olmuş deprem olaylarına ait eldeki verileri jeolojik, sismolojik, istatistiksel ve diğer bilgilerle düzenli bir şekilde birleştirerek, inşaat sahasında gelecekte olabilecek sismik etkinlikler için belirli olasılık değerleri saptayabilmektir. Sismik risk analizinin sonucu, genellikle inşaat sahasındaki belirli bir zemin hareketi parametresinin veya deprem büyüklüğünün bir yıldaki aşılma olasılığını veya ortalama tekrar süresini gösteren bir eğri şeklindedir.

Birçok ülkede santrallerin ekonomik ömürleri yaklaşık 50 yıl ve büyüklüğün aşılma olasılığı % 99,5 olarak kabul edilmektedir. Bu olasılık da depremin 10.000 yıllık tekrar süresine denk düşmektedir.

İstatistik analizlerinde veya olasılık hesaplarında, verilerin çokluğu ve sıklığı doğruya daha yakın sonuçlar verir. Bu durumda eski depremlere yani tarihsel ve aletsel deprem kayıtlarına gitme zorunluluğu vardır. Aletsel kayıtlarda parametreler daha kesindir. Eski yıllara ait kayıtlardan ise beklenebilecek en büyük deprem büyüklüğünün bulunmasında yararlanılmaktadır. Deprem tehlikesini belirleme çalışmalarında yörenin deprem aktivitesi, tektonik yapısı ile birlikte etüt edilerek sismotektonik haritalar yapılmaktadır. Tüm tarihsel ve aletsel deprem verileri ve yapılan bölgesel jeolojik etütler uluslararası standartlara ve güvenlik kriterlerine göre değerlendirilmektedir. Santralin kurulacağı merkezden itibaren en az 150 km yarıçaplı bir alan incelemelere tabi tutulmaktadır. Sismotektonik bölgelemenin amacı kendi içinde homojen bir deprem potansiyeline sahip alanların ortaya çıkarılmasıdır.

Nükleer santrallerde deprem parametrelerinin belirlenmesinde sismotektonik yaklaşımın kullanılması çoğu ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de zorunlu olup Akkuyu sahası için bu kapsamda hazırlanmış birçok rapor bulunmaktadır. Akkuyu sahası için çeşitli tekerrür sürelerine denk gelen sismotektonik haritalar hazırlanmıştır. Bu çalışmaların nihai amacı "Tasarım Yer Hareketi Seviyesi" nin belirlenmesidir.

Akkuyu sahasında bu amaçla jeolojik, sismolojik, sismotektonik vb. çalışmalar farklı ölçeklerde zaman içerisinde güncellenerek yıllarca sürdürülmüştür. Yerli yabancı bir çok kuruluşun ve üniversitelerin yer aldığı bu çalışmalar, TAEK ve uluslararası kuruluşlarca denetlenmiş ve değerlendirilmiştir. Nükleer güç projelerinde güvenlik kriterlerinden en ufak bir taviz verilmesi dahi düşünülemez. Net olarak şu gerçek bilinmelidir ki Akkuyu ve Sinop (Şekil 2) NGS Sahaları deprem riski açısından en güvenilir bölgeler arasında yer almaktadır.



**Şekil 2. Deprem haritası**

Akkuyu sahası için 1975 yılında başlatılan çalışmalar, 1975-1980 yılları arasında İsviçre firması EMCH Berger, yerli kurum ve kuruluşlar ile üniversiteler tarafından gerçekleştirilmiştir.

1980 yılından itibaren yapılan çalışmalar ise yerli danışmanlar gözetiminde yerli kurum ve üniversiteler ile devam etmiş, Akkuyu sahasına ilişkin olarak bugüne kadar 200'ün üzerinde rapor hazırlanmıştır. Bunların çoğu depremsellik ile ilgilidir. 1986-1989 yılları arasında 4 yıl boyunca sahanın depremselliği ve tektoniğine yönelik çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalar 1989-1990 yıllarında ODTÜ ve Boğaziçi Üniversitesi tarafından değerlendirilmiştir.

## Soru 10: Akdeniz'de Oluşabilecek Bir Tusunamiden NGS Etkilenir mi?

Tsunami, Akkuyu Nükleer Güç Santrali detaylı saha çalışmalarında dikkate alınan bir konudur. Tsunami kapsamında yapılan çalışmalar ile su alma-verme yapılarının yeri, reaktör ve yardımcı tesislerin olması gereken yükseklik gibi parametreler belirlenmektedir. 1979 yılında

ODTÜ Deniz Araştırmaları Enstitüsü tarafından hazırlanan “Akkuyu Nuclear Power Plant Tsunami Study” raporu ve 1985 yılında ODTÜ Deprem Araştırma Merkezi tarafından hazırlanan “Tsunami Analysis” raporu bulunmaktadır. Japonya’da meydana gelen deprem ve tusunamiden çıkarılan dersler de dikkate alınarak yapılan çalışmalar yeniden değerlendirilecek, gerekiyorsa UAEA’nın model çalışmalarını da dikkate alınarak tekrarlanacaktır.

### **Soru 11: Nükleer Santrallerin Radyasyon Etkisi Nedir?**

İnsanlar, hayatın bir parçası olarak uzay ve güneşten gelen kozmik ışınlar, yer kabuğunda bulunan radyoizotoplar dolayısıyla toprak ve yapı malzemeleri, su ve gıdalar gibi doğal kaynaklardan ışınlanmaktadır. Bunlara ilave olarak enerji üretimi, tıp, endüstri, araştırma, tarım ve hayvancılık gibi pek çok alanda kullanımı kaçınılmaz olan yapay kaynaklar nedeni ile doz almaktadır. Yaşam standartları, yaşadıkları ortamların fiziksel özellikleri ve coğrafi şartlara bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte dünya genelinde kişi başına yaklaşık 2,4 mSv yıllık doza maruz kalınmaktadır<sup>61</sup>.

Nükleer santrallerden alacağımız radyasyon ise doğal radyasyona göre çok daha küçüktür. Nükleer santral yakınında yaşayan bir kişinin alacağı radyasyon miktarı, doğadan kaynaklanan radyasyon miktarının 1/300 (üçyüzde biri) kadardır.

Örnek olarak, dünyada en fazla nükleer santralin olduğu Amerika Birleşik Devletleri’nde bu tür santrallerden dolayı halkın doğal radyasyona ek olarak aldığı miktar yılda 0,05 mSv’in<sup>62</sup> altındadır. Halk için kabul edilebilir radyasyon dozu sınırı yılda 1 mSv’dir. Özel

<sup>61</sup> <http://www.taek.gov.tr/bilgi-kosesi/radyasyon-insan-ve-cevre/81-radyasyonla-birlikte-yasiyoruz/181-dogal-radyasyon-kaynaklari.html>

<sup>62</sup> **Sivert (Sv):** Uluslar arası sistemde (SI) kullanılan radyasyon dozu eşdeğer radyasyon birimidir. Genel olarak iyonize radyasyonun biyolojik etkilerini değerlendirmede kullanılır. 1 Sv = 1 J/kg  
1 Sv= 1.000 miliSv (mSv)

durumlarda; ardışık yılın ortalaması 1 mSv olmak üzere 5 mSv'e kadar izin verilir<sup>63</sup>. Radyasyonla çalışanlar için radyasyon dozu ardışık 5 yılın ortalaması 20 mSv'i, herhangi bir yılda ise 50 mSv'i geçemez<sup>64</sup>.

Tablo 12'de, halkın günlük hayatta maruz kaldığı radyasyon miktarları verilmiştir. Nükleer santral yanında yaşayanların doğal radyasyona (Dünya ortalaması yıllık 0,4 mSv<sup>65</sup>) ek olarak alacakları radyasyon miktarı bir yılın toplamı olarak 0,05 mSv'den azken; günde 1 paket sigara içenin bir yılda alacağı doz miktarı 0,2 mSv (4 kat), bilgisayarlı tomografi yaptıran bir kişinin tek seferde alacağı doz 1,1 mSv (55 kat) ve düzenli uçuş yapan pilot ve uçuş personelinin bir yılda 9 mSv (180 kat)'dir.

Ayrıca, kömür (termik) santraline yakın yaşayan bir kişi kömür içerisindeki doğal olarak bulunan radyoaktif elementlerin duman ve kül olarak etrafa yayılmasıyla, nükleer santrale yakın yaşayan bir kişiye göre 3 kat daha fazla radyasyona maruz kalır.

**Tablo 12. Günlük Hayatta Radyasyon**

Radyasyon Kaynağı	Miktarı	Süre	Karşılaştırma
Pilot ve Uçuş Personeli <sup>66</sup>	9 miliSv	Bir yılda	180 katı
Bilgisayarlı Tomografi <sup>67</sup>	1,1 miliSv	Tek seferde	55 katı
Günde 1 paket sigara içme <sup>68</sup>	0,2 miliSv	Bir yılda	4 katı
Göğüs Röntgeni <sup>69</sup>	0,06 miliSv	Tek seferde	Aynı
Nükleer Santral Çevresi <sup>70</sup>	<0,05 miliSv	Bir yılda	

<sup>63</sup> Türkiye Atom Enerjisi Kurumu

<sup>64</sup> Türkiye Atom Enerjisi Kurumu

<sup>65</sup> <http://www.taek.gov.tr/bilgi-kosesi/radyasyon-insan-ve-cevre/81-radyasyonla-birlikte-yasiyoruz/181-dogal-radyasyon-kaynaklari.html>

<sup>66</sup> Oak Ridge Office, US Department of Energy

<sup>67</sup> Oak Ridge Office, US Department of Energy

<sup>68</sup> Oak Ridge Office, US Department of Energy

<sup>69</sup> American Nuclear Society

<sup>70</sup> Türkiye Atom Enerjisi Kurumu

## **Soru 12: Nükleer Santraller Çevreyi Nasıl Etkilemektedir ? (Fransa Loire Nehri Örneği)**

Santralin inşası, işletimi, sökümü ve atık yönetimi ile ilgili tüm faaliyetler ülkemizdeki çevre dâhil tüm mevzuatın gerektirdiği izin ve denetime tabii olacaktır. Söz konusu izin ve denetimler;

- TAEK tarafından verilecek izin ve lisanslar,
- TAEK tarafından yapılacak denetimler,

-EPDK'dan elektrik üretim lisansı alınması sırasında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan radyolojik ve radyolojik olmayan tüm çevresel etkileri de değerlendiren Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) için olumlu kararın alınmasını da kapsamaktadır. Söz konusu izinlerin alınamaması ya da denetimlerde olumsuz sonuçların çıkması halinde santralin inşasına ve faaliyetlerin sürdürülmesine izin verilmeyecektir.

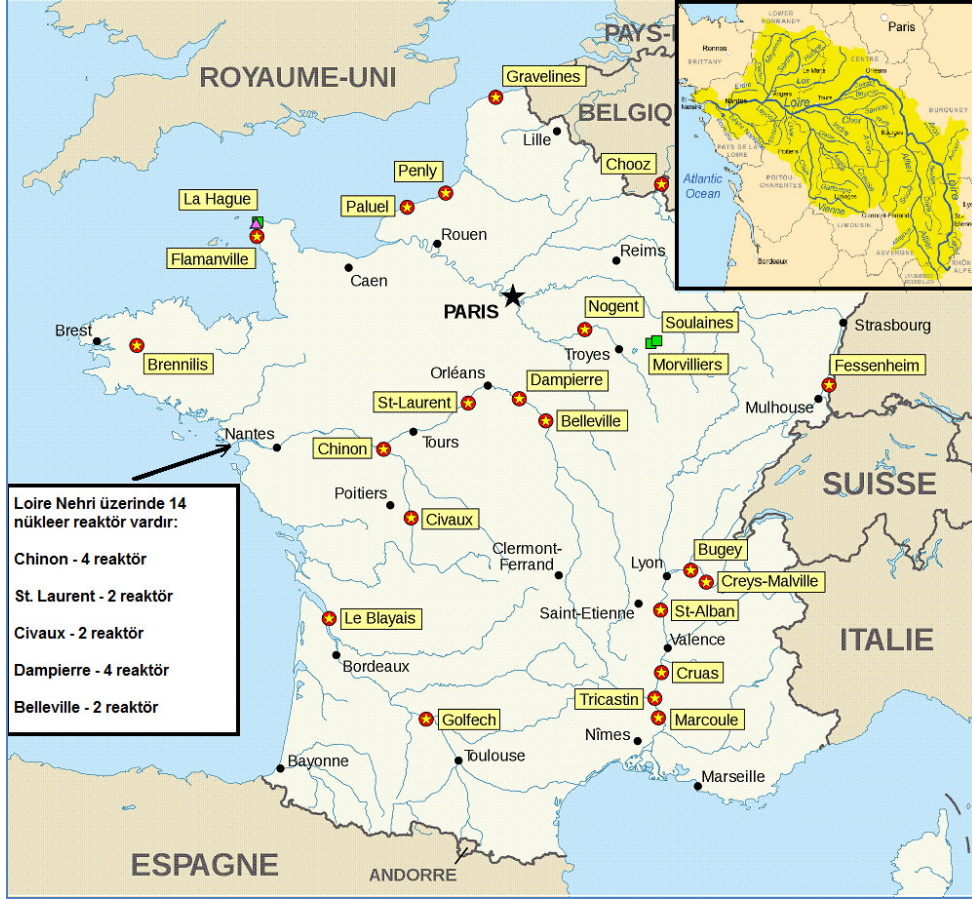
Normal işletme koşullarında ve olabilecek kaza durumlarında nükleer santrallerin çevreye olan radyolojik etkilerinin TAEK tarafından belirlenen limitlerin altında olacağını gösterilmesi, gerçekleştirilecek düzenleme ve denetleme çalışmalarında kullanılacak kabul kriterlerinden birisidir.

Ayrıca nükleer santrallerin işletilmesi sırasında oluşacak çevresel salımlar TAEK'in gözetimi ve denetimi altında olacaktır. Nükleer santrallerin radyolojik olmayan etkileri ise ilgili diğer kuruluşların denetimine ve düzenlemesine tabi olacaktır.

Santralin soğutma suyu sistemi, deniz ve karada ekolojik sisteme olabilecek muhtemel etkileri incelenerek ekolojik dengeyi değiştirmeyecek ve deniz suyu sıcaklığını Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın ilgili mevzuatında belirtilen limitleri geçmeyecek şekilde tasarlanacaktır. Deniz suyu, nükleer santrallerde reaktörü soğutmak için değil türbinden çıkan buharı yoğunlaştırmak için kullanılmakta ve



hiçbir şekilde reaktörden gelen suya karışmamaktadır. Isınarak tekrar denize verilen suyun sıcaklığı 2872 sayılı Çevre Kanunu ve ilgili mevzuata uygun olacaktır. Bu durumda, deşarjın yapıldığı deniz suyunun “o bölgede yaşayan balık ve diğer deniz canlılarını yok edebilecek seviyede” olması söz konusu değildir.



**Şekil 3. Loire Nehri üzerindeki nükleer güç santralleri**

58 adet nükleer reaktörle, kullandığı elektriğin % 75' ini nükleer enerjiden karşılayan Fransa'da, yaklaşık 1000 km uzunluğundaki Loire nehri üzerinde 14 adet nükleer reaktör (Şekil 3) bulunmaktadır. Loire nehri üzerinde bulunan nükleer santraller soğutma suyunu nehirden alıp, tekrar nehre vermektedir. Buna rağmen bu nehrin suyu sulamada kullanılmakta, denize döküldüğü koyda balık tutulmakta ve

yüzülmektedir. Ayrıca Loire Nehri Vadisi, Fransa'daki 30 adet dünya kültür mirası alanı içerisinde de yer almakta. Loire Nehri ve kollarının oluşturduğu vadide kalitesi dünyaca bilinen şarapların üretildiği bağ alanları bulunmaktadır<sup>71,72,73,74</sup>

### **Soru 13: Nükleer Santral, Turizmi ve Tarımı Olumsuz Etkiler mi?**

Dünyada pek çok turizm ülkesi nükleer enerjiden faydalanmaktadır ve yine birçok nükleer reaktör turizm merkezlerine Akkuyu sahasında olduğundan çok daha yakındır. Akkuyu sahasının Antalya'ya uzaklığı 300 km civarındadır. Bulgaristan'da bulunan Belene santrali İstanbul'a 400 km, Romanya'daki Cernovoda Santrali ise 370 km uzaklıktadır. Bu santrallerin en çok turist çeken şehrimiz olan İstanbul'a gelen turist sayısına herhangi bir etkisi bulunmamaktadır.

Fransa'da Paris'e 200 km'den daha yakın alanda 6 nükleer santral (Nogent, Dampierre, Saint-Laurent, Penly, Paluel, Belleville) bulunmaktadır. Nogent santralının Paris'e uzaklığı sadece 90 km'dir. Benzer şekilde, İspanya'da Madrid'e 200 km'den daha yakın alanda 4 nükleer santral (Jose Cabrerias, Trillo, Valdecaballeros, Almaraz) bulunmaktadır. Jose Cabrerias santralının Madrid'e uzaklığı sadece 50 km'dir. İngiltere'de Londra'ya 200 km'den daha yakın alanda 9 nükleer santral (Bradwell, Sizewell, Dungeness, Winfrith, Oldbury, Berkeley, Paluel, Penly, Gravelines) bulunmaktadır. Bradwell santrali Londra'ya 70 km mesafededir. Bu ülkelerin Türkiye'den çok daha fazla turist

<sup>71</sup> <http://www.ipsnews.net/news.asp?idnews=19640>

<sup>72</sup> <http://us.franceguide.com/UNESCO-IN-FRANCE.html?NodeID=1&EditoID=83582>

<sup>73</sup>

[http://www.enerji2023.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=152:tuerkiye-acisindan-nuekleer-enerjnn-yer&catid=6:nuekleer&Itemid=221](http://www.enerji2023.org/index.php?option=com_content&view=article&id=152:tuerkiye-acisindan-nuekleer-enerjnn-yer&catid=6:nuekleer&Itemid=221)

<sup>74</sup> <http://tutev.org.tr/index.php/makale-ve-paneller/makaleler/621-nabuccoya-kim-gaz-verecek>



eken lkeler olması nükleer santrallerin turizm üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi olmadığının en önemli göstergesidir<sup>75</sup>.

Ayrıca, Fransa'da bulunan Loire Nehri üzerinde 14 adet nükleer güç santrali bulunmaktadır. Nükleer santrallere rağmen, nehir üzerinde tarihi kalelerin bulunduğu bot ile yapılan pastoral bir gezinti çok popüler bir turizm aktivitesidir. Bunun dışında ABD'de yer alan Kaliforniya eyaletinde yer alan "Turkey Point" nükleer güç santralinin soğutma suyunda timsah yetiştirilmektedir<sup>76</sup>.



**şekil 4.** Balakovo Nükleer Güç Santrali (Rusya Federasyonu)<sup>77</sup>

Nükleer santrallerin tarıma etkisi ile ilgili olarak, en fazla nükleer güç santraline sahip olan ABD'nin, 42,8 milyar dolarla dünyada en fazla tarımsal ürün ihracatı yapan ülke olduğu bilinmektedir (Tablo 13). Yine, elektrik üretiminde nükleer enerjinin payı en fazla olan (%75)

---

<sup>75</sup> Türkiye Atom Enerjisi Kurumu

<sup>76</sup> <http://neinuclearnotes.blogspot.com/2007/07/florida-crocodile-comeback-courtesy-of.html>

<sup>77</sup> Akkuyu Nükleer Güç Santrali Elektrik retim A.ř.

Fransa da, en fazla tarımsal ürün ihracatı yapan 2. ülkedir. Dünyada en fazla tarımsal ürün ihracatı yapan ülkelerin verildiği Tablo 13'e bakacak olursak, dünyada bulunan nükleer reaktörlerin yarısından fazlasının bu ilk 10 ülkede kurulu olduğu görülebilir.

**Tablo 13.** Dünyada tarımsal ürün ihracatı yapan ilk 10 ülke ve nükleer reaktör sayıları (2003-2004)<sup>78</sup>

Ülke	Milyon ABD Doları (Tarımsal Ürün İhracatı)	Nükleer Reaktör Sayısı
ABD	42.829	104
Fransa	24.262	58
Hollanda	19.870	1
Almanya	13.842	17
Birleşik Krallık	11.613	18
Kanada	10.107	17
Avustralya	9.824	0
İtalya	9.446	0
Belçika	9.013	7
İspanya	6.621	8
<b>Toplam 10 Ülke</b>	<b>157.427</b>	<b>230</b>

#### **Soru 14: Nükleer Güç Santrallerinden Çıkan Kullanılmış Yakıt Miktarı Ne Kadardır?**

Dünya üzerindeki tüm nükleer santrallerin şu ana kadar (yaklaşık 40 yıllık atık) biriken toplam nükleer atık(kullanılmış yakıt) yaklaşık olarak 260.000 ton olup, bu atık 5 metre yüksekliğinde yan yana konulduğunda, 4 futbol sahasını dolduracak hacimdedir<sup>79</sup>. Sadece ABD'de şu ana kadar ortaya çıkan atık 5 m yüksekliğinde depolandığında ise bir futbol sahasını kaplayacak hacimdedir<sup>80</sup>. Tipik bir 1000 MW'lık nükleer santralden yılda yaklaşık 30 ton nükleer atık

<sup>78</sup> <http://www.mapsofworld.com/world-top-ten/world-top-ten-agricultural-exporters-map.html>

<sup>79</sup> [http://www.nei.org/resourcesandstats/nuclear\\_statistics/nuclearwasteamountsan-donsitestorage/](http://www.nei.org/resourcesandstats/nuclear_statistics/nuclearwasteamountsan-donsitestorage/)

<sup>80</sup> The U.S. Department of Energy (DOE) , 2007

çıkılmaktadır<sup>81</sup>. Tüm dünya üzerindeki santrallerden yıllık olarak çıkan nükleer atık miktarı yaklaşık 12.000 ton' dur.

### **Soru 15: Akkuyu NGS Projesi İçin Neden Rusya Federasyonu?**

Dünyada nükleer enerji teknolojisine sahip az sayıda ülke bulunmaktadır. Rusya Federasyonu (RF) bu alanda önde gelen üretici ve işleticiler arasındadır. Dünyadaki mevcut nükleer elektrik üretimi tecrübesinde Rus tipi nükleer santrallerin önemli bir pay sahibi olduğu bilinmektedir. Rus nükleer teknolojisi ABD nükleer teknolojisi kadar eski olup şu anda 11 ülkede işletmede ve inşa halinde olan toplam 83 adet Rus tasarımı nükleer reaktör bulunmaktadır (Tablo 14). Rusya Federasyonu, Japonya ve G. Kore gibi nükleer güç santrallerinin tasarımından işletimine kadar her aşamasını yapabilecek yetkinliğe sahip ülkeler arasında yer alır. Neden Rusya sorusunun cevapları şu şekilde sıralanabilir:

- Rusya nükleer enerjiden ticari alanda elektrik üreten (Obninsk reaktörü, 1954) ilk ülkedir.
- 2010 yılında Venezuela'dan Hindistan'a, Çin'den Türkiye'ye kadar NGS kurma girişimleri oldu.
- Dünyada yapım aşamasında olan 61 NGS'den 14'ünü Rusya inşa etmektedir.
- Rusya işletmede olan 32 NGS'sini yakın gelecekte 42 NGS'ye çıkarmayı planlamaktadır.
- Rus NGS'lerin bir başka avantajı tekliflerinde tüm yakıt çevrimini de sunmalarıdır (santralde kullanılacak yakıt Rusya'da imal edilip, Akkuyu nükleer santralinde kullanıldıktan sonra tekrar Rusya'ya götürülebilecektir).
- Rusya, sadece kendi yaptığı santrallerde değil aynı zamanda dünyadaki çeşitli santrallere de nükleer yakıt sağlamaktadır.

<sup>81</sup> <http://www.iaea.org/Publications/Booklets/Development/devnine.html>

ABD ve Fransa'da kullanılan yakıtın %30'u, İsviçre'de kullanılanların %100'ü Rus yapımıdır.

- Rusya, dünya zenginleştirme kapasitesinin %40'ına sahiptir ve dünyada kullanılan yakıtın %17'sini sağlamaktadır. Rosatom bu oranı 2025 yılında %25'e çıkarmayı hedeflemektedir.

### **Soru 16: Akkuyu NGS Projesi ile Rusya'ya Bağımlılığımız Artar mı?**

Akkuyu NGS Projesi ile yaklaşık 20 milyar ABD Dolarlık Rus sermayesi, tüm riskler Rus tarafında olmak kaydıyla Türkiye'ye aktarılmaktadır. Söz konusu Proje kapsamında yaklaşık 4.800 MWe kurulu güç kapasite ile yıllık 40 milyar kWh elektrik üretilecektir. Bu üretilecek elektrik sayesinde doğalgaz ithalatında yıllık yaklaşık 8 milyar metreküplük miktarda, 3,6 milyar ABD Doları tutarında bir azalma olacaktır. Bu durum enerjide dışa bağımlılığımızı azaltan bir etki oluşturacaktır.

Hükümetlerarası Anlaşmada<sup>82</sup> ülkemizin yükümlülüğü olarak sahanın santralin söküm sürecinin sonuna kadar Akkuyu NGS Elektrik Üretim A.Ş.'ye tahsis edilmesi ve santralde üretilecek elektriğin % 50'sinin 15 yıl boyunca TETAŞ tarafından satın alınması hükmü yer almaktadır. Proje Şirketi, elektrik alım garantisinin bitiminden sonra yaklaşık 45 yıl boyunca, Türk Tarafı'na yıllık bazda Proje Şirketi'nin net karının % 20'sini verecektir.

Öte yandan yakıt konusunda, yakıtın RF'den alınmasına ilişkin bir zorunluluk mevcut değildir. Buna ilave olarak, Anlaşma nükleer yakıtın zaman içerisinde Türkiye'de üretilmesine de imkân vermektedir. Nitekim, Anlaşmanın 3. maddesinde yer alan amaç ve kapsam tanımları içerisinde, işbirliği yapılacak alanlar arasında "Türkiye'de Nükleer Yakıt Tesisleri Kurulması, İşletimi ve Yakıt Döngüsü" maddesi yer

<sup>82</sup> "Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Hükümeti Arasında Türkiye Cumhuriyeti'nde Akkuyu Sahasında Bir Nükleer Güç Santralinin Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliğine İlişkin Anlaşma", 27721 Sayısı 6 Ekim 2010 Tarihli Resmi Gazete.

almaktadır. İlk etapta kurulacak 4 ünite, nükleer yakıt tesisi kurmak için ekonomik açıdan yeterli değildir. Ancak ülkemizdeki nükleer santral sayısı arttıkça (en az 8 ünite) ülkemizde nükleer yakıt üretimi mümkün olacaktır. Akkuyu NGS'nin yakıtları anlaşma çerçevesinde uluslararası piyasalardan uzun dönemli kontratlarla temin edilecektir. Pratikte nükleer yakıtın Rusya'dan gelmesi öngörülmele beraber hukuken böyle bir zorunluluk yoktur.

### **Soru 17: Akkuyu NGS ile Türkiye'ye Teknoloji Transferi Olacak mıdır? İstihdama Katkısı Nedir?**

Ülkemizde henüz NGS olmaması nedeniyle nükleer teknoloji alanında gelişmiş bir altyapımız bulunmamaktadır.

NGS kurulması çalışmaları elektrik enerjisi üretimi amacıyla yürütülen çalışmalar olmakla beraber, yaklaşık 550 bin parçadan oluşan bir proje olmasından dolayı farklı sanayi ve hizmet sektörlerini de ilgilendiren projedir. Bu durumda, NGS inşasında, işletiminde, bakım ve onarımında kendi alanlarında deneyimli Türk şirketlerin de görev alabileceği düşünülmektedir.

NGS'lerin inşaat aşaması görece olarak uzun zaman gerektirmektedir. Sürecin başlangıcı ile birlikte firmalarımızın kendilerini bu sürece adapte edebileceği ve ana yüklenici firma ile işbirliğine girebileceklerini değerlendirmek yanıltıcı olmayacaktır.

Proje şirketinin kuruluşunun ardından İstanbul'da projeyi Türk firmalarına tanıtmak için şirket tarafından bir sunum gerçekleştirilmiştir. Bu sunumun ardından, Proje Şirketi, Akkuyu Nükleer Santralin inşasında görev alma kabiliyetine sahip birçok Türk firmasının olduğunu belirtmiştir.

G.Kore'deki nükleer endüstrinin gelişimi bizim için iyi bir örnek oluşturmaktadır. G. Kore ilk nükleer santralinde yalnızca %2 oranında

bir yerel katkı bulunmaktayken, günümüzde, %98'i milli kaynaklarla inşa edilen nükleer santral projeleri tasarlayabilmektedir.

Dünyada nükleer santral teknolojisinin geliştirilmesi 1940'lı yıllardan itibaren, başta ABD olmak üzere Rusya, Fransa, İngiltere ve Kanada tarafından başlatılmıştır. Diğer tüm ülkeler, nükleer santral teknolojisini bu ülkelerden ithal etmişlerdir.

Almanya, Japonya, Hindistan ve Güney Kore gibi ülkeler ithal ettikleri teknolojiyi daha da geliştirerek kendilerine has nükleer santral tasarımlarına sahip olmuşlardır. 20'nin üzerinde ülke, işlettikleri nükleer reaktörleri bu ülkelerden temin etmişlerdir.

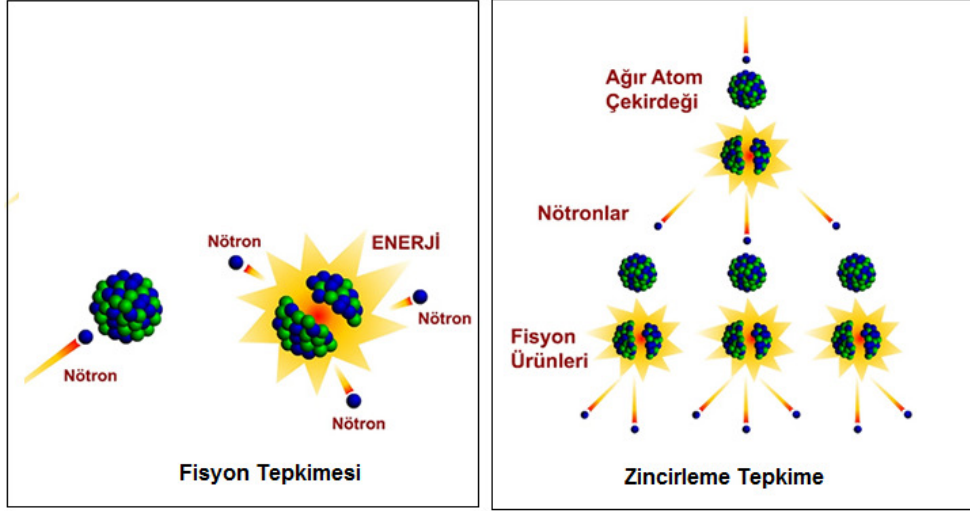
Rosatom Proje Direktörü Sergey Boyarkin, Akkuyu NGS'nin Türk ekonomisine ve istihdama katkısı ile ilgili olarak şunları ifade etmiştir: "Rus nükleer santrallerinin bulunduğu alanlarda bir kişilik istihdam, 10 kişiye iş imkanı sağlamaktadır. Santralde yaklaşık 2 bin kişi çalışacak. Bunların çoğunluğu Türk vatandaşı olacak. 2.000 kişinin toplam istihdam etkisi ise 20.000 kişi olacaktır. Santralin inşa aşamasında önemli iş imkânları doğacaktır. Bunlardan çok daha önemlisi ise büyük sanayi yatırımcıları tesislerini, 50-60 yıllık elektrik enerjisini garanti gördükleri bölgelere rahatlıkla kurmaları olacaktır. Bu, Türkiye'nin endüstriyel kalkınması açısından önemli bir avantaj sağlayacaktır."

### **Soru 18. Nükleer Santrallerin İşleyişi Nasıldır?**

Ağır atom çekirdeklerinin nötronlarla bombardımanı sonucunda çekirdekler parçalanır ve Şekil 5'te gösterildiği üzere fisyon ürünleri, 2 veya 3 adet nötron ve 200 MeV<sup>83</sup> düzeyinde büyük bir enerji açığa çıkar. Gerçekleşen bu tepkimeye "fisyon" ve tepkime sonucunda elde edilen enerjiye de "nükleer enerji" adı verilir.

<sup>83</sup> Elektron Volt (eV): Enerji birimidir. 200 MeV, yaklaşık olarak  $3,2 \times 10^{-11}$  Joule'e eşittir.

Nükleer reaktörlerde, fisyon tepkimesi sonucu açığa çıkan nötronların kontrollü olarak tekrar fisyon tepkimelerine neden olması sağlanarak (zincirleme tepkimeyi gerçekleştirerek) nükleer enerji üretiminin sürekliliği sağlanır. Daha sonra elde edilen nükleer enerji, birincil çevrimde (Şekil 6'da kırmızı oklarla gösterilen çevrim) yer alan nükleer yakıt ve diğer malzemeler içerisinde ısı enerjisine dönüştürülür.



**Şekil 5. Parçalanma (fisyon) tepkimesi ve zincirleme tepkime<sup>84</sup>**

Bu ısı enerjisi buhar üreticisiyle ikincil çevrime (Şekil 6'da Buhar üretici, türbin, yoğuşturucu ve pompa ekipmanlarını içeren mavi oklarla gösterilen çevrim) aktarılarak türbin sisteminde kinetik enerjiye ve daha sonra da jeneratör sisteminde elektrik enerjisine dönüştürülür. Türbinden geçen ve enerjisi alınan buhar, soğutma çevrimiyle (Şekil 6'da deniz veya nehir suyundan alınan suyla gerçekleştirilen çevrim) yoğuşturularak tekrar su formuna dönüştürülüp pompa yardımıyla buhar üreticisine iletilir.

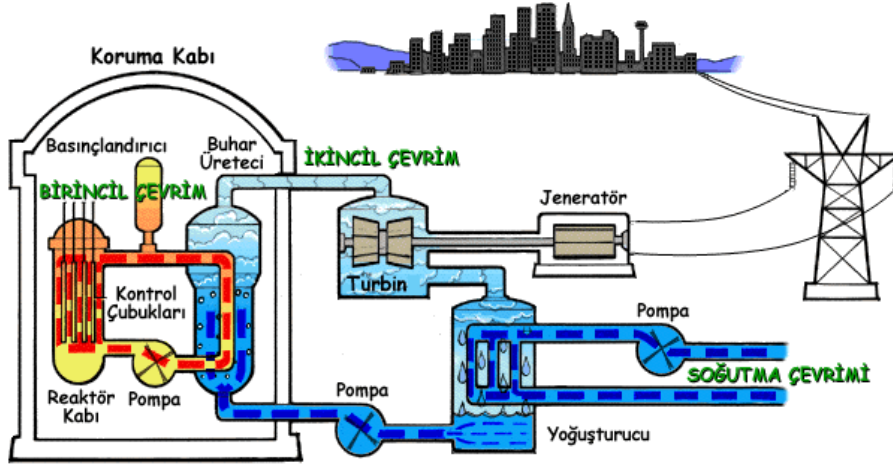
Reaktör içerisinde meydana gelen kontrollü fisyon tepkimeleri sonucunda açığa çıkan fisyon ürünleri radyoaktiftir ve radyasyon

<sup>84</sup> <http://www.taek.gov.tr/bilgi-kosesi/nukleer-enerji-ve-reaktorler/82-nukleer-enerji/235-nukleer-enerji-nedir.html>



yayınlar. Bu nedenle nükleer santraller, açığa çıkan bu radyoaktif maddelerin ve radyasyonun, normal çalışma veya kaza durumunda reaktör ve santralin dışına çıkmamasını ve çevreden yalıtılarak muhafaza edilmesini sağlamak üzere “Derinliğine Savunma”<sup>85</sup> ilkesine dayandırılarak tasarlanırlar.

Bu ilke, radyoaktif salıma karşı beş fiziksel bariyerin tasarımda yer almasını öngörür.



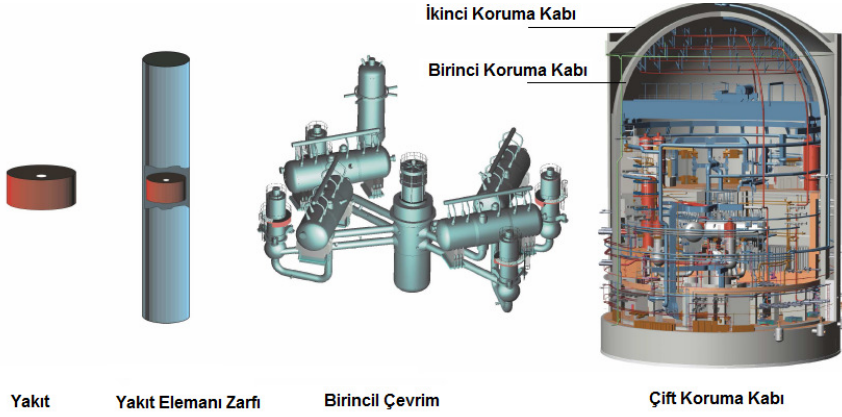
**Şekil 6. Nükleer güç santrallerinin çalışma prensibi (Basınçlı Su Reaktörü – PWR)**

Şekil 7’de görüldüğü gibi, radyoaktif salıma karşı oluşturulan ilk fiziksel bariyer nükleer yakıtın kendisidir. Nükleer yakıtlar seramik yapıya sahip olduklarından radyoaktif maddeler yakıt içinde tutulur ve nükleer yakıt zarfına ulaşması engellenir. İkinci bariyer, paslanmaz ve mekanik yük ile radyasyona dayanıklı yakıt elemanı zarfıdır. Yakıt elemanı zarfı, radyoaktif salımın birincil çevrime ulaşmasını engeller. Üçüncü ve dördüncü bariyerler, birincil çevrim içerisinde yer alan soğutma suyu ve/veya moderatörler (yavaşlatıcılar) ve reaktör kabıdır (Şekil 6).

<sup>85</sup> **Derinliğine Savunma:** Nükleer santrallerde kazaları ve eğer kaza gerçekleşirse kaza sonucu radyoaktif salımı önlemek için alınan tedbirlerin ve analizlerin bütünüdür.



Soğutma suyu ve moderatörler, radyoaktif maddelerin reaktör kabına ulaşmasını engellemek için yavaşlatıcı olarak kullanılır. Reaktör kabı ise, radyoaktif maddelerin son bariyer olan koruma kabına ulaşmasını engeller. Koruma kabı, ön gerilimli betondan yapılmıştır ve tek veya çift tasarımı olmak üzere yaklaşık 1 metre kalınlığındaki duvarlardan oluşur. Bu son fiziksel bariyer, çevreye radyoaktif madde salımını engeller.



**Sekil 7. Radyoaktif salıma karşı oluşturulan fiziksel bariyerler (VVER-1000 tipi reaktör)<sup>86</sup>**

Yukarıda sayılan bariyerlerin bütünlüğünün ve sağlamlığının korunması için bir takım güvenlik sistemleri tasarımlara eklenmiştir. Bu güvenlik sistemleri yedekli<sup>87</sup>, çeşitli<sup>88</sup> ve güvenilir aktif<sup>89</sup> ya da pasif<sup>90</sup> parçalardan (sistemlerden) oluşur.

<sup>86</sup> NPP-2006 with Reactor VVER-1200/491, Atomstroyexport

<sup>87</sup> **Yedekli:** Aynı işi yapan birden fazla ekipmanın kullanılması. Bu durumda, bir ekipman arızalandığından ikincisi devreye girer. Eğer ikincisi bakımda ise üçüncüsü devreye girer. Genel olarak her ekipman iki yedeklidir.

<sup>88</sup> **Çeşitli:** Aynı görevi yerine getirecek birden fazla yolun bulunması. Eğer, aynı tip ekipmanların hepsi (ana ekipman ve yedekleri) devre dışı kalırsa farklı yollarla aynı görev yerine getirilir.

<sup>89</sup> **Aktif Sistemler:** Reaktör operatörü tarafından ya da otomatik olarak devreye sokulan sistemler

<sup>90</sup> **Pasif Sistemler:** Kazanın ciddileşmesini önlemek için kendiliğinden devreye giren sistemler

## Soru 19: Rus Teknolojisi Ne Kadar Güvenilir?<sup>91</sup>

Dünyada nükleer santralden ilk ticari elektrik üretimi, 1954 yılında Sovyetler Birliği tarafından kurulan 5MWe güç kapasitesine sahip Obninsk nükleer reaktöründe (RBMK tipi) gerçekleşmiştir.

Bu büyük başarının ardından Sovyetler Birliği, ticari boyutta ilk reaktörlerini 1963-64 yılları arasında işletmeye almıştır. 1980'lerin ortasında 25 adet nükleer güç reaktörüne sahip olan şimdinin Rusya Federasyonu, günümüzde 23.084 MWe toplam kurulu güçteki 32 adet nükleer reaktöre sahiptir ve elektrik üretiminin %17'sini nükleer enerjiden sağlamaktadır<sup>92</sup>.

Ayrıca, mevcut reaktörlerine ek olarak toplam 8960 MWe kurulu güce sahip olacak **10 adet nükleer** reaktör de inşa aşamasındadır (Tablo 14). Rusya Federasyonu toprakları içerisinde yer alan bu reaktörlere ek olarak Ermenistan (1 adet), Bulgaristan (2 adet), Çin (2 adet), Çek Cumhuriyeti (6 adet), Finlandiya (2 adet), Macaristan (4 adet), İran (1 adet), Slovakya (4 adet) ve Ukrayna (15 adet)'da 37 adet Rus tasarımı nükleer reaktör de işletimdedir (Tablo 14).

ER (Su Soğutmalı-Su Moderatörlü Reaktör) tipi reaktörler, dünyada en fazla işletim ömrüne ve reaktör sayısına sahip PWR (Basınçlı Su Reaktörü) tipi reaktörlerin Rus versiyonlarıdır. VVER tipi reaktörlerin ilk üretimi 1970'lere kadar uzanmaktadır. Bu ilk VVER'ler, 1. Nesil (Gen I), 440 MWe güç üreten VVER-440'lardır. 1980'li yıllarda, daha fazla güç üreten (1000 MWe) 2. Nesil (Gen II) VVER-1000 tipi nükleer reaktörler üretilmeye başlanmıştır.

<sup>91</sup> Hacettepe Üniversitesi Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Şule Ergun'un katkılarıyla.

<sup>92</sup> <http://www.world-nuclear.org/info/inf45.html>

**Tablo 14.** Dünya genelinde Rus teknolojisi nükleer reaktörlerin durumu<sup>93,94</sup>

Ülkeler	Nükleer Reaktör Sayısı	
	İşletilen	İnşa Halinde
Rusya Federasyonu	32	10
Ermenistan	1	-
Bulgaristan	2	-
Çin Halk Cumhuriyeti	2	-
Çek Cumhuriyeti	6	-
Finlandiya	2	-
Macaristan	4	-
İran	1	-
Slovakya	4	-
Ukrayna	15	2
Hindistan	-	2
Sadece Yurtdışındaki Toplam	37	4
<b>Genel Toplam</b>	<b>69</b>	<b>16</b>

Akkuyu sahasında kurulması planlanan 4 adet nükleer reaktör, VVER-1200 tipi 3. Nesil (Gen III ) nükleer reaktördür. VVER-1200 tipi reaktörler, işletimde olan VVER-1000 tipi reaktörlerin mevcut işletme ömrü, gücü, termal verimi ve güvenlik sistemleri artırılmış modelleridir. İşletimde olan bir reaktörün, hazırlık ve inşa süreleri dikkate alındığında en az 15 yıl eski teknolojiler üzerine kurulu bulunmasından dolayı TAEK, “Nükleer Güç Santrallerinin Lisanslanmasına İlişkin Yönerge”sinde yer aldığı üzere var olan bir tasarım üzerine yapılan iyileştirmelere sahip yeni tasarımları kabul etmektedir<sup>95</sup>.

Ancak koşul olarak tasarımın inşa edilmek üzere lisanslanmış ve inşaatına başlanmış bir örneğinin olmasını istemektedir. Nükleer reaktörlerin lisanslanması aşamasında tesisin güvenli bir tasarıma sahip olup olmadığının değerlendirilmesi inşaat lisansı başvurusu üzerine yapılır. Daha sonraki aşamalarda tesisin tasarıma uygun bir

<sup>93</sup> <http://www.world-nuclear.org/info/inf45.html>

<sup>94</sup> Akkuyu NGS Elektrik Üretim A.Ş.

<sup>95</sup> Türkiye Atom Enerjisi Kurumu

şekilde inşa edilip edilmediği takip edilir. Bu amaçla, Rusya'da 6 adet VVER-1200 tipi nükleer reaktörün, Rusya'daki Düzenleyici Kurumdan inşaat lisansı alınarak, Novovoronezh II, Leningrad II ve Baltic nükleer güç santrallerinde inşasına başlanmıştır<sup>96</sup> (Tablo 15). Şekil 8'de tasarım görünümü yer alan Novovoronezh II'nin ilk ünitesi (reaktörü) 2012 yılında işletmeye alınacaktır<sup>97</sup>. Hemen akabinde 2013 yılında Leningrad II'nin ilk ünitesi işletmeye alınacaktır. Genel olarak toplam 6 reaktörün en geç 2018 yılı içinde işletmeye alınacağı belirtilmektedir.

**Tablo 15. Rusya Federasyonu'nda inşa aşamasında olan VVER 1200 tipi nükleer reaktörler<sup>98</sup>**

Nükleer Reaktör	Tipi	Kurulu Güç (MWe)	İnşa Başlangıç	İşletmeye Alma
<b>Novovoronezh II 1</b>	VVER-1200	1200	Haziran 2008	2012
<b>Novovoronezh II 2</b>	VVER-1200	1200	Temmuz 2009	2016
<b>Leningrad II 1</b>	VVER-1200	1200	Haziran 2008	Ekim 2013
<b>Leningrad II 2</b>	VVER-1200	1200	Nisan 2010	2016
<b>Baltic I</b>	VVER-1200	1200	Nisan 2011	2016
<b>Baltic II</b>	VVER-1200	1200	-	2018

VVER-1200 gibi 3. nesil olarak nitelendirilen başka reaktör tipleri de bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak Güney Kore tasarımı APR1400, Fransız tasarımı EPR ve ABD tasarımı AP1000 verilebilir. Bu reaktörlerin hiç birinin işletme halinde bulunan bir örneği bulunmamaktadır.

Bununla birlikte 2 ünite APR1400 Güney Kore'de, 1'er ünite EPR Finlandiya ve Fransa'da, 4 ünite AP1000 ise Çin'de halen inşa halinde bulunmaktadır.

Bu reaktörlerin geliştirilmelerine temel teşkil eden Basınçlı Su Reaktörü (PWR) tipi reaktörlerin başarılı işletme deneyimleri, bahsi geçen 3. nesil reaktörlerin kurulmaları için yeterli referansı sağlamaktadır<sup>99</sup>.

<sup>96</sup> Akkuyu NGS Elektrik Üretim A.Ş.

<sup>97</sup> <http://www.world-nuclear.org/info/inf45.html>

<sup>98</sup> <http://www.world-nuclear.org/info/inf45.html>



**Şekil 8.** İnşa aşamasında olan VVER-1200 tipi Novovoronezh II'nin 1 ve 2 nolu nükleer reaktörlerinin tasarım görünümü <sup>100</sup>

“Derinliğine Savunma” ilkesinde yer alan beş fiziksel bariyerin bütünlüğünü ve sağlamlığını koruyacak, birçok güvenlik sistemi VVER-1200 tipi reaktörde yer almaktadır. Bu güvenlik sistemleri içerisinde yer alan,

- Kor erimesi durumunda, Çernobil'deki gibi bir facianın ortaya çıkmaması için tasarlanan **“Eriyik Kor Kabı<sup>101</sup>”**
- Çernobil nükleer santralinde bulunmayan ilki 1,2 metre, ikincisi ise 1 metre kalınlığında **“Çift Koruma Kabı<sup>102</sup>”** (Şekil 7) (Birincil koruma kabını aşacak zararlı gazların muhafazası ve filtre edilebilmesi için gerekli boş alanı sağlayarak insan ve çevreyi korumakla kalmayıp dayanıklı yapısıyla uçak çarpması, reaktör dışı patlamalar, şiddetli fırtınalar ve su baskınlarına karşı reaktörü dış etkilerden korumaktadır)
- **“Acil Durum Kor Soğutma Sistemi”**

<sup>99</sup> www.taek.gov.tr

<sup>100</sup> <http://www.aep.ru/en/activity/projects/russia/novovoronezh2>

<sup>101</sup> **Eriyik Kor Kabı (core catcher):** Çernobil ve Fukushima'da meydana gelen “Kor Erimesi Kazası” meydana gelecek olursa dayanıklı seramik yapısıyla eriyiğin koruma kabından çıkıp çevreye ulaşmasını engelleyerek hapseder ve yapısındaki soğutucu malzemeler ile eriyiği soğutur.

<sup>102</sup> Prof. H. Böck. "WVER/ VVER (Soviet Soviet designed designed Pressurized Pressurized Water Water Reactors Reactors)". Vienna University of Technology. Austria Atomintitute.

- “Otomatik Kontrol”
- “Pasif Güvenlik Sistemi”
- Sismik sistemler

gibi ileri teknoloji ekipmanlara ek olarak Fukushima nükleer santralinde meydana gelen hidrojen patlamalarını engelleyici, kimyasal etkileşimler ile hidrojeni bağlayan “**Hidrojen Emici Sistemler**” de mevcuttur.

Gerek tasarımı gerekse güvenlik sistemleri ile VVER-1200’ler Rusya, Avrupa ve Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı kod ve standartlarına uygundur.

**Soru 20. VVER-1200 Tipi Nükleer Güç Santrali (NGS),  
Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (UAEA) ve Türkiye  
Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) Düzenlemelerine Uygun  
mudur?**

VVER-1200, TAEK kriterlerine uygunluk açısından değerlendirilmiş ve lisanslama sırasında ayrıntılı gözden geçirme ve değerlendirme yapma hakkı saklı tutularak tasarımın TAEK kriterleri açısından yeterli olduğu belirtilmiştir. Bu kriterlerden bir tanesi de NGS’nin güncel ve kanıtlanmış teknolojik yenilikleri kapsamı ve başta UAEA olmak üzere uluslar arası normlara uygun olmasıdır. Benzer bir ön değerlendirmeyi Finlandiya düzenleyici kuruluşu olan STUK gerçekleştirmiş, aynı şekilde ayrıntılı değerlendirme hakkı saklı tutularak VVER-1200 tasarımının genel tasarım hedefleri ve prensipleri doğrultusunda kabul edilebilirliği kurucuya bildirilmiştir<sup>103</sup>.

Ayrıca TAEK’in “Nükleer Güç Santrallerinin Lisanslanmasına İlişkin Yönerge”sinde yer aldığı üzere UAEA düzenlemelerine uygunluk

---

<sup>103</sup> www.taek.gov.tr

lisanslamanın koşullarından birisidir. Dolayısıyla, bu koşullar sağlanmadığı takdirde tesise inşaat lisansı verilmeyecektir.



# EKLER

## Rus Tipi Nükleer Güç Santrallerinden Fotoğraflar



**Şekil 9.** Balakovo Nükleer Güç Santrali (Rusya Federasyonu)<sup>104</sup>

<sup>104</sup> Akkuyu NGS Elektrik Üretim A.Ş.





**Şekil 10.** Volgodonsk (Rostov) Nükleer Güç Santrali (Rusya Federasyonu)<sup>105</sup>



**Şekil 11.** Tianwan Nükleer Güç Santrali (Çin Halk Cumhuriyeti)<sup>106</sup>

<sup>105</sup> Akkuyu NGS Elektrik Üretim A.Ş.

<sup>106</sup> Akkuyu NGS Elektrik Üretim A.Ş.



**Şekil 12.** Beloyarsk Nükleer Güç Santrali (Rusya Federasyonu)<sup>107</sup>

---

<sup>107</sup> Akkuyu NGS Elektrik Üretim A.Ş.





**Şekil 13.** Temelin Nükleer Güç Santrali (Çek Cumhuriyeti)<sup>108</sup>

---

<sup>108</sup> Akkuyu NGS Elektrik Üretim A.Ş.

# KAYNAKÇA

1. International Energy Outlook 2010, Energy Information Administration
2. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2010
3. Hampetrol ve Doğalgaz Sektör Raporu 2010, TPAO
4. International Energy Agency, 2010
5. Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığı, 2010
6. Peterson, S., "Nuclear Energy A Global Imperative For The 21th Century", Vital Speech of the Day (Nuclear Energy Institute Delivered to World Energy Congress)
7. Myths & Facts About Nuclear Energy, NEI
8. Sustainable Energy Development – Economics and Externalities, Hans-Holger Rogner, Dept. of Nuclear Power, IAEA, 1999.
9. The Benefits of Nuclear Energy, Bruno Comby, [www.ecolo.org](http://www.ecolo.org)
10. <http://www.iaea.org/Publications/Booklets/Development/devnine.html>
11. Energy Resources International Inc., Mayıs 2011
12. World Nuclear Association
13. Key World Energy Statistics 2010, IAEA
14. Nuclear Power Reactors in the World, Reference Data Series No.2, 2011, IAEA
15. <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>
16. [http://www.ensec.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=309:nuclear-energy-in-asia-a-post-Fukushima-perspective&catid=116:content0411&Itemid=375](http://www.ensec.org/index.php?option=com_content&view=article&id=309:nuclear-energy-in-asia-a-post-Fukushima-perspective&catid=116:content0411&Itemid=375)
17. IAEA, 2006
18. TMMOB Makine Mühendisleri Odası, MMO Yayın No: E/2001/275-Ekim 2001
19. <http://www.ipsnews.net/news.asp?idnews=19640>
20. <http://us.franceguide.com/UNESCO-IN-FRANCE.html?NodeID=1&EditoID=83582>
21. [http://www.enerji2023.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=152:tuerkye-acisindan-nuekleer-enerjnn-ner&catid=6:nuekleer&Itemid=221](http://www.enerji2023.org/index.php?option=com_content&view=article&id=152:tuerkye-acisindan-nuekleer-enerjnn-ner&catid=6:nuekleer&Itemid=221)
22. <http://tutev.org.tr/index.php/makale-ve-paneller/makaleler/621-nabuccoya-kim-gaz-verecek>
23. Türkiye Atom Enerji Kurumu, [www.taek.gov.tr](http://www.taek.gov.tr)
24. [http://www.nei.org/resourcesandstats/nuclear\\_statistics/nuclearwasteamountsandonsitestorage/](http://www.nei.org/resourcesandstats/nuclear_statistics/nuclearwasteamountsandonsitestorage/)
25. The U.S. Department of Energy (DOE) , 2007
26. Nikolay Fil (26-28 July 2011). "Status and perspectives of VVER Status and perspectives of VVER nuclear power plants nuclear power plants". OKB Gidropress. IAEA.

27. Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power, IAEA, NG-G-31, 2007.
28. Oak Ridge Office, US Department of Energy
29. American Nuclear Society
30. <http://www.world-nuclear.org/ecsgallery/gallery.aspx?fid=676>
31. <http://englishrussia.com/2009/12/13/volgodonsk-nuclear-power-plant/>
32. [www.nukeworker.com](http://www.nukeworker.com)
33. <http://www.euronuclear.org/e-news/e-news-20/issue-20-print.htm>
34. Prof. H. Böck. "WWER/ VVER (Soviet Soviet designed designed Pressurized Pressurized Water Water Reactors Reactors)". Vienna University of Technology. Austria Atomintitute.
35. <http://www.aep.ru/en/activity/projects/russia/novovoronezh2>
36. Akkuyu Nükleer Güç Santrali Elektrik Üretim A.Ş.
37. NPP-2006 with Reactor VVER-1200/491, Atomstroyexport
38. <http://energy.eu/>