



NÜKLEER GÜÇ SANTRALLERİ VE TÜRKİYE



NÜKLEER ENERJİ PROJE UYGULAMA DAİRE BAŞKANLIĞI

YAYIN No:2

İÇİNDEKİLER

1.DÜNYADA NÜKLEER SANTRALLERE İLİŞKİN SAYISAL VERİLER.....	3
2. TÜRKİYE’DE NÜKLEER ENERJİ SANTRALLERİ NEDEN GEREKLİ.....	7
3.NÜKLEER SANTRALLER VE RADYASYON.....	13
4. NÜKLEER SANTRALLER VE TARIM-TURİZM.....	15
5. AKKUYU NGS PROJESİ.....	19
6. FUKUŞİMA SONRASI NÜKLEER	21
7. FUKUŞİMA SONRASI NÜKLEER GÜVENLİK.....	23

1.DÜNYADA NÜKLEER SANTRALLERİNE İLİŞKİN SAYISAL VERİLER

- Tablo-1’de görüldüğü üzere, dünyada elektrik üretiminde kömür ilk sırayı alırken, ikinci sırada doğalgaz gelmektedir. Ülkemizde ise doğalgaz ilk, kömür ikinci sırada yer almaktadır.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi oranı dünyada %3,7 iken, ülkemizde % 3,1 seviyesindedir (Tablo 1).
- Dünya elektrik ihtiyacının yaklaşık % 13’ünü nükleer enerjiden karşılamaktadır (Tablo 1).

Enerji Kaynakları	Dünya ¹	Türkiye ²
Petrol	% 4,6	% 1.5
Doğalgaz	% 22,2	% 43.7
Kömür	% 40,6	% 27,5
Hidrolik	% 16	% 24.2
Nükleer	% 13	% 0
Diğer (Yenilenebilir vb.)	% 3,7	% 3,1
TOPLAM	21.431 TWh	240 TWh

Tablo 1. Dünyada ve ülkemizde üretilen elektriğin enerji kaynaklarına göre dağılımı

- Dünya elektrik ihtiyacının 2010 ile 2035 yılları arasında yıllık ortalama %2,2 oranında, toplamda ise %70 artacağı öngörülmektedir. OECD üyesi olmayan ülkelerde toplam elektrik talebinde artış %80’lere (%38 Çin ve %13 Hindistan) ulaşacaktır.³
- 2035 yılında nükleer kaynaklı elektrik üretiminde kurulu güç olarak %58 oranında artış olacağı öngörülmektedir.⁴
- Fransa’da nükleer enerjinin elektrik üretimindeki payı % 78’dir (Tablo 2).
- Şekil-1’de görüldüğü üzere, dünyada 31 ülkede 437 adet nükleer reaktör işletmededir (Şekil 1, Tablo 2).
- Buna ek olarak, 14 ülkede 68 nükleer reaktör inşaat halindedir (Şekil 1, Tablo 2).

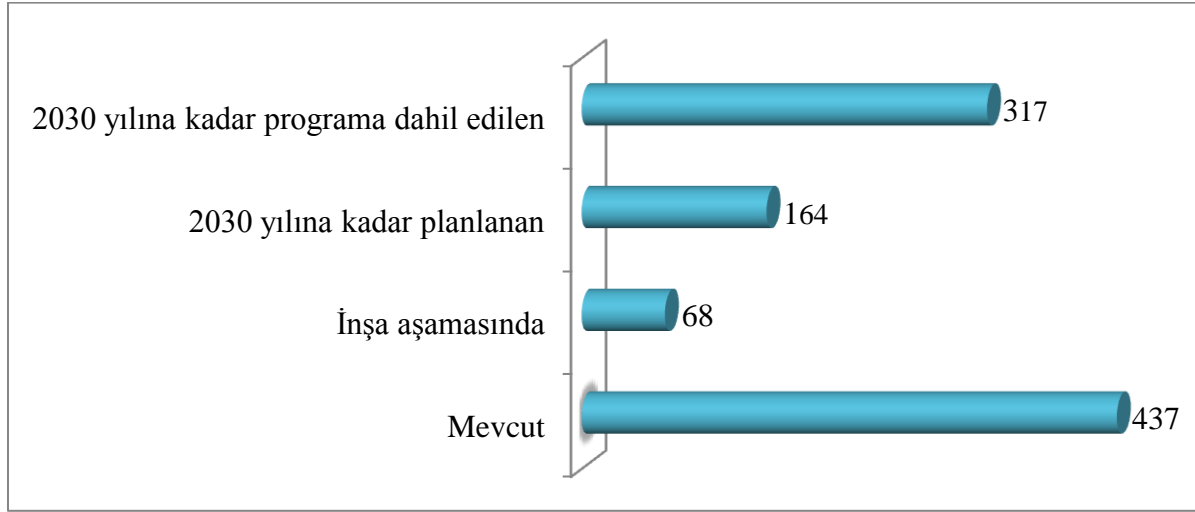
¹ Key Energy Statistics, IEA 2012

² TEİAŞ 2012

³ World Energy Outlook, IEA 2012

⁴ World Energy Outlook, IEA 2012

- 2030 yılına kadar 164 nükleer reaktör yapılması planlanmakta olup 317 nükleer reaktör ise ülkelerin nükleer programlarında yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Dünyada nükleer güç reaktörleri sayısı^{5 6}

- 15 ülkede nükleer santrallerin elektrik üretimindeki payı %20'nin üzerindedir⁷ (Tablo 2).
- Nükleer reaktör sayısı bakımından Amerika birinci (104 adet reaktör), elektrik üretiminde nükleerin payı bakımından ise Fransa birinci (% 78) sırada yer almaktadır (Tablo 2).
- ABD, Mart 2013 itibariyle 3 nükleer reaktörün daha inşaatına başlamıştır (Tablo 2).
- İngiltere 2025 yılına kadar 8 sahaya yeni nükleer santrallerin kurulması için belirlemiştir⁸.
- Birleşik Arap Emirlikleri (BAE), 1400 MW gücünde 1 nükleer reaktörün inşasına başlamış olup 2017 yılında işletmeye almayı planlamaktadır. Diğer 3 nükleer reaktörün de birer yıl arayla 2020 yılına kadar işletmeye alınması planlanmaktadır^{9,10}.
- Nükleer santrale sahip 31 ülkeden 7'si net enerji ihracatçısıdır (Tablo 2).
- Nükleer santrallerin bulunduğu 31 ülkeden 10'unun nüfusu İstanbul'dan küçüktür (Tablo 2).
- Rusya Federasyonu, 33 adet nükleer reaktöre sahiptir ve elektrik üretiminin %18'ini nükleer enerjiden sağlamaktadır¹¹.

⁵ <http://www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requirements/>

⁶ IAEA Power Reactors Information System, Nisan 2013

⁷ IAEA Power Reactor Information System, Nisan 2013

⁸ <http://www.bbc.co.uk/news/world-13887579>

⁹ <http://www.enec.gov.ae/>

¹⁰ <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-T-Z/United-Arab-Emirates/>

¹¹ IAEA Power Reactor Information System, Nisan 2013

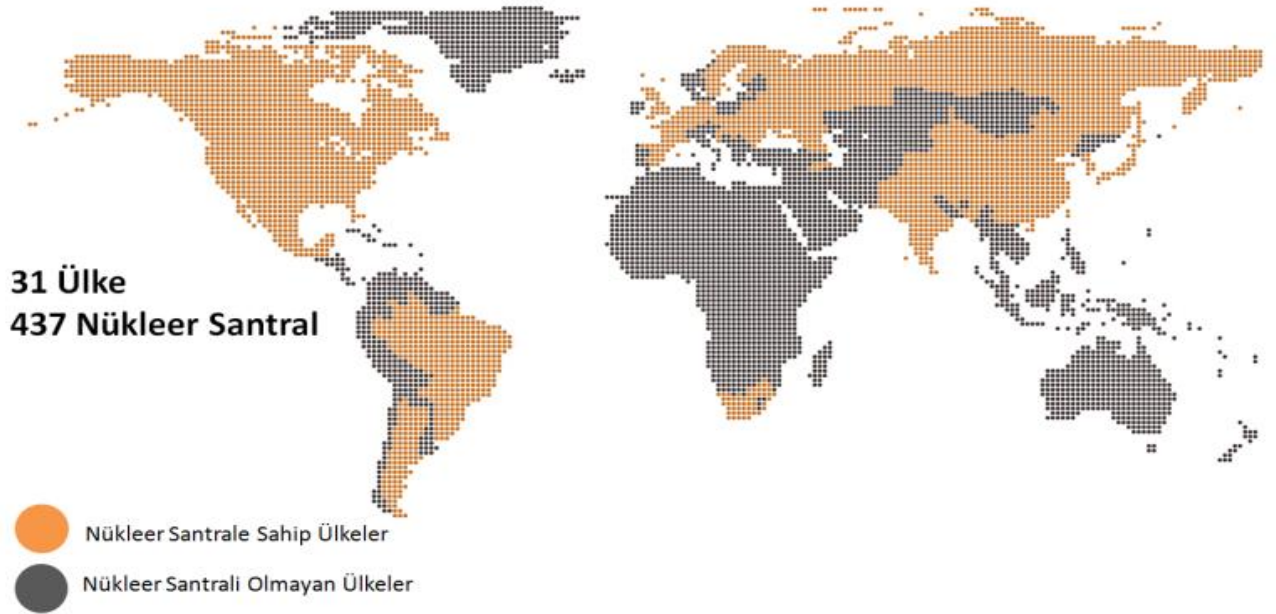
Tablo 2. Ülkelere göre nükleer reaktör sayıları¹² (Nisan 2013)

Ülkeler	Net Enerji İthalatı ¹³ (%)	Elektrik üretiminde nükleer (%), 2011	İşletmedeki nükleer reaktör sayısı	İnşa halindeki nükleer reaktör sayısı	İstanbul Nüfusuna Oranı
ABD	22	19%	104	3	24 katı
Fransa	53	78%	58	1	5 katı
Japonya	86	18%	50	2	9 katı
Rusya	-72	18%	33	11	10 katı
Güney Kore	86	35%	23	4	4 katı
Kanada	-40	15%	20	-	3 katı
Hindistan	32	4%	20	7	99 katı
Çin	11	2%	16	28	103 katı
Birleşik Krallık	37	16%	16	-	5 katı
Ukrayna	39	48%	15	2	3,5 katı
İsveç	35	38%	10	-	2/3
Almanya	64	18%	9	-	6 katı
İspanya	75	20%	8	-	3,5 katı
Belçika	79	54%	7	-	2/3
Çek Cumh.	35	33%	6	-	2/3
Tayvan	90	19%	6	2	1,5 katı
İsviçre	53	38%	5	-	2/3
Finlandiya	63	32%	4	1	1/3
Macaristan	62	43%	4	-	2/3
Slovakya	68	54%	4	2	1/3
Pakistan	32	4%	3	2	13 katı
Arjantin	-3	5%	2	1	3 katı
Brezilya	15	3%	2	1	15 katı
Bulgaristan	45	33%	2	-	½
Meksika	-13	4%	2	-	7,5 katı

¹² IAEA Power Reactor Information System, Nisan 2013¹³ <http://www.eia.gov/countries/>

Tablo 2. Ülkelere göre nükleer reaktör sayıları¹⁴ (devam)

Ülkeler	Net Enerji İthalatı (%)	Elektrik üretiminde nükleer (%), 2011	İşletmedeki nükleer reaktör sayısı	İnşa halindeki nükleer reaktör sayısı	İstanbul Nüfusuna Oranı
Romanya	-11	5%	2	-	4 katı
Ermenistan	76	33%	1	-	1/5
İran	-60	%0.04	1	-	5 katı
Hollanda	32	4%	1	-	Eşit
Slovenya	51	37%	1	-	1/7
Birleşik Emirlikleri ¹⁵	Arap -116	-	-	1	1/4
TOPLAM	-	13%	437	68	-



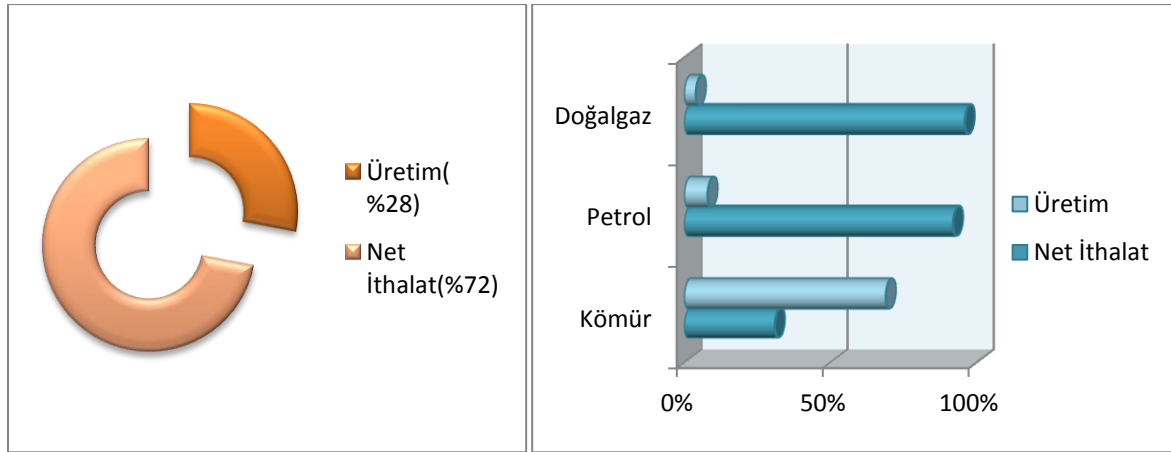
Şekil 2. Dünyada nükleer güç santralleri

¹⁴ IAEA Power Reactor Information System, Nisan 2013

¹⁵ İlk nükleer güç santrallerini inşa etmektedirler.

2. TÜRKİYE’DE NÜKLEER ENERJİ SANTRALLERİ NEDEN GEREKLİ?

- Ülkemizin 2023 hedefi, dünyanın ilk 10 ekonomisinden biri olmak, 10.000 Dolar olan kişi başına milli geliri 25.000 Dolara çıkarmak, ihracatı 500 milyar Dolara çıkarmaktır.
- 2023 ekonomi hedefini destekleyecek enerji kaynaklarına bakıldığında % 72 oranında enerji ithalat bağımlılığı ile karşı karşıya kalınmaktadır (Şekil 3).
- Ülkemizde, doğalgazın %98'i, petrolün % 92'si ve kömürün % 30'u ithal edilmektedir. Yerli ve yenilenebilir kaynakların üretimini de dikkate aldığımızda enerji ithal bağımlılığımızın % 72 olduğu görülmektedir (Şekil 3).

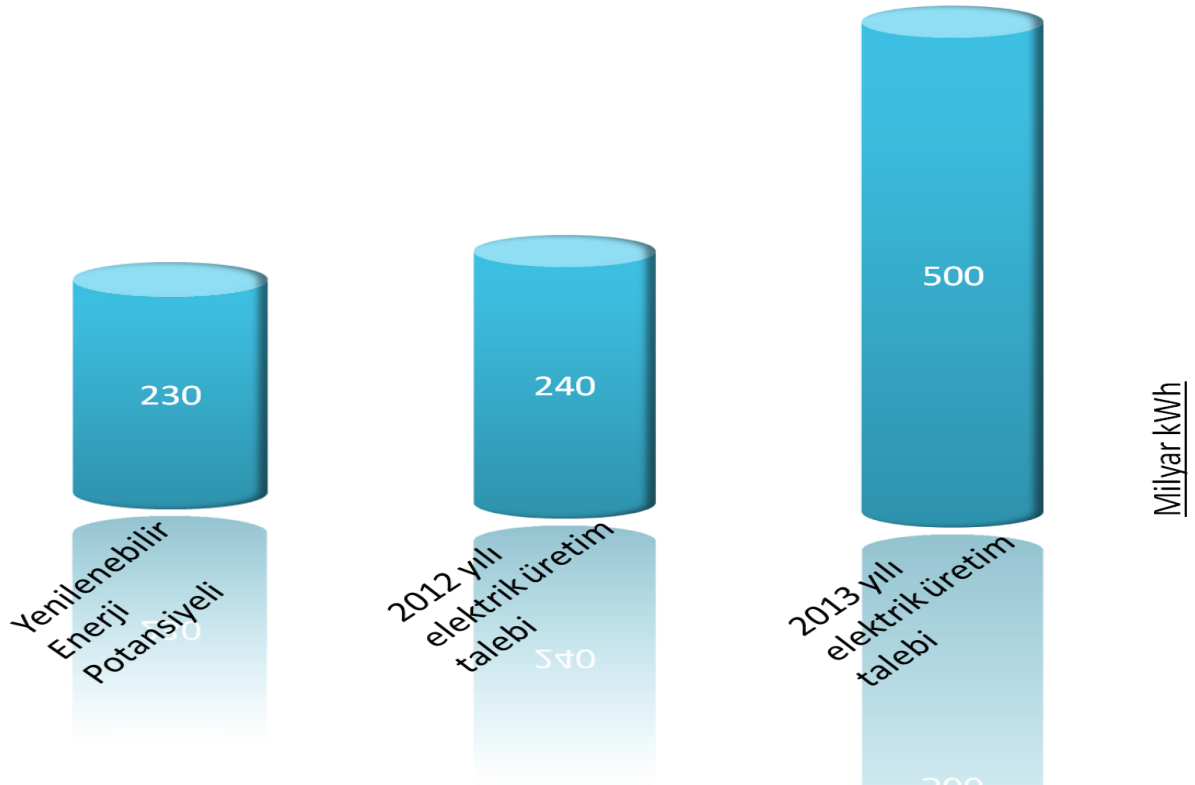


Şekil 3: Türkiye Enerji İthalat Bağımlılığı

- Petrol ve doğalgazda dışa bağımlı ülkemizde, nükleer santral yokken petrol ve doğalgaz zengini ülkelerde bile (G. Afrika, Rusya, ABD, Kanada ve Meksika) nükleer santrallerin bulunması önemli ve anlamlıdır.
- Petrol, doğalgaz ve kömürdeki yüksek ithalat oranına karşılık, yenilenebilir enerji kaynaklarımızda kurulu güç potansiyelimiz yaklaşık 136.600 MW, kullanmakta olduğumuz 22.075 MW'dır. Geriye kalan kullanabileceğimiz yenilenebilir potansiyelimiz yaklaşık 114.525 MW olmasına karşın, kapasite faktörü nedeniyle fiilen kullanabileceğimiz, potansiyelimizin çok az bir kısmıdır.¹⁶

¹⁶ Türkiye Elektrik Enerjisi Kuruluş ve Yakıt Cinslerine Göre Kurulu Güç, TEİAŞ 2013

- Diğer yandan, ülkemizde rüzgar, güneş ve hidro gibi yenilenebilir enerji santrallerinin kurulabileceği alan, mevcut arazi kullanım durumlarından dolayı (konut, tarım, orman, kültürel ve doğal sit alanları, yollar vb.) sınırlıdır.
- Enerji arz kaynaklarımız dışa bağımlı ve kısıtlı iken, elektrik tüketim talebimiz sürekli olarak artmaktadır.
- Elektrik tüketim talebimiz yıllık olarak ortalama % 7-8 oranında artış göstermektedir.
- Bunu karşılamak için kurulu gücümüze yıllık 4000-5000 MW ilave yapmak gerekmektedir.
- Türkiye, elektrik talep artışında dünyada 1.4 milyar nüfuslu Çin'den sonra ikinci, Avrupa'da birinci sırada yer almaktadır.
- 2012 yılında elektrik tüketim talebi 240 milyar kWh iken bunun 2023'te 500 milyar kWh'a çıkması öngörülmektedir. Ancak, yenilenebilir enerjide 2023 yılına ait hedeflerimize ulaştığımızda (230 milyar kWh) 2023 yılında tahmini elektrik tüketim talebimizin (500 milyar kWh) ancak yarısını yenilenebilir karşılayacaktır (Şekil 4).



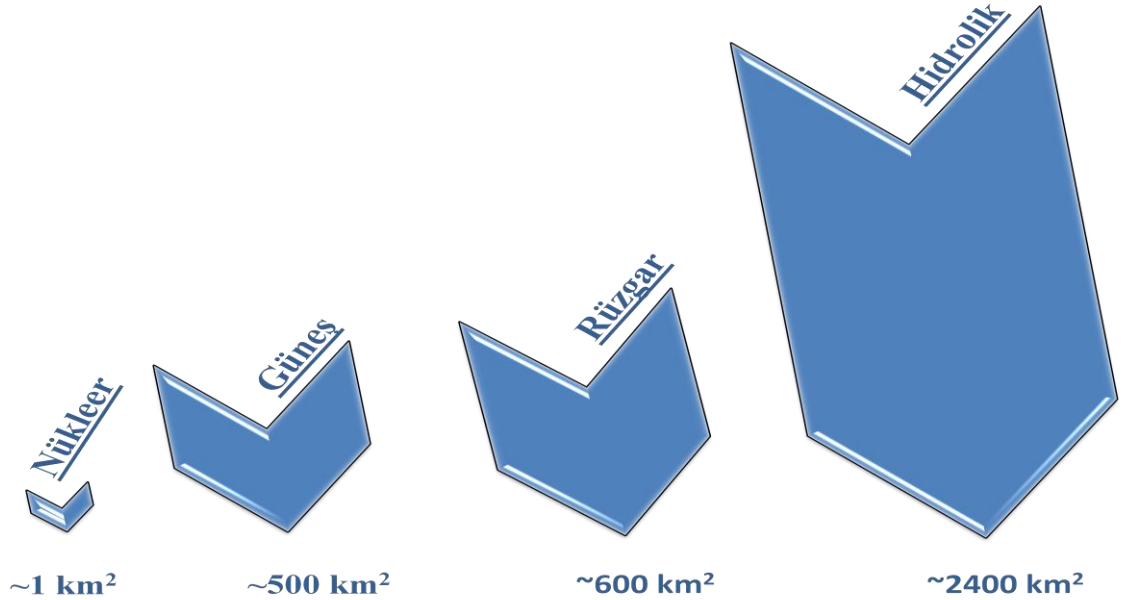
Şekil 4. Yenilenebilir enerji kaynaklarımız ve elektrik tüketim talebi

- Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesine göre, 2023'e kadar hedefimiz, elektrik üretiminde şu anda % 43 olan doğalgazın payını % 30'a çekmek, yenilenebilir enerjinin payını % 30'a çıkarmaktır.
- 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 nükleerin rakibi değil, tamamlayıcısıdır.
- 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.
- 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 santraline karşılık gelmesi için, kapasite faktöründen dolayı, 30.000 MW rüzgar veya 38.000 MW güneş santrali kurulması gerekmektedir.
- Hidroelektrik için dünya ortalamasına bakıldığında kapasite faktörü %44 civarındadır. Türkiye'de hidroelektrik santrallerin son 25 yıllık ortalama kapasite faktörü ise % 42'dir.

Tablo 3. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomik Potansiyelleri ve Kapasite Faktörleri¹⁷

Yenilenebilir Kaynaklar Türleri	Toplam kurulu güç potansiyeli (MW)	Kurulu güç (MW)	Kapasite faktörü	2023 Hedefi (MW)	Ortalama üretim potansiyeli (milyar kWh/yıl)
Hidro	36.000	19.609	% 44	36.000	144,0
Rüzgar	48.000 ¹⁸	2.260	% 30	20.000	60,0
Güneş	50.000 ¹⁹	-	% 20	3.000	7,5
Jeotermal	600	162	% 84	600	4,4
Biyokütle	2.000	44	% 80	2.000	14,0
TOPLAM	136.600	22.075	-	61.600	229,90

- Şekil 5'te görüldüğü gibi, Nükleer enerji santralleri ile yenilenebilir enerji santralleri kapladıkları alan açısından karşılaştırıldığında; Akkuyu NGS yerine rüzgar santrali kuracak olursak Yalova'nın tamamının rüzgar panelleri ile kaplanması, hidroelektrik santrali kuracak olursak Düzce'nin tamamının da sular altında kalması gerekecektir.



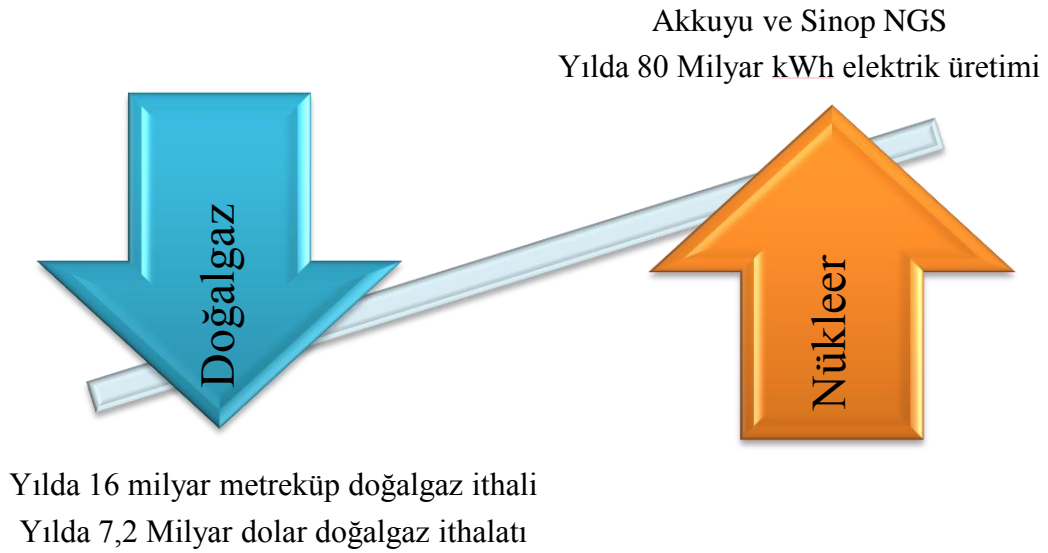
Şekil 5. Yenilenebilir enerji santralleri ile nükleer güç santralinin kapladığı alan

¹⁷ Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

¹⁸ Yer seviyesinden 50 metre yükseklikte yıllık ortalama 7 metre/sn. den fazla yerler değerlendirildiğinde bu rakama ulaşılmaktadır.

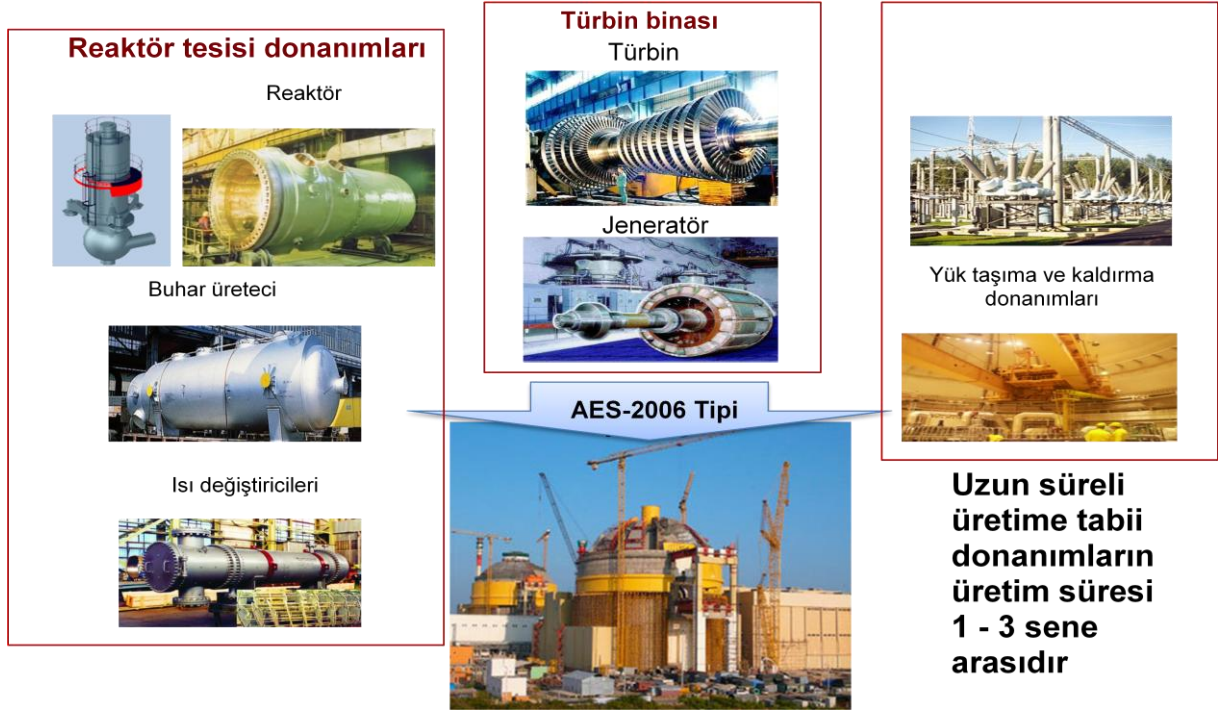
¹⁹ Enerji odaklayıcı güneş sistemi kullanıldığında 50.000 MW doğalgaz santralının üreteceği elektrik miktarı kadar elektrik üretilebilir.

- 2023 yılına kadar Akkuyu ve Sinop Nükleer Santrallerinin işletmeye alınması durumunda, o zamanki kurulu gücümüzün %10'unu nükleer santraller oluşturacaktır.
- Akkuyu ve Sinop Nükleer Santralleri bugün devreye alınmış olsaydı, mevcut elektrik tüketimimizin % 33'ü nükleer santrallerden karşılanıyor olacaktı.
- Sadece Akkuyu Nükleer Santrali bugün devreye alınmış olsaydı, elektrik tüketimimizin % 17'sini karşılayacaktı.
- Akkuyu ve Sinop'ta kurulacak nükleer santraller sayesinde 16 milyar metreküp doğalgaz ithal etmekten ve dolayısıyla doğalgaza yıllık 7.2 milyar dolar ödemekten kurtulunacaktır.



Şekil 6. Nükleerin doğalgaz ithalatına etkisi

- 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, teknolojisine önemli derecede katma değer sunacak, çoğaltan etkisi yapacaktır (Şekil 7).



Şekil 7. Bazı nükleer ekipmanlar

- Akkuyu Nükleer Santralinde inşaatın en yoğun olduğu dönemde yaklaşık 10.000 kişi çalışacaktır. Bunların kahir ekseriyeti Türk işçi olacaktır.
- Akkuyu nükleer santral projesinde firmalarımız, sadece inşaat malzemeleri değil, kritik nükleer güvenlikle ilgili olmayan, makine-ekipman üretimi sürecinde de yer alacaktır. Bu da yaklaşık 8 milyar dolarlık miktara denk gelmektedir.
- G. Kore örneğinde olduğu gibi nükleer teknolojiye sahip olmak için hem belirli bir zaman geçmesi ve hem de somut olarak nükleer santral projesine başlamak gerekmektedir.

3. NÜKLEER SANTRALLER VE RADYASYON

- Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğimize göre halk için kabul edilebilir radyasyon dozu sınırı yılda 1 mSv'dir. Özel durumlarda; ardışık 5 yılın ortalaması 1 mSv olmak üzere 5 mSv'e kadar izin verilir. Radyasyonla çalışanlar için radyasyon dozu ardışık 5 yılın ortalaması 20 mSv'i, herhangi bir yılda ise 50 mSv'i geçemez .
- Doğal radyasyon yolu ile alınan ortalama yıllık etkin doz 2,4 mSv civarındadır. Dünyada en fazla nükleer santralin olduğu Amerika Birleşik Devletleri'nde, nükleer santrallerin sınırında yaşayan bir kişi doğal yollardan aldığı radyasyon miktarının 100 de 1' inden az (0.01 mSv'den az) radyasyon almaktadır²⁰. Sonuç olarak nükleer santral yakınında yaşayan bir kişinin alacağı ek radyasyon miktarı, doğadan kaynaklanan radyasyon miktarının 1/300'ü kadardır ²¹.
- Tablo 4'te, halkın günlük hayatta maruz kaldığı radyasyon miktarları verilmiştir. Nükleer santral yakınında yaşayanların alacakları radyasyon miktarı (en fazla 0,01 mSv/yıl), yapay radyasyon miktarından (0,4 mSv/yıl²²) azken; günde 1 paket sigara içen kişinin bir yılda alacağı doz miktarı (0,2 mSv/yıl) 20 kat, bilgisayarlı tomografi yaptıran bir kişinin tek seferde alacağı doz miktarı (1,1 mSv) 1100 kattır.

Tablo 4. Günlük Hayatta Radyasyon²³

Radyasyon Kaynağı	Miktarı	Süre	Karşılaştırma
Bilgisayarlı Tomografi	11 miliSv	Tek seferde	1100 katı
Ankara-Washington arası uçakla yolculuk	0.01 miliSv	8 saat uçuş	2.7 katı
Günde 1 paket sigara içme	0,2 miliSv	Bir yılda	20 katı
Göğüs veya diş Röntgeni	0,1 miliSv	Tek seferde	10 katı
Nükleer Santral Çevresi ²⁴	<0,01 miliSv	Bir yılda	-

²⁰ <http://www.nrc.gov/about-nrc/radiation/around-us/uses-radiation.html#npp>

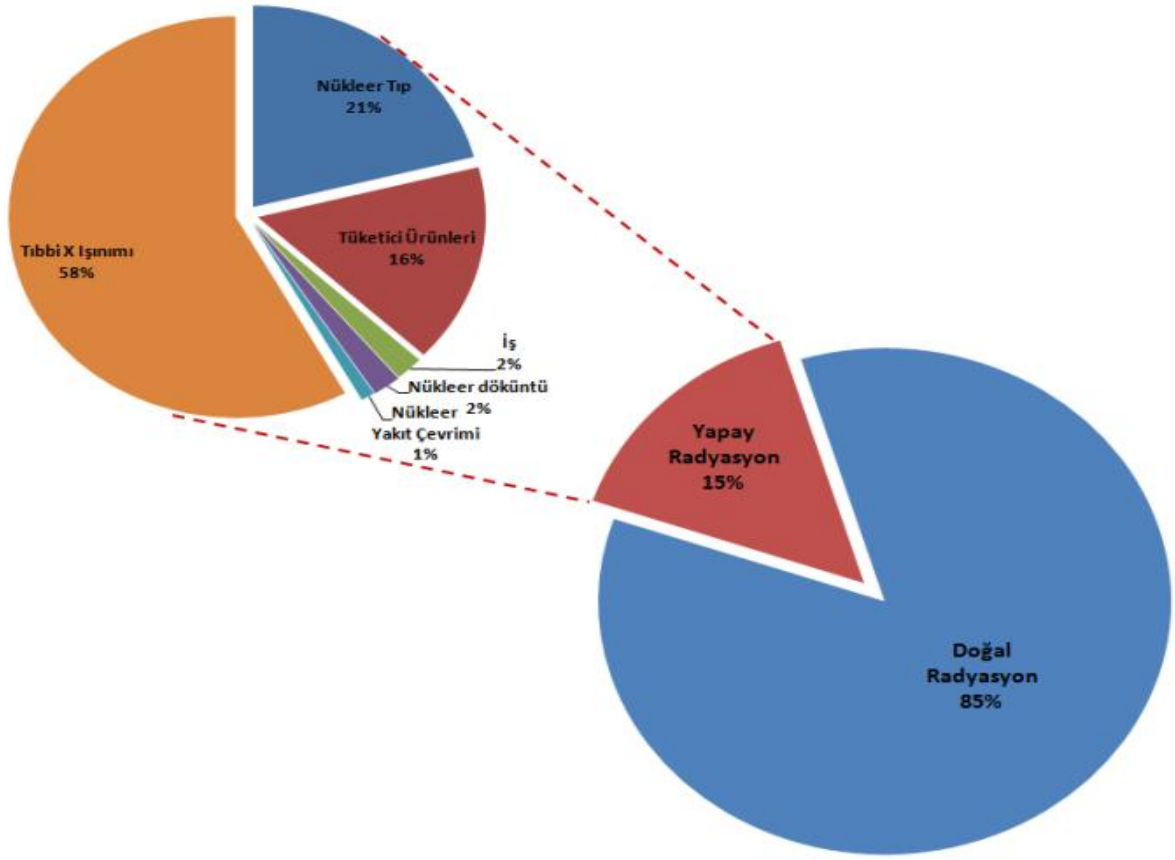
²¹ <http://www.taek.gov.tr/bilgi-kosesi/184-radyas>

[yon-ve-cekirge-ve-uygulamalar/501-dogal-radyasyon-kaynaklari.html](http://www.taek.gov.tr/bilgi-kosesi/184-radyasyon-ve-cekirge-ve-uygulamalar/501-dogal-radyasyon-kaynaklari.html)

²² <http://www.taek.gov.tr/bilgi-kosesi/184-radyasyon-ve-cekirge-ve-uygulamalar/501-dogal-radyasyon-kaynaklari.html>

²³ www.oakridge.doe.gov/external/PublicActivities/EmergencyPublicInformation/AboutRadiation/tabid/319/Default.aspx

²⁴ Türkiye Atom Enerjisi Kurumu

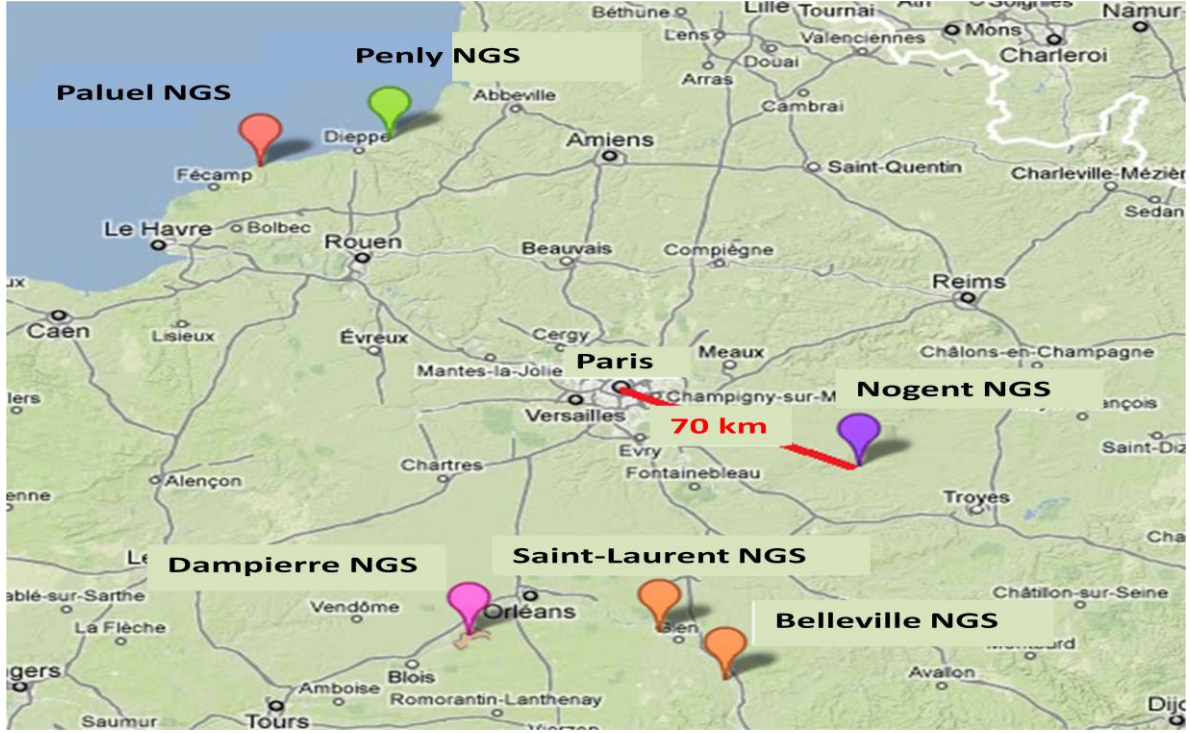


Şekil 8. Radyasyonun kaynaklara göre dağılımı²⁵

²⁵ http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=11340&page=5

4. NÜKLEER SANTRALLER VE TARIM-TURİZM

- 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. Romanya'da bulunan Cernovoda santrali İstanbul'a 400 km uzaklıktadır.
- Ülkemizden çok daha fazla turist çeken ülkelerdeki nükleer santrallerin önemli turistik merkezlere uzaklığına bakıldığında; 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 70 km'dir (Şekil 9).
- 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 (Şekil 10).
- İngiltere'de Londra'ya 200 km'den daha yakın alanda 8 nükleer santral (Bradwell, Sizewell, Dungeness, Winfrith, Oldbury, Paluel, Penly, Gravelines) bulunmaktadır. Bradwell santralı Londra'ya 70 km mesafededir (Şekil 11).
- Ayrıca, Fransa'da bulunan ve dünya kültür miras listesinde yer alan Loire Nehri üzerinde 14 adet nükleer güç santrali bulunmaktadır ve bu nehir üzerinde bot ile gezinti yapılması, çok yaygın turizm aktivitesidir (Şekil 12). Aynı zamanda nehrin etrafındaki arazilerde tarımsal faaliyetler de yürütülmektedir.



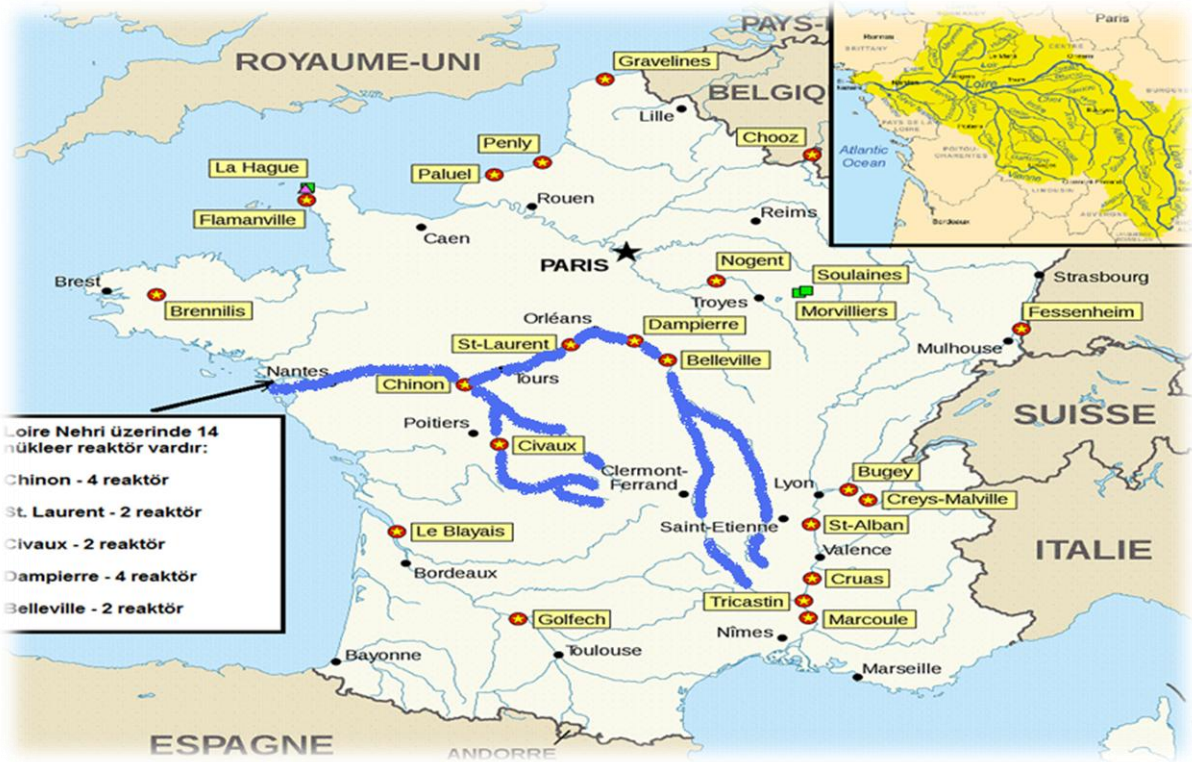
Şekil 9. Paris'in 200 km yarıçap çevresindeki NGS'ler
(Ankara-Polatlı arası kuş uçuşu mesafe 75 km)



Şekil 10. Madrid'in 200 km yarıçap çevresindeki NGS'ler (Ankara-Ayaş arası kuş uçuşu mesafe 57 km)



Şekil 11. Londra'nın 200 km yarıçap çevresindeki NGS'ler (Ankara-Polatlı arası kuş uçuşu mesafe 75 km)



Şekil 12. Fransa - Loire Nehri üzerinde turizm ve tarım

- 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 5). Yine, elektrik üretiminde nükleer enerjinin payı en fazla olan (%75) Fransa da, en fazla tarımsal ürün ihracatı yapan 2. ülkedir. Dünyada en fazla tarımsal ürün ihracatı yapan ülkelerin yer aldığı Tablo 5, dünyada bulunan nükleer reaktörlerin yarısından fazlasının bu ülkelerde kurulu olduğunu göstermektedir.

Tablo 5. Dünyada tarımsal ürün ihracatı yapan ilk 10 ülke ve nükleer reaktör sayıları (2003-2004)²⁶

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
Toplam 10 Ülke	157.427	230

²⁶ <http://www.mapsofworld.com/world-top-ten/world-top-ten-agricultural-exporters-map.html>

5. AKKUYU NGS PROJESİ

- 2010 Mayıs-Mersin-Akkuyu'da 4800 MW (4 ünite) nükleer santral kurulmasına ilişkin hükümetler arası antlaşma imzalandı.
- 2010 Aralık- % 100 Rus sermayeli ancak Türkiye Cumhuriyeti kanunlarına tabi Akkuyu NGS AŞ adı ile Proje Şirketi kuruldu.
- 2011 Mayıs- Akkuyu sahası Proje Şirketine tahsis edildi.
- 2011 Kasım- EPDK'ya elektrik üretim lisansı başvurusu yapıldı.
- 2011 Aralık- Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ÇED başvurusu yapıldı.
- Akkuyu sahasında zemin-etüt, jeolojik, jeodezik, hidrolojik, meteorolojik, flora-fauna çalışmaları yapılmıştır ve Kandilli Rasathanesine bağlı olarak çalışan 13 adet deprem istasyonu bulunmaktadır. Akkuyu sahasında, Türkiye'de ilk kez 2 km yüksekliğe kadar 24 saat on-line ölçüm yapabilen meteoroloji istasyonu bulunmaktadır.
- 117 Türk öğrenci Mephi Üniversitesine gönderildi. Bu sene 100 öğrenci daha gönderilecek olup toplamda gönderilecek öğrenci sayısı 600 olacaktır.
- Mersin şehir merkezinde ve Büyükeceli beldesinde Halkı Bilgilendirme Merkezi açıldı.
- Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı ile nükleer altyapımızın 19 başlık altında (nükleer mevzuat, atık yönetimi, nükleer güvenlik, fiziksel güvenlik, çevre, insan kaynakları planlaması vb.) gözden geçirilmesi çalışmaları başlatılmış olup bu çalışmayla 19 konu başlığı ile ilgili mevcut durumumuz ortaya konacak ve atılması gereken adımlar tespit edilecektir. Bu çalışmanın 2013 yılı sonuna kadar tamamlanması hedeflenmektedir²⁷.
- Akkuyu Nükleer Santrali ile ilgili gerekli lisanslar, izin ve onaylar alındıktan sonra inşaatın 2015 yılında başlaması, ilk ünitenin 2019 yılında, diğer ünitelerin de birer yıl arayla devreye alınması öngörülmektedir.

²⁷ <http://www.iaea.org/NuclearPower/News/2012/2012-11-14-INIG.html>



Şekil 13. Rusya'ya eğitim için gönderilen ilk Türk öğrenci grubu

6. FUKUSHİMA SONRASI NÜKLEER

- Fukushima sonrası nükleer santrallerin geleceği konusu dünyada da sıkça tartışılan bir konu olmuştur. Fukushima kazasından sonra ülkelerin durumuna özetle bakıldığında;
- Şu anda inşa halinde olan 68 nükleer santral bulunmaktadır.
- 104 Nükleer santrali bulunan ABD, Mart 2013'te 3 nükleer santralin daha temelini attı (Tablo 2).
- Yüzde olarak nükleerin payının en yüksek olduğu Fransa'da da şu anda 1 ünite nükleer santral inşa halindedir.
- İngiltere 6 nükleer santral, Suudi Arabistan²⁸ 16 nükleer santral inşa etmeyi planlamaktadır.
- Çin'de 26 nükleer santral inşa halindedir.
- Ürdün, 2 üniteli nükleer santral ihalesini sonuçlandırmak üzeredir.
- Birleşik Arap Emirliklerinde 4 nükleer santral inşaat halindedir ve ilk ünite 2017 yılında işletmeye alınacaktır.
- Diğer yandan, Almanya 17 santralden ömrü bitmiş olan 8 santrali kapatmış, kalan 9 santrali de 2022 yılında kapatmayı planlamaktadır.
- Japonya kapattığı nükleer santrallerden 2 tane reaktörü tekrar işletmeye almıştır.
- Japonya Fukushima Daiichi nükleer santrali 2 nci nesil nükleer santraldir.
- Bugün kurulan nükleer santraller 3 üncü nesil santrallerdir ve bu santrallerin güvenlik önlemleri daha da artırılmıştır.
- 2030'lu yıllar için bugün bazı ülkeler 4 üncü nesil nükleer santral tasarımı çalışmalarını yürütmektedir.
- Tablo 2'de görüldüğü gibi 31 ülkede 437 nükleer santral bulunmakta olup bunlardan 10'unun nüfusu İstanbul'dan küçüktür.
- Nüfusu 2 milyon büyüklüğünde olan ülkede bile nükleer santral bulunmaktadır.
- Petrol ve doğalgaz zengini ülkelerde de nükleer santraller vardır. Örnek; G. Afrika, Rusya, ABD, Kanada ve Meksika.
- Nükleer enerji çalışmalarına 1956 yılında birlikte başladığımız G. Kore nükleer teknolojiyi 20 yıllık süre içerisinde yerelleştirmiş ve bugün Birleşik Arap Emirliklerine nükleer santral inşa etmektedir.

²⁸ <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Saudi-Arabia/>

- Ülkemiz, 1956'dan bu yana geçen yarım asırlık süre içerisinde nükleer santral projelerine neden başlayamadığının özeti aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 6. Ülkemizin nükleer tarihi

Tarih	Gelişme
1956	Atom Enerjisi Komisyonu kuruldu
1972	TEK Nükleer Enerji Dairesi kuruldu
1976	Akkuyu yer lisansı verildi
1977-1979	<i>Açılan ihale iptal oldu</i>
1983-1985	<i>Açılan ihale iptal oldu</i>
1986	TEK Nükleer Enerji Dairesi kapatıldı
1996-2000	<i>Açılan ihale 8 defa karar ertelenerek iptal oldu</i>
2007	5710 sayılı Kanun yayımlandı
2008-2009	<i>Açılan ihale iptal oldu</i>
2010	Rusya Federasyonu ile Mersin-Akkuyu'da NGS kurulmasına ilişkin Hükümetler arası anlaşma imzalandı

- Nükleer santral için açılan dört ihalenin dördü de iptal edilmiştir (1979, 1985, 2000, 2009). Bu nedenle, Hükümetler arası Anlaşma modeli ile 2010 yılında Rusya Federasyonu ile anlaşma imzalanmış ve bugün saha zemin-etüt çalışmalarının yapıldığı aşamaya gelmiştir. İnşaat hazırlık çalışmaları tamamlandıktan sonra ilk betonun 2015 yılında atılması, ilk ünitenin de 2019 yılında devreye alınması planlanmaktadır.

7. FUKUSHİMA SONRASI NÜKLEER GÜVENLİK

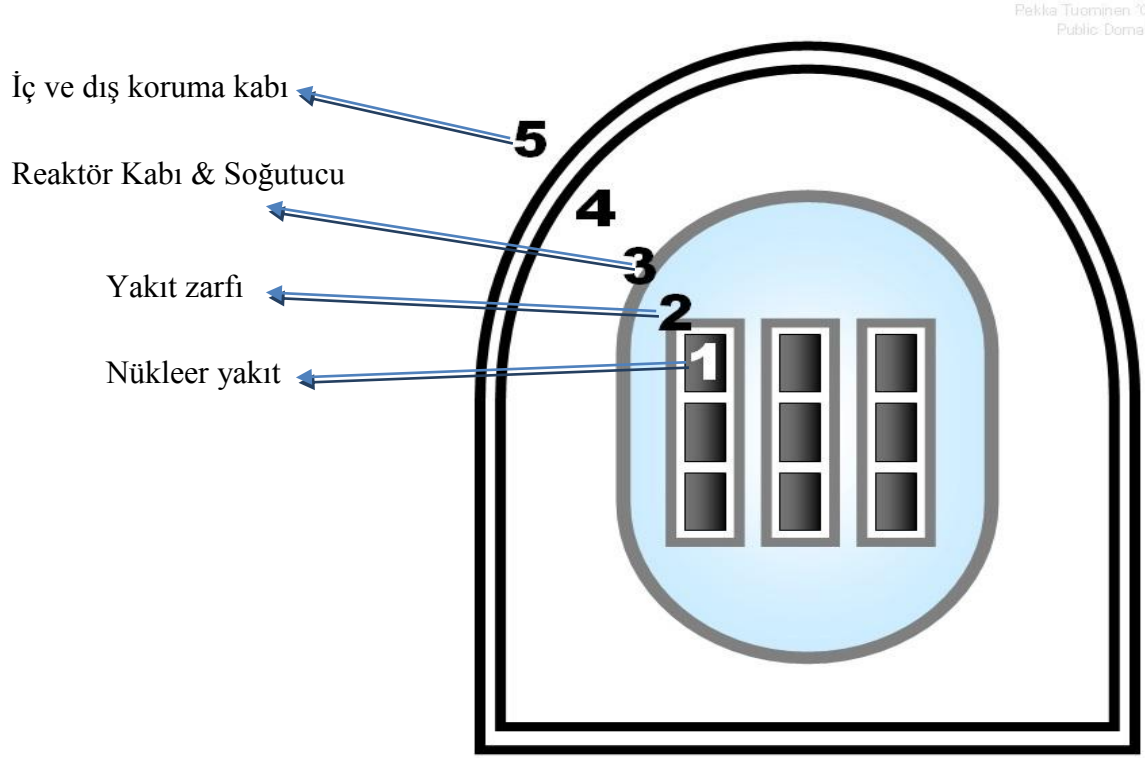
- 11 Mart 2011'de meydana gelen Fukushima kazasından hareketle nükleer santrallerde güvenlik önlemleri daha da geliştirilmiştir.
- Nükleer santraller, açığa çıkan radyoaktif maddelerin ve radyasyonun, normal çalışma veya kaza durumunda reaktör ve santralin dışına çıkmamasını ve çevreden yalıtılarak muhafaza edilmesini sağlamak üzere “Derinliğine Savunma” ilkesine dayandırılarak tasarlanır.
- Bu ilke, radyoaktif salıma karşı beş fiziksel bariyerin tasarımıda yer almasını öngörmektedir.
- Şekil 13 ve 15'te 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. Şekil 13'te siyah renkle görülen, seramik yapıdaki bir nükleer yakıttır.



Şekil 13. Nükleer yakıt ve yakıt zarfı (1 ve 2 nolu fiziksel bariyer).

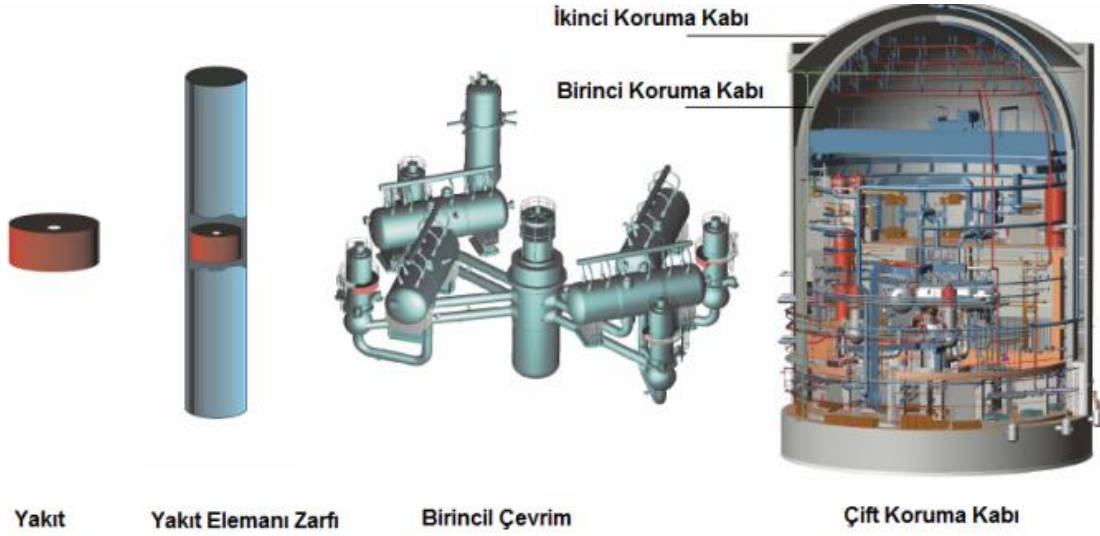
- İkinci bariyer, paslanmaz ve mekanik yük ile radyasyona dayanıklı yakıt elemanı zarfıdır (Şekil 13 ve 15). Yakıt elemanı zarfı, radyoaktif salımın birincil çevrime ulaşmasını engeller. Şekil 13'te siyah renkli nükleer yakıtın yanında yer alan çelik çubuk, nükleer yakıt zarfını göstermektedir. Söz konusu yakıtlar, bu çelik zarfın içine monte edilmektedir.
- Üçüncü ve dördüncü bariyerler, birincil çevrim içerisinde yer alan soğutma suyu ve reaktör kabıdır (Şekil 14 ve 15). Şekil 14'te görüldüğü üzere, ortada yer alan reaktör kabı içerisinde Şekil 13'teki reaktör zarfları ve su yer almaktadır. Su, nükleer yakıt zarflarından çıkacak nötronları durdurma görevini sağladığından 3 nolu fiziksel bariyer olarak tanımlanmaktadır.

Ayrıca, ilave tedbir olarak reaktör kabı, radyasyonun reaktör içinde tutulmasını sağlamaktadır.



Şekil 14. 5 güvenlik bariyeri.

- 5 inci ve son fiziksel bariyer olan dış koruma kabı, ön gerilimli betondan yapılmıştır ve çift tasarımlı olmak üzere yaklaşık 1 metre kalınlığındaki duvarlardan oluşur (Şekil 15). Bu son fiziksel bariyer, kaza durumunda reaktör kabından sızacak radyoaktif maddelerin çevreye salımını engeller.



Şekil 15. Radyoaktif salıma karşı oluşturulan fiziksel bariyerler (5 nolu fiziksel bariyer)²⁹

- Sayılan fiziksel bariyerlerin bütünlüğünün ve sağlamlığının korunması için bir takım güvenlik sistemleri tasarımlara eklenmiştir. Bu güvenlik sistemleri yedekli, çeşitli ve güvenilir aktif ya da pasif sistemlerden oluşur. Söz konusu yedekli, çeşitli ve aktif, pasif sistemlerin tanımları aşağıda yer almaktadır:

➤ **Yedeklilik:** Aynı fonksiyonu yerine getiren, birbirinden bağımsız devreye girebilen birden fazla ekipmanın kullanılması. Bu durumda, bir ekipman arızalandığında ikincisi devreye girer. Eğer ikincisi bakımda ise üçüncüsü devreye girer. Güvenlikle ilgili ekipmanların farklı konumlarda yedekleri bulunmaktadır.

➤ **Aktif Sistemler:** Reaktör operatörü tarafından ya da enerji kaynağı kullanılarak devreye sokulan sistemlerdir.

➤ **Pasif Sistemler:** Dışarıdan hiçbir enerji kaynağı kullanmadan reaktörlerin kendi kendini soğutabilmesi ya da durdurabilmesi. Fukushima Daiichi nükleer güç santralinde reaktörleri soğutmak ve santralin güç ihtiyacını karşılamak için bulundurulmuş dizel jeneratörler, tsunami sonucu sel altında kaldığından çalıştırılmadı ve reaktöre soğutma suyu pompalanamadı. Bunun sonucu olarak aşırı ısınan yakıt, yakıt zarfını eritti.

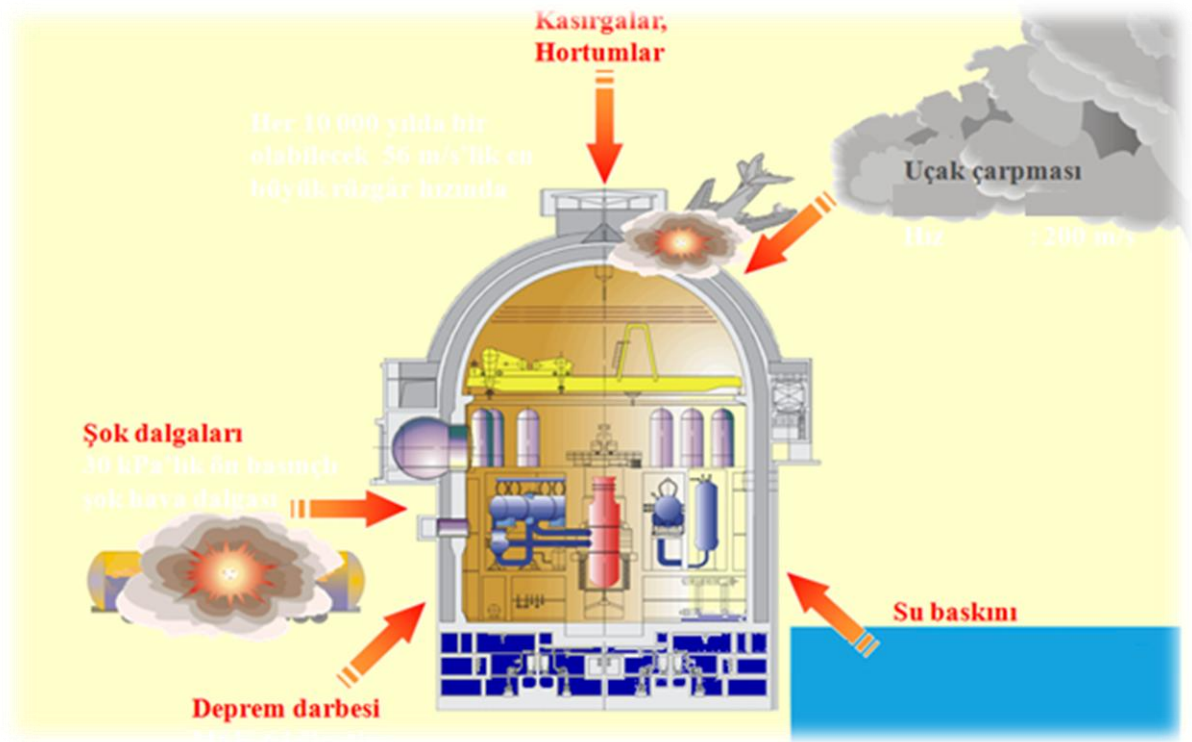
- “Derinliğine Savunma” ilkesinde yer alan beş fiziksel bariyerin bütünlüğünü ve sağlamlığını koruyacak, birçok güvenlik sistemi VVER-1200 tipi reaktörde yer almaktadır. Bu güvenlik sistemleri içerisinde yer alan:

²⁹ NPP-2006 with Reactor VVER-1200/491, Atomstroyexport

➤ **Eriyik Kor Kabı:** Rektör kabının altında yer alan seramik yapıdır. Çernobil ve Fukushima’da meydana gelen “Kor Erimesi Kazası”nın oluşması durumunda reaktör kabını eritecek yüksek ısıyı sahip eriyik yakıtın çevreye ulaşmasını engellemek için dayanıklı yapısıyla yakıtı hapseder ve yakıtı su ile soğutur.

➤ **Çift koruma kabı:** Çernobil nükleer santralinde bulunmayan ilki 1.2 metre, ikincisi ise 1 metre kalınlığında “Çift Koruma Kabı” (Şekil 15). Çift koruma kabı, 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 etkilere karşı korumaktadır.

➤ **Hidrojen emici sistemler:** Ek olarak Fukushima Daiichi nükleer santralinde meydana gelen hidrojen patlamalarını engelleyici, kimyasal etkileşimler ile hidrojeni bağlayan “Hidrojen Emici Sistemler” de mevcuttur.



Şekil 16. Dış etkilere karşı çift koruma kabı

KAYNAKÇA

1. Key Energy Statistics, IEA 2012
2. TEİAŞ, 2012
3. World Energy Outlook, IEA 2012
4. World Energy Outlook, IEA 2012
5. http://www.world-nuclear.org/info/Facts-and_Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requirements/
6. IAEA Power Reactor Information System, Nisan 2013
7. IAEA Power Reactor Information System, Nisan 2013
8. <http://www.bbc.co.uk/news/world-13887579>
9. <http://www.enec.gov.ae/our-nuclear-energy-program/prime-contractor/>
10. <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-T-Z/United-Arab-Emirates/>
11. IAEA Power Reactor Information System, Nisan 2013
12. IAEA Power Reactor Information System, Nisan 2013
13. <http://www.eia.gov/countries/>
14. IAEA Power Reactor Information System, Nisan 2013
15. İlk nükleer güç santrallerini inşa etmektedirler.
16. Türkiye Elektrik Enerjisi Kuruluş ve Yakıt Cinslerine Göre Kurulu Güç, TEİAŞ 2013
17. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
18. Yer seviyesinden 50 metre yükseklikte yıllık ortalama 7 metre/sn. den fazla yerler değerlendirildiğinde bu rakama ulaşılmaktadır.
19. Enerji odaklayıcı güneş sistemi kullanıldığında 50.000 MW doğalgaz santralinin üreteceği elektrik miktarı kadar elektrik üretilebilir.
20. <http://www.nrc.gov/about-nrc/radiation/around-us/uses-radiation.html#npp>
21. <http://www.taek.gov.tr/bilgi-kosesi/184-radyasyon-insan-ve-cevre/radyasyonla-birlikte-yasiyoruz/501-dogal-radyasyon-kaynaklari.html>
22. <http://www.taek.gov.tr/bilgi-kosesi/184-radyasyon-insan-ve-cevre/radyasyonla-birlikte-yasiyoruz/501-dogal-radyasyon-kaynaklari.html>
23. www.oakridge.doe.gov/external/PublicActivities/EmergencyPublicInformation/AboutRadiation/tabid/319/Default.aspx
24. American Nuclear Society

25. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
26. http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=11340&page=5
27. <http://www.mapsofworld.com/world-top-ten/world-top-ten-agricultural-exporters-map.html>
28. <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Saudi-Arabia/>
29. NPP-2006 with Reactor VVER-1200/491, Atomstroyexport