

Nükleer Enerji: Türkiye ve Dünya Ölçeğinde Bir Değerlendirme

İsa ÇELİK *
isacelik@mu.edu.tr

Ali ÇEKER**
ali.ceker@marmara.edu.tr

Rauf BELGE***
rauf.belge@marmara.edu.tr

Öz

Dünya üzerinde toplam 31 ülkede nükleer santral bulunmaktadır. Nükleer santrallerin bulunduğu ülkelere bakıldığında gelişmiş ülkelerin bu konuda ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) verilerine göre dünyada toplam enerji ihtiyacının %13,5'i toplam 437 adeti bulan nükleer santralden üretilmektedir. Türkiye'nin de içinde bulunduğu 16 ülkede 72 adet nükleer santral yapım aşamasındadır.

Nükleer santrallerin kurulması ve nükleer enerji üretimi gelecekte de artış gösterecektir. Türkiye ve dünya ölçeğinde nükleer enerji üretimi konulu yapmış olduğumuz çalışmamızda nükleer enerji kullanımında ilk nükleer santralin kurulduğu 1954 yılından günümüze değin geline aşama irdelenecek ve nükleer enerji üretiminin bir gereklilik olup olmadığı tartışma bölümünde ele alınacaktır.

Bu çalışmamızda, yapımına yakın zamanlarda başlanan Akkuyu nükleer santrali ağırlıklı olmak üzere Türkiye'nin nükleer enerjiye yönelik politikaları coğrafi bakış açısı ile incelenecektir.

Anahtar Kelime: Enerji, Nükleer Enerji, Türkiye'de Nükleer Enerji, Akkuyu Nükleer Santrali, Uranyum.

Nuclear Energy: An Evaluation of Turkey and World Scale

Abstract

There are nuclear power plants in 31 countries around the world. When we take a glance of countries which have nuclear power plants, it is observed that the developed countries are ranked first in this regard. According to International Atom Energy Agency (IAEA) data, there are 437 nuclear power plants which meet 13,5% of world energy needs. There are 72 nuclear power plants under construction in the 16 countries including Turkey.

The nuclear power plant constructions and nuclear energy production will most likely increase in the future. In the study, which covers the nuclear energy production at the global and Turkey's scale, from the first nuclear power plants in 1954 to date the nuclear energy will be analyzed and discussed

Keyword: Energy, Nuclear Energy, Nuclear Energy in the Turkey, Akkuyu Nuclear Energy Power Plant, Uranium.

* Yrd. Doç. Dr. İsa ÇELİK Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ortaca Meslek Yüksek Okulu isacelik@mu.edu.tr

** Dr. Ali ÇEKER Marmara Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü. ali.ceker@marmara.edu.tr

*** Araş. Gör. Rauf BELGE Marmara Ün., Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü. rauf.belge@marmara.edu.tr

GİRİŞ

Enerji, tarihi devirlerden günümüze değin insanoğlunun ihtiyaç duyduğu yaşamsal bir kaynak olmuştur. Ulaşım, ısınma, her türlü imalat faaliyetleri ve iletişim gibi birçok beşeri aktivitenin kaynağı olarak karşımıza çıkan enerji; evrendeki hareketliliğin temelinde itici güç olmuştur. Sanayi Devrimine kadar insanoğlu enerji üretiminde daha çok mekanik yollarla enerji kaynaklarından faydalanmıştır. Örneğin akarsu üzerlerinde kurulan değirmenlerle suyun hareketi ve uygun lokasyonlarda rüzgârın gücü enerjiye dönüştürülmüştür. Avrupa ülkelerinde başlayan ve dünyanın diğer ülkelerinde de hızla etkisini hissettiren Sanayi Devrimi sonrasında; buhar gücünden yararlanılarak enerji üretilmesi ve bununla beraber enerji üretiminde makine gücünden yararlanılmaya başlanması enerji üretiminde hammadde gereksinimini katlayarak artırmıştır. Bu dönemde enerji üretimi için başvuru alan en önemli fosil kaynak kömür olmuştur. Sanayi devrimi sonrasında enerji üretiminde katlanarak devam eden bir gelişim yaşanmıştır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte makine kullanımının sanayi dışında her alanda yer alması sonrasında enerji tüketiminin artması sonucu enerji üretimini katlamıştır. Günümüzde enerji üretiminde birçok kaynaktan yararlanılmaktadır. Kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil kaynaklar günümüz dünyasında enerji üretimi adına yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. 2014 yılı verilerine göre, Dünya toplam enerji üretiminde kömürün kullanım payı % 40,6 olarak hesaplanmıştır. İkinci sırada % 22,2 oranla doğalgaz gelmektedir. Bunun dışında yeşil enerji olarak bilinen güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinden de faydalanılmaktadır. Enerji üretiminde başvuru alan diğer bir yöntem ise nükleer santraller vasıtasıyla yapılan üretimdir. Nükleer santraller vasıtasıyla elde edilen enerjinin dünya toplam enerji üretimine oranı % 13'tür (Tablo 1). Dünyada ilk nükleer santral 1954 yılında Rusya'da (Obninsk Nükleer Santrali) kurulmuş ve bu tarihten sonra nükleer santraller dünyanın diğer ülkelerinde de yayılış göstermiştir. Günümüzde 437 adet nükleer santral enerji üretiminde kullanılmaktadır. Dünyada nükleer santral kurulumunda Türkiye'nin de Akkuyu ve Sinop Nükleer Santralleri

olmak üzere içinde bulunduğu 72 adet santral yapım aşamasındadır. 2030 yılına kadar kurulması planlanan nükleer santral sayısı ise 164 adettir. Nükleer santrallerin ülkelere göre dağılımına baktığımızda gelişmiş ülkelere yoğunlaştığı görülmektedir. Günümüzde dünyada nükleer enerji kullanımı ve ülkemizde nükleer enerji kullanımının değerlendirildiği çalışmamızda öncelikle dünya ülkeleri adına bir değerlendirme yapılacak ve akabinde ülkemizde nükleer enerji üretiminde gelinen aşama irdelenecektir.

1.DÜNYA'DA NÜKLEER ENERJİ VE KULLANIMI

Fosil enerji kaynaklarının dünya üzerinde bulunan rezervlerine baktığımızda coğrafi olarak dengeli bir şekilde dağılmadığı görülmektedir. Bazı ülkeler zengin petrol, kömür ya da doğal gaz yataklarına sahipken, bazı ülkeler ise gelişen sanayilerine rağmen enerji kaynakları bakımından fakir ülke konumundadır. Böylece bahse konu ülkeler enerji ihtiyaçlarını giderme adına enerji hammadde olan kaynakları ithalat yoluna gitmektedirler. Ya da dünya üzerinde toplam 31 ülkenin başvurduğu gibi nükleer enerjiye yönelmişlerdir. Fosil kaynakların rezerv dağılımına bakıldığında kanıtlanmış petrol rezervlerinin % 48,4'ünün, kanıtlanmış doğal gaz rezervlerinin ise % 43'ü Ortadoğu'da yer aldığı görülmektedir (BP Statistical Review, 2013). Fosil enerji kaynakları enerji sınıflandırmasında yenilenemez enerji kaynakları grubunda yer almaktadır. Fosil enerji kaynaklarına bilim adamları tarafından öngörülen ömür; petrolde 54 yıl, doğal gazda 61 yıl, kömürde ise 142 yıldır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklara Bakanlığı, 2014).

Tablo 1: Dünya Geneline Üretilen Elektriğin Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı.

Enerji Kaynakları	Dünya Geneli (%)
Kömür	40,6
Doğalgaz	22,2
Hidrolik	16
Nükleer	13
Petrol	4,6
Diğer	3,7
Toplam	21.431 TWh

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2014.

Günümüzde dünya genelinde üretilen elektriğin enerji kaynakları açısından dağılımına baktığımızda kömür kullanımının % 40,6 gibi yüksek bir oranla ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Bu oran neredeyse toplam üretilen elektriğin yarısına tekabül etmektedir. Diğer enerji kaynaklarına baktığımızda sırasıyla doğalgaz, hidrolik, nükleer enerji ve petrol gelmektedir. Tablo 1’de “Diğer” olarak ifade edilen kısım ise güneş enerjisi, rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Dünya genelinde üretilen toplam elektriğin nükleer enerjiden karşılama oranı ise % 13 olarak hesaplanmıştır (Tablo 1). Enerjiye hammadde olan kaynakların ülkeler arasında coğrafi bakımdan dengesiz bir biçimde yayılış göstermesi ve tükenebilir olması, enerji fiyatlarında görülen dalgalanmalar ve nükleer enerji üretiminin daha ekonomik olması gibi sebepler dünyada toplam 31 ülkenin nükleer enerjiye yönelmesinde etken sebeplerdendir. Örneğin Fransa ve Japonya gibi ülkeler nükleer enerji üretimine başvurmuşlardır. Fransa’nın 2013 yılı itibarı ile nükleer enerjiden elde ettiği elektrik üretimi % 73,3 oranındadır. Japonya’nın nükleer enerjiden elektrik üretimi 2011 yılında yaşanan Fukushima kazası (Çemrekvedig., 2014) sonrasında % 18,1 seviyelerinden 2012 yılında % 2,1’e, 2013 yılında ise % 1,7’e kadar düşmüştür (Tablo 2).

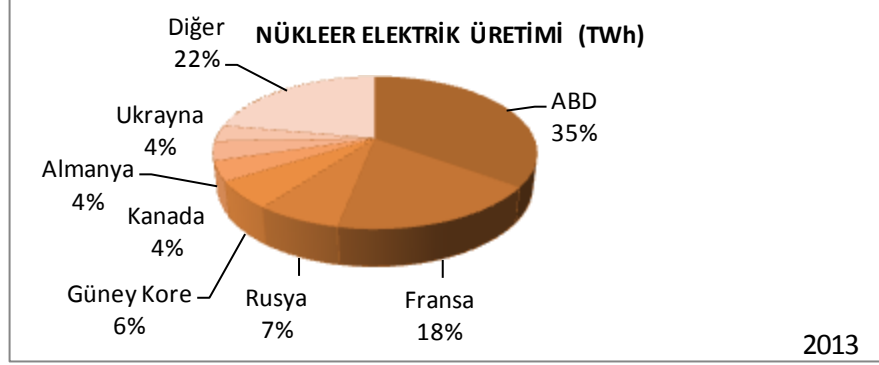
Tablo 2: Ülkeler Bazında Nükleer Enerjiden Elektrik Üretimi (2003-2013).

Ülkeler	Nükleer Pay (%)											Nükleer Elektrik Üretimi (Twh)	
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2012	2013
Fransa	77,7	78,1	78,5	78,1	76,9	76,2	75,2	74,1	77,7	74,8	73,3	407,4	405,9
Belçika	55,5	55,1	55,6	54,4	54,1	53,8	51,7	51,1	54	51	52,1	38,5	40,6
Slovakya	57,3	55,2	56,1	57,2	54,3	56,4	53,5	51,8	54	53,8	51,7	14,4	14,6
Macaristan	32,7	33,8	37,2	37,7	36,8	37,2	43	42,1	43,2	45,9	50,7	14,8	14,5
Ukrayna	45,9	51,1	48,5	47,5	48,1	47,4	48,6	48,1	47,2	46,2	43,6	84,9	78,2
İsveç	49,6	51,8	46,7	48	46,1	42	34,7	38,1	39,6	38,1	42,7	61,5	63,7
İsviçre	39,7	40	32,1	37,4	40	39,2	39,5	38	40,8	35,9	36,4	24,4	25
ÇekCumhuriyeti	31,1	31,2	30,5	31,5	30,3	32,5	33,8	33,3	33	35,3	35,9	28,6	29
Slovenya	40,4	38,8	42,4	40,3	41,6	41,7	37,9	37,3	41,7	36	33,6	5,2	5
Finlandiya	27,3	26,6	32,9	28	28,9	29,7	32,9	28,4	31,6	32,6	33,3	22,1	22,7
Bulgaristan	37,7	41,6	44,6	43,6	32,1	32,9	35,9	33,1	32,6	31,6	30,7	14,9	13,3
Ermenistan	35,5	38,8	42,7	42	43,5	39,4	45	39,4	33,2	26,6	29,2	2,1	2,2
Güney Kore	40	37,9	44,7	38,6	35,3	35,6	34,8	32,2	34,6	30,4	27,6	143,5	132,5
Romanya	9,3	10,1	8,6	9	13	17,5	20,6	19,5	19	19,4	19,8	10,6	10,7
İspanya	23,6	22,9	19,6	19,8	17,4	18,3	17,5	20,1	19,5	20,5	19,7	58,7	54,3
ABD	19,9	19,9	19,3	19,4	19,4	19,7	20,2	19,6	19,2	19	19,4	770,7	790,2
Tayvan	21,5	-	-	19,5	19,3	17,1	20,7	19,3	19	18,4	19,1	38,7	39,8
İngiltere	23,7	19,4	19,9	18,4	15,1	13,5	17,9	15,7	17,8	18,1	18,3	64	64,1
Rusya	16,5	15,6	15,8	15,9	16	16,9	17,8	17,1	17,6	17,8	17,5	166,3	161,7
Kanada	12,5	15	14,6	15,8	14,7	14,8	14,8	15,1	15,3	15,3	16	89,1	94,3
Almanya	28,1	32,1	31	31,8	25,9	28,3	26,1	28,4	17,8	16,1	15,5	94,1	92,1
Güney Afrika	6	6,6	5,5	4,4	5,5	5,3	4,8	5,2	5,2	5,1	5,7	12,4	13,6
Meksika	5,2	5,2	5	4,9	4,6	4	4,8	3,6	3,6	4,7	4,6	8,4	11,4
Arjantin	8,6	8,2	6,9	6,9	6,2	6,2	7	5,9	5	4,7	4,4	5,9	5,7
Pakistan	2,4	2,4	2,8	2,7	2,3	1,9	2,7	2,6	3,8	5,3	4,4	5,3	4,4
Hindistan	3,3	2,8	2,8	2,6	2,5	2	2,2	2,9	3,7	3,6	3,5	29,7	30
Brezilya	3,6	3	2,5	3,3	2,8	3,1	3	3,1	3,2	3,1	2,8	15,2	13,8
Hollanda	4,5	3,8	3,9	3,5	4,1	3,8	3,7	3,4	3,6	4,4	2,8	3,7	2,7
Japonya	25	29,3	29,3	30	27,5	24,9	28,9	29,2	18,1	2,1	1,7	17,2	14
İran	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	1,5	1,3	3,9
Litvanya	79,9	72,1	69,6	72,3	64,4	72,9	76,2	0	0	0	0	0	0
TOPLAM												2346	2359

Kaynak: World Nuclear Association, 2014.

Nükleer santrallerin bulunduğu ülkelerde nükleer enerjiden elektrik üretiminin toplam elektrik üretimleri içerisindeki oranlarına baktığımızda Fransa, Belçika, Slovakya, Macaristan, Ukrayna, İsveç, İsviçre, Çek Cumhuriyeti, Slovenya, Finlandiya ve Bulgaristan ülkelerinin toplam elektrik üretimlerinin % 30 ve % 73 arasında nükleer enerjinin payı söz konusudur (Tablo 2).

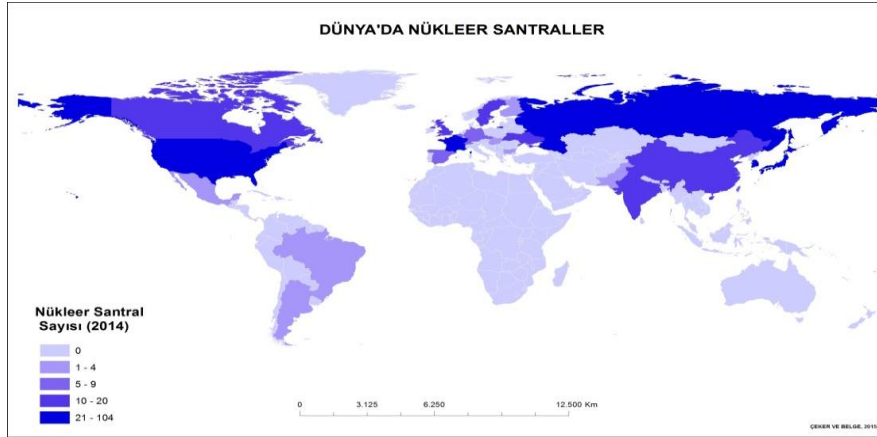
Grafik 1: Ülkeler bazında Nükleer Enerjiden Elektrik Üretimi (Twh).



Toplam 31 adeti bulan nükleer santral bulunan ülkelerde nükleer enerjiden elde edilen elektrik üretim miktarları oran bazında değerlendirildiğinde daha farklı sonuçlar çıkmaktadır. Bu oranlarda ABD % 35 gibi bir oranla ilk sırada yer almaktadır.

Bu ülkeyi takiben Fransa, Rusya, Güney Kore, Kanada, Almanya ve Ukrayna gelmektedir. Diğer olarak ifade edilen değer ise geri kalan tüm ülkeleri kapsamaktadır. Oranlar kıyaslandığında ABD ve Fransa'nın toplam % 53 gibi bir oranla dünya üzerinde nükleer enerjiden üretilen elektrik miktarının yarısından fazlasını ürettiği görülmektedir (Grafik 1).

Şekil 1: Dünya'da nükleer santrallerin ülkelere göre dağılımı.



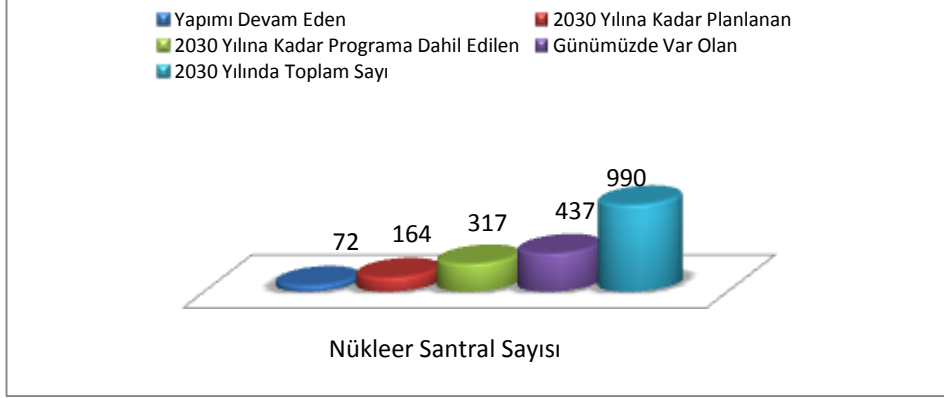
Kaynak: IAEA (International Atomic Energy Agency) Data Base 2014.

Nükleer enerjiye yöneltilen eleştirilere rağmen santrallerden yüksek miktarda enerji üretilmesi nedeniyle birçok ülke için halen vazgeçilmez bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Genel itibarıyla nükleer enerji, gerek enerji üretimindeki miktar ve gerekse toplam yüzde içindeki oranlama itibarı ile son yıllarda düşüş eğilimi göstermektedir (Tablo 2). Bahse konu düşüş eğilimine etken faktör 2011 yılında gerçekleşen Fukushima nükleer kazasıdır. Kaza sonrası birçok ülke nükleer enerji üretiminde devam eden politikalarını yeniden gözden geçirme gereği duymuşlardır.

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansının (IAEA) 2014 yılı verilerine göre dünya üzerinde faaliyet gösteren toplam 437 adet nükleer reaktör bulunmaktadır (Şekil 1). İlk defa nükleer enerjiden faydalanan Türkiye, Birleşik Arap Emirlikleri ve Belarus gibi ülkeler dahil olmak üzere toplamda 16 ülkede 72 nükleer enerji reaktörünün inşaatı devam etmektedir. Nükleer enerji kullanımının yapılan planlamalara bakıldığında gelecekte de devam edeceği öngörülmektedir. 2030 yılına kadar 164 adet

nükleer reaktör yapılmasının planlanması bu durumu desteklemektedir. Ayrıca 317 nükleer reaktör ise ülkelerin nükleer programlarında yer almaktadır. Nükleer santraller ile ilgili planlanan ve programa dahil edilen projelerin gerçekleşmesi durumunda 2030 yılında dünyada toplam nükleer enerji santralının yapılan hesaplamayla 990 adet olması öngörülmektedir (Grafik 2).

Grafik 2: Dünya’da Nükleer Enerji Santralleri.



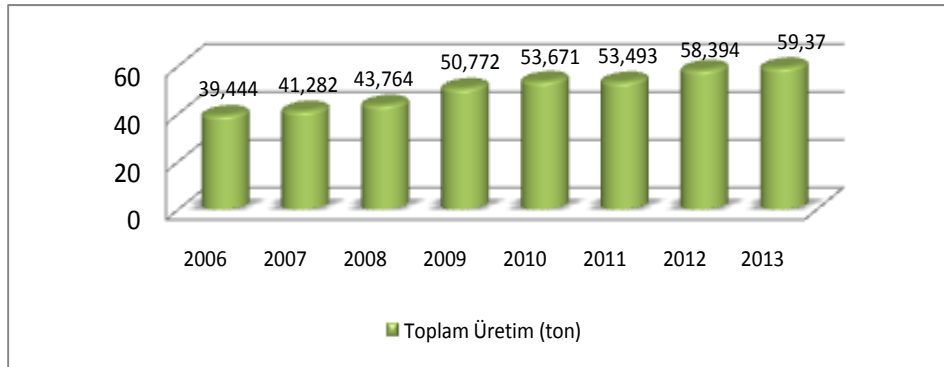
Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2014b.

2.NÜKLEER ENERJİ ÜRETİMİNDE URANYUM MADENİ

20. yüzyıl başında bilim adamları atomun parçalanmasıyla muazzam bir enerjinin ortaya çıktığını keşfetmişlerdir. Uranyum madeninin % 9-10 civarında zenginleştirilerek enerji üretiminde kullanılma olanağı ortaya çıkınca fosil enerji kaynaklarına alternatif yeni bir enerji kaynağı devreye girmiştir. Ortaya çıkan bu enerji kaynağının elektrik üretiminde kullanmaya başlanmasıyla birlikte nükleer enerji farklı bir boyuta taşınmıştır. İlk nükleer santral 1954 yılında Rusya’da (Obninsk) işletmeye açılmıştır. Bu tarihten sonra nükleer enerji üreten santraller dünya çapında yayılış göstermeye başlamıştır (Engin, 2013).

Nükleer enerjinin temel ham maddesi olan uranyumun 2006 yılı ile 2013 yılları arası dönemde üretim miktarlarına baktığımızda 2011 yılı hariç diğer yıllarda üretim miktarlarının düzenli bir şekilde arttığı görülmektedir. 2006 yılında uranyum üretimi 39,444 ton olarak gerçekleşirken bu oran 2013 yılında 59,673 tona yükselmiştir (Doğanay ve diğ., 2014, Grafik 3).

Grafik 3:Dünya Genelinde Uranyum Madeni Üretimi (2006-2013).

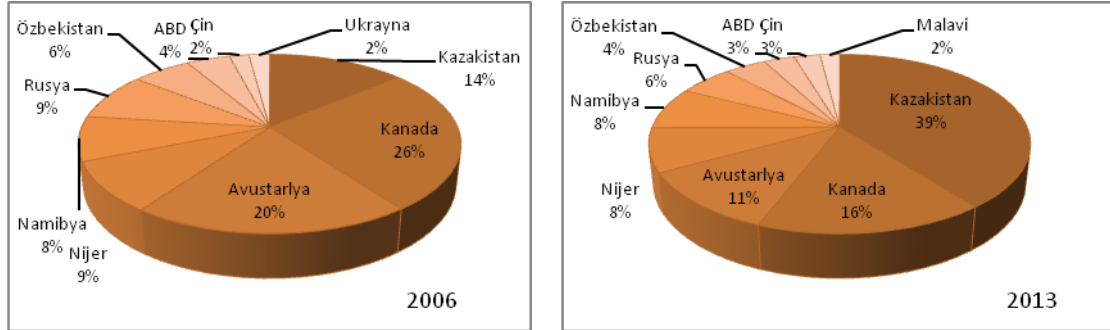


Kaynak: World NuclearAssociation, 2014.

Uranyumun ilk kez 1789 yılında keşfedilmesine karşın önceleri bilimsel amaçla, daha sonra ise radyum üretmek için kullanılmıştır. Uranyum tabiiatta bulunan en ağır metaldir. Son 50-60 yılda ise enerji elde etmek amacıyla uranyum üretimi söz konusu olmuştur. Uranyum yatakları yeryüzünde yaygın ve sayı bakımından çok olmasına rağmen, rezervinin küçük olmasından dolayı rezervinin çok

azı üretilmeye degecek miktardadır. Uranyum yapısı itibariyle bölünebilen ve bölündükten sonra enerji açığa çıkarabilen U235 izotopunu içermesi sayesinde, nükleer enerji santrallerinde kullanılan ana hammadde olmuştur (Timurçin&Aliğaoğlu, 2003).

Grafik 4: Dünya’da Uranyum Üreten Bazı Ülkeler ve Üretim Miktarı (ton).



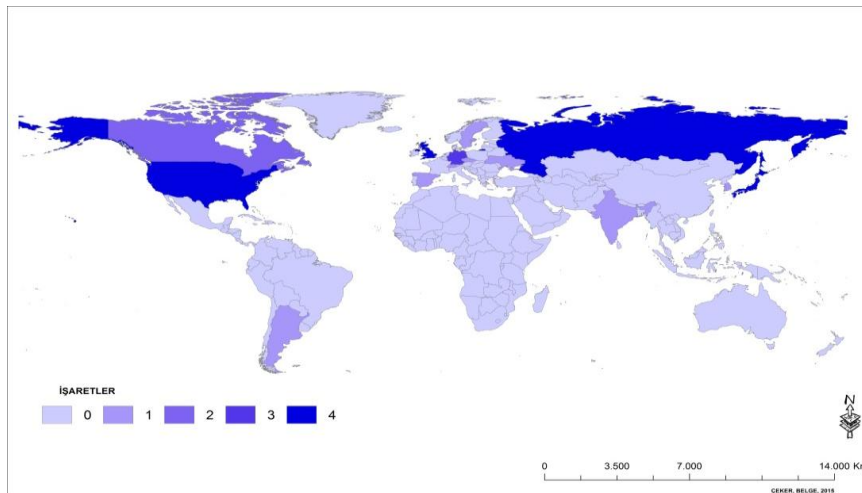
Kaynak: World Nuclear Association, 2014.

Uranyum üreten ülkeler 2006 yılı ile 2013 yılları itibarı ile kıyaslandığında ülkelerin aynı olmasına rağmen üretim değerlerinde farklılıklar görülmektedir. 2006 yılında dünyada en fazla uranyum üreten ilk üç ülke sırasıyla Kanada, Avustralya ve Kazakistan gelmektedir (Grafik 4). 2013 yılında ise aynı ülkeler ilk üç arasında yer almakla birlikte sıralamada ilk sırada Kazakistan toplam üretimin % 39’unu üreterek yer almıştır. Kanada ve Avustralya gibi ülkelerin üretim oranları düşüş göstermelerine rağmen sırasıyla iki ve üçüncü sırada yer almışlardır. 2013 yılı itibarı ile dünyada uranyum üreten ilk on ülke sırasıyla; Kazakistan, Kanada, Avustralya, Rusya, Nijer, Namibya, Özbekistan, ABD, Çin ve Ukrayna gelmektedir (Grafik 4).

3.DÜNYA’DA NÜKLEER SANTRAL KAZALARI

Diğer enerji kaynaklarına kıyasla genç bir enerji kaynağı olan nükleer enerji santralleri çok verimli olmasına karşın çok riskli ve tehlikelidir. İnsanlık tarihi birkaç kez nükleer reaktör kazasına tanık olmuş ve bu kazaların neden olduğu tahribatlar günümüze kadar devam etmiştir. Nükleer santral kazaları sadece bulunduğu mekanı değil, ayrıca çevre bölgelerde bulunan ekosistemlere zarar vermekle beraber insan sağlığı açısından da büyük riskler oluşturabilmektedir.

Şekil 2: Dünyada Nükleer Santral Kazaları.



Bilinen ilk kaza 1957 yılında Rusya’da meydana gelmiştir. Rusya’daki Mayak nükleer santralinde radyoaktif sızıntı meydana gelmiş ve bu olay kamuoyuna açıklanmamasına rağmen Mayak civarında ki gölde yapılan ölçümlerde radyasyonun normalin 100 katı üstünde olup, halen

10.000km² 'lik alanı etkilediği tespit edilmiştir. Buna rağmen, kazanın yerel nüfus üzerindeki etkisi tam olarak bilinmiyor. Ayrıca bu kaza, Çernobil ve Fukushima'dan sonra gelen ve seviye 5'in üzerine çıkan tek kaza olma özelliğine sahiptir.1957 yılında İngiltere'nin Windscale şehrinde bir reaktörün çekirdeğinde çıkan yangında reaktörün tahrip olması sonucu atmosfere öldürücü radyoaktif küller yayılmıştır. Daha sonra ABD'de 28 Mart 1979 yılında Harrisburg şehrinde Three Mile Island santralinde radyoaktif madde sızıntısı olmuştur. (Ovalı, 2008, Saygın, 2011).

26 Nisan 1986 tarihinde Sovyet Rusya döneminde Ukrayna'nın Kiev şehri yakınlarında bulunan Çernobil nükleer santralinde meydana gelen kaza büyük tahribatlara neden olmuştur. Kazadan sonra bölgede 100 binden fazla insan tahliye edilmiş ve halen riskli olan bölgede 5 milyon insan yaşamaya devam etmektedir. Çernobil kazasından sonra Doğu Avrupa, Karadeniz Havzası radyoaktif bulutlardan etkilenmiştir (IAEA, 2006).

Mart 2011 yılında Pasifik Okyanusu'nda Japonçukurunda Miyagi Prefecture sahiline yaklaşık 130 km kuzeydoğusunda meydana gelen deprem sonucunda tsunamio luşmuştur. Depremin Japonya'yı vurması sonucunda Fukushima'da Daiichi Nükleer Santralinde sızma meydana gelmiştir (Marzo, 2014). Yakın zamanlı bu kazanın meydana gelmesi nükleer kazalara karşı dünya kamuoyunun dikkatinin tekrar nükleer santrallerin üzerinde toplanmasına neden olmuştur (Engin, 2013). Fukushima Nükleer kazası, 1986 Çernobil kazasıyla aynı seviyeye çıkmış olmasına karşın, bu kazanın halk sağlığı açısından sonuçları Çernobil ile kıyaslanamayacak kadar düşüktür (NEI, 2012).

Nükleer enerji santrallerinde yaşanan kazalara baktığımızda en fazla ABD, Rusya, Japonya ve İngiltere'de gerçekleştiğini görmekteyiz. ABD toplam 5 adet nükleer kaza ile ilk sırada yer almaktadır. Bu ülkeyi 4 adet kaza ile Rusya ve Japonya takip etmektedir. İngiltere'de ise günümüze değin 2 adet nükleer kaza meydana gelmiştir. Günümüze kadar kayda geçen nükleer kazaların toplamı 27 adet olarak hesaplanmıştır. Nükleer kazaların gerçekleştiği ülke sayısı ise 15 adettir (Şekil-2).

4. TÜRKİYE'DE NÜKLEER ENERJİ

Ülkemizde nükleer santral kurulması ile ilgili yaşanan tarihsel süreç 1956 yılında 'Atom Enerjisi Komisyonunun' kurulmasıyla başlamaktadır. 59 yıllık bir süreci kapsayan süreç içerisinde birçok defa açılan ihaleler iptal edilmiştir. 2007 yılında 'Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması ve İşletilmesi ile Enerji Satışına İlişkin Kanun' çıkarılarak ilgili yasalarda değişiklikler ve yeni düzenlemeler yapılmıştır. Geline aşamada 2010 yılında Akkuyunükleer santralin yapımı ile ilgili Rusya'yla anlaşmaya varılmıştır (Grafik 5)

Türkiye'nin özellikle son yıllarda gelişen ekonomisi ve artan nüfusu nedeniyle enerji ihtiyacı günden güne artmaktadır. Ortadoğu ülkeleri gibi petrol ve doğalgaz yatakları bakımından zengin bir rezerve sahip olmayan Türkiye, enerji talebini büyük oranda ithalat yoluyla karşılamaktadır. Ayrıca Türkiye 2012 yılında 120,1 milyar ton eş değer petrol (TEP) birincil enerji tüketimiyle dünyada 21. Sırada yer almaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2014).

Grafik 5: Türkiye'de Nükleer Enerji Kurulmasında Yaşanan Süreç.

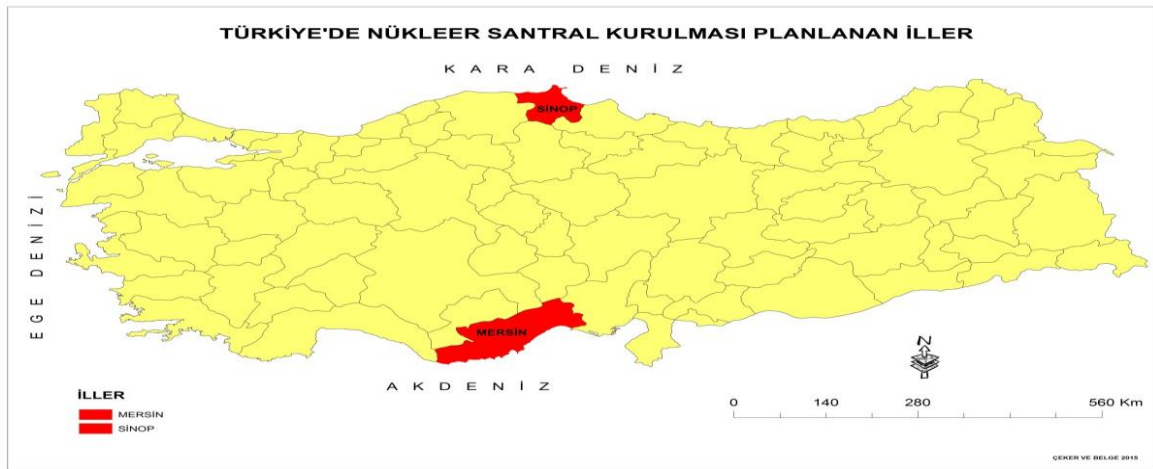


Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2014b.

Son yıllarda Türkiye'nin enerji talebini ithalat yoluyla karşılama oranı % 75 seviyelerine ulaşmıştır. Bu durum Türkiye'nin enerji üretiminde nükleer enerjiden faydalanmayı tekrar gündemine almasını netice vermiştir. Böylece Türk hükümeti Mersin, Sinop olmak üzere 2023 yılına kadar iki farklı bölgede nükleer santral kurulması kararlaştırılmıştır. Bunlardan ilki Rus devlet şirketi ASE tarafından yapılmakta olan Mersin Akkuyu nükleer santralidir. İkinci santralin ise Sinop'ta kurulması planlanmıştır (Şekil 3).

Enerji ve Tabii Kaynaklara Bakanlığının yaptığı tahminlere göre 2023 yılına kadar Akkuyu ve Sinop Nükleer Santrallerinin işletmeye açılması halinde bugünkü kurulu gücümüzün % 20'si nükleer santrallerden üretilecek elektrikten sağlanacaktır. Yine rapora göre 3 yıl boyunca doğalgaz ithaline ödenecek toplam para ile Mersin-Akkuyu'da 4 ünite nükleer santral kurulabilmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklara Bakanlığı, 2014).

Şekil 3: Nükleer santral yapılması düşünülen Mersin ve Sinop illerinin konumu.



MTA tarafından yapılan araştırmalarda Türkiye'nin Aydın, Çanakkale, Giresun, Manisa, Uşak, Yozgat olmak üzere sekiz farklı bölgede uranyum rezervine sahip olduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen uranyum toplam rezervinin 10 bin tonu aştığı tahmin edilmektedir. Ülkemizde sekiz farklı bölgede tespit edilen toplam uranyum rezervi 11.946 ton olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca Türkiye'de bulunan toryumun toplam rezervi 382.500 ton civarındadır (Doğanay ve Çavuş, 2013). Türkiye'nin uranyum rezervleri bakımından zengin bir ülke olması göz önünde bulundurulacak olursa Türkiye için nükleer enerjinin avantajlı bir enerji kaynağı olduğu düşünülebilir. Türkiye uranyum ve toryum yatakları bakımından zengin olmasına karşın, bu rezervleri değerlendirecek nükleer enerji santralleri olmayışından dolayı bu kaynaklardan yeterince yararlanamamaktadır.

Tablo 3: Türkiye'de Nükleer Santrallere İlişkin Değerler.

Değerler	Akkuyu Nükleer Santral Projesi	Sinop Nükleer Santral Projesi
Yaklaşık Maliyet	20 milyar dolar	20 milyar dolar
Reaktör Tipi	VVER-1200 (AES-2006)	ATMEA-1
Ünite Sayısı	4 Ünite (1200 MW*4)	4 Ünite (1120 MW*4)
Kurulu Güç	4800 MW	4480 MW
İşletme Ömrü	60 yıl	60 yıl

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2014.

Türkiye'nin nükleer enerjiye yönelik politikalarını gerçekleştirmek için yakın gelecekte Mersin'in Akkuyukasabasında Sinop'ta nükleer reaktör kurulmasına karar verilmiştir (Şekil 3). Bu karardan önce, Türkiye'de nükleer enerji santrali kurma teşebbüsü birkaç kez gündeme gelmiş (1969, 1977, 1985 ve 1995 yıllarında) fakat her defasında farklı sebeplerden dolayı bu girişimler akim kalmıştır (Doğanay ve Çavuş, 2013). Son olarak, 12 Mayıs 2010 tarihinde Türkiye ile Rusya Federasyonu arasında Akkuyu bölgesinde bir nükleer santral kurmak ve işletmek amacıyla bir anlaşma imzalanmıştır (Şekil 4). Kurulacak Akkuyu nükleer santralinin enerji kurulum gücü 2500 megavat olarak hesaplanmıştır (Atalay, 2011). Akkuyu'da kurulması planlanan nükleer santralin bulunduğu sahaya 1976 yılında Atom Enerjisi Komisyonu tarafından yer lisansı verilmiştir. Bu tarihten günümüze kadarsahada birçok etüt çalışması yapılmıştır. 2010 yılında Ruslarla yapılan anlaşma gereği Rus tarafı, %100 Rus sermayesi ile nükleer tesisi inşa etmek, işletmekten sorumlu olan "Akkuyu Nükleer Güç Santrali Elektrik Üretim A.Ş.'ni (Akkuyu Proje Şirketi) kurmuştur (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, 2013). Yapılan anlaşmaya göre yürütücü Rus ASE şirketi Mersin Akkuyu Sahası'nda toplam 4800 MW kapasiteli dört adet VVER 1200/491 tipi (AES-2006 tasarımı) nükleer güç reaktöründen oluşan bir nükleer güç tesisini başlangıçta tamamen Rus sermayesiyle kuracak ve işletecektir.



Şekil 4:Yapılması planlanan Akkuyu nükleer santralin konumu.

İlk reaktörün 2018'de devreye alınması planlanmakta olan projenin toplam maliyeti yaklaşık 20 milyar Amerikan doları civarındadır. Akkuyu nükleer santral projesi yap-işlet modeli ile kurulmuş ve nükleer güç tesisinin sahibi Rus ortak tarafından kurulacak olan bir proje şirkettir. İnşa edilecek olan reaktör bir üçüncü nesil basınçlı su reaktörü olup, ömrü 60 yıl olarak belirlenmiştir (İşeri&Özen, 2012).

Sinop Nükleer santralinin kuruluşu için Japon Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (MHI) ve Fransız GDF SUEZ şirketleriyle 2011 yılında anlaşma imzalanmıştır. Yapılan anlaşma gereği nükleer santralden 2023 yılında enerji üretimine başlanacaktır. 20 milyar dolar maliyeti bulacak olan santral; ATMEA-1 reaktör tipinde olup ve kurulu gücü 4480 MW olarak planlanmıştır. Nükleer santralden 60 yıl süreyle enerji elde edilmesi planlanmaktadır (Tablo 3).

4.1.Bulgular ve Tartışma

Nükleer enerji santrallerin en çok eleştirilen yönünü nükleer reaktörlerin neden olabileceği olası kazalar sonucunda, radyoaktif yayılmaların doğa ve insan için tehlikeli olmasıdır. Nükleer enerji atıklarının yüksek oranda radyasyon içermesi nedeniyle depolanması maliyetli ve tehlikeli olmaktadır.

Nükleer santrallerin kurulum aşamasında maliyetinin fazla olması ise kurulumdan önce yüksek oranda bütçe gerekmektedir. Bu nedenle nükleer santrallere sahip olan ülkelerin çoğunluğunu gelişmiş ülkeler oluşturmaktadır. Nükleer santrallerin enerji üretme esnasında yüksek oranda suya ihtiyaç duyması ve tehlike oluşturması gibi nedenlerden dolayı nükleer santral kurulumu için uygun coğrafi konum seçmek çok zor olmaktadır. Nükleer enerjinin bazı çevreler tarafından vazgeçilen eski bir enerji kaynağı olarak görülmekte ve bu çevreler, alternatif enerji kaynaklarına yönelmesi konusunda ısrarcı olmaktadır. Bunlara ek olarak nükleer enerjinin ham maddesi olan uranyum ve toryum yataklarının sınırlı olması ve yeryüzünde düzenli bir dağılım göstermesini bir dezavantaj olarak ileri sürmektedirler.

Nükleer enerji santralleri, kurulacağı coğrafi konum itibarıyla büyük önem arz etmektedir. Daha önce bahsedildiği üzere nükleer santrallerde yüksek oranda radyoaktif maddelerin işletimi söz konusu olmasından dolayı, santralin konumu insan ve çevre açısından büyük önem taşımaktadır. Diğer termik ve hidro-elektiksantallerden farklı olarak, nükleer santrallerin ham maddeye yakın olması gibi bir şart yoktur. Üretilen elektrik enerjisi depolanmadığı için santralin pazara yakın olması gerekmektedir. Üretim esnasında aşırı derecede ısınan reaktörlerin soğutulması için ise büyük oranda soğutma suyuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle kurulacak nükleer santralin deniz, göl veya büyük bir akarsuyun kıyısında olması gerekmektedir. Nükleer enerji santralleri çok hassas ve kompleks bir yapıya sahip olmalarından dolayı, santralin inşa edildiği saha deprem açısından güvenilirliği büyük önem arz etmektedir. Bununla beraber santralin büyük yerleşme alanlarından da uzak olması gerekmektedir. Santralde olası bir radyoaktif salınım sonucunda çevredeki insan

nüfusu olumsuz bir şekilde etkilenebilmektedir (Tümertekin ve Özgüç, 2011).

Yukarıda sıralandığı gibi nükleer enerjinin olumsuz gerekçelere sahip olmasına karşılık, bazı olumlu yönleri de sahiptir. Nükleer enerji santralleri kömür ve petrol gibi fosil yakıtları kullanan termik santrallere nazaran (kaza riski dışında) daha çevreci olması en büyük avantajdır. Nükleer santraller enerji üretme esnasında atmosfere karbon dioksit (CO₂) gibi zararlı gazlar salmaz. Nükleer enerji santrallerinin işletme performansı yüksektir. Yani az zamanda çok verimli olabilmektedirler. Dünya, geçmişte her ne kadar birkaç nükleer santral kazası tecrübe etmiş olmasına rağmen genel olarak enerji elde edilme aşamasında kaza riskinin diğer enerji kaynaklarına oranla daha düşük olmaktadır. Ayrıca nükleer enerji orta ve uzun vadede düşünüldüğünde ucuz bir enerji kaynağı olabilmektedir. Nükleer enerji santralleri sadece yapım aşamasında yüksek maliyet isteyen bir enerji kaynağıdır (Doğanay ve diğ., 2014).

4.2. Türkiye Açısından Bir Değerlendirme

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın resmi web sitesinde yayınlanan "Nükleer Santraller ve Ülkemizde Kurulacak Nükleer Santrale İlişkin Bilgiler" adlı bir çalışmada Türkiye'nin nükleer enerjiyi tercih etmesindeki sebepleri şöyle sıralamaktadır:

- Nükleer santraller, elektrik üretme esnasında, kömür, doğal gaz ve yenilenebilir enerji kaynakları ile çalışan santraller gibi dış faktörlere bağlı değildir. Bu durum, nükleer enerji santrallerinin elektrik üretiminde sürekliliği sağlamaktadır. Bu sayede nükleer yakıt maliyeti sabit kalabilmekte ve bunun sonucu olarak fiyatı istikrarlı sayılabilecek seviyede olmaktadır.
- Nükleer santrallerin enerji üretim süreci göz önünde bulundurulduğunda fosil yakıtlara kıyasla sera gazı salımı konusunda daha çevrecidir.

- Nükleer santrallerin atık miktarı fosil yakıtlara göre çok daha azdır. (Örneğin, 1 kilogram uranyumdan elde edilen enerji için, 3.000.000 kilogram kömür veya 2.700.000 litre petrol gerekmektedir.)
- Nükleer santrallerden çıkan atık miktarının diğerlerine kıyasla az olması neticesinde güvenli bir şekilde depolanabilmektedirler.
- Nükleer enerji santrallerin kurulması ile ülkenin enerji üretim sektörüne çeşitlilik sağlayacaktır.
- Santral işletme ömrü diğer santral türlerine göre daha uzundur (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklara Bakanlığı, 2014).

Yukarıdaki bilgiler ışığında Türkiye'nin nükleer enerjiden faydalanma yoluna gitmesi zorunlu bir durum gibi gözükmektedir. Türkiye'yi nükleer enerjiye yönelten asıl mevzu, Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılamak hususunda dışa olan bağımlılığıdır. Bu ekonomik bağıllık beraberinde Türkiye'nin uluslararası siyasi arenada hareket kabiliyetini kısıtlamaktadır. Fakat bununla beraber Türkiye'nin nükleer enerjiyi kullanması çok riskli ve tehlikeli olabilmektedir. Devletin bu riskleri ve tehlikeleri göz önünde bulundurması gerekmektedir. Türkiye'nin nükleer enerji konusunda tecrübeli olmaması ve yetişmiş eleman kaynağı açısından zayıf olması bu riski artırmaktadır.

Türkiye'de doğal olarak nükleer enerji hakkında farklı düşünen kesimler; nükleer enerjiyi zamanı geçmiş eski bir sistem olarak görmektedir. Çünkü nükleer enerjiye sahip ülkeler 1986 Çernobil nükleer faciasında almış olduğu derse binaen, nükleer enerjiye karşı mesafeli durmaya başlamışlardır. Yine 2011 yılında meydana gelen Fukushima Nükleer kazası nükleer enerji kullanılmasına karşı olan kesimler açısından destekleyici mahiyettedir. Türkiye açısından diğer risk ise nükleer santral kurulması hususunda Ruslarla anlaşma yapılmasıdır. Rusların, Çernobil Nükleer Santral

kazası gibi acı bir tecrübeye sahip olmaları, Ruslara karşı bir güvensizlik hissi doğmasına sebep olmuştur. Buna ek olarak, Türkiye'nin zaten doğalgaz ihtiyacının büyük bir kısmını Rusya'dan ithal etmesi, Türkiye'nin Rusya ile olası bir siyasi anlaşmazlık yüzünden hem nükleer enerji inşasına hem de doğal gaz ithalatına zarar verebilme olasılığı bulunmaktadır.

4.3. Türkiye Açısından Olası Riskler

Nükleer enerji kaynakları enerji üretimi açısından çok verimli olmasına karşın çevre için büyük tehlike arz edebilmektedir. Akkuyu nükleer güç santralının kurulması planlanan coğrafi konumu göz önünde bulundurulduğunda bu tehlikenin boyutu daha da anlaşılacaktır. Bilindiği gibi nükleer güç reaktörlerin su ile soğutulması için, santralin deniz, göl ve ya akarsu gibi su kaynaklarının yakınında inşa edilmesi gerekmektedir. Nükleer santrallerin elektrik üretmek için başvurdukları en yaygın yöntem olan fisyon aktiviteleri sonucunda atmosfer, su döngüsü, fauna, flora ve yerel insan toplulukları etkilenebilmektedir (Küçük ve Uzun, 1996).

Bu bağlamda, Akkuyu Nükleer Santralının kurulması planlanan saha Kuzeydoğu Akdeniz kıyılarında yer almaktadır. Kıyı bölgeleri balıkların üreme ve beslenme alanları bakımından çok zengin olmakla beraber özellikle Akkuyu Körfezi diğer canlıların önemli fauna ve flora yaşam alanlarındandır. Bölgede nükleer santralin kurulması halinde, deniz suyunun sıcaklığı artabilir ve su radyoaktif maddelerle kirlenebilir. Bu durum, bölgede balık çeşitliliği ve balıkçılık aktiviteleri açısından tehlikeli bir durum oluşturabilir (Kılıçkaya, 1996).

Bir diğer husus ise Akkuyu nükleer enerji santralının konumu itibarıyla Mersin, Adana ve Antalya gibi toplam nüfusları yaklaşık 6 milyonu geçen metropollere yakınlığı nedeniyle olası bir nükleer kaza sonucunda zararın boyutunu artırabilir. Ayrıca,

Türkiye'nin yoğun bir tarımsal üretim alanı olan Çukurova'nın nükleer santrale yakınlığı ve olabilecek kaza sonrasında birinci derecede etkilenme alanı içerisinde olması diğer bir eleştiri kaynağıdır. Meydana gelebilecek olası bir kaza ayrıca bölgenin turizm potansiyelini de tehlikeye atabilecek konumdadır.

Türkiye Alp-Himalaya deprem kuşağında yer almasından ötürü, ülkede sık sık irili ufaklı sarsıntılara şahit olmaktadır. Akkuyu Nükleer Santralin kurulması düşünülen saha, Ecemiş fay hattına 25 km uzaklıktadır (Gökçen, N. & Kelling, G. veditiş. 1991). Greenpeace'e göre bölgede meydana gelebilecek bir sarsıntı sonucu nükleer santral kazası olması halinde sadece Türkiye'yi değil, Doğu Avrupa'yı, Rusya'yı hatta Afrika'yı bile önemli derecede etkilebileceği iddia edilmektedir (T24, 2012).

4.4. Türkiye'de Nükleer Santral Kurulmasına Karşı Olumlu Görüşler

Türkiye coğrafyası ile ilgili birçok çalışması olan coğrafyacı İbrahim Atalay ise "Türkiye Coğrafyası" kitabında nükleer enerji bölümünde durumu şöyle ifade etmektedir:

"Dünya'da ve ülkemizde sürekli olarak artan enerji ihtiyacının fosil yakıtlardan ve hidroelektrik üretiminden sağlanamayacağı bir gerçektir. Bu yüzden nükleer santrallerin kurulması, yakıt olarak kullanılan uranyumun dış ülkelerden sağlanması ve atıkların saklanmasıdaki güçlükler olmasına karşın adeta bir zorunluluk haline gelmiştir (Atalay, 2011, s.315)."

Yukarıdaki ifadede Atalay, nükleer enerjinin her türlü olumsuzluklara karşın Türkiye için vazgeçilmez bir enerji kaynağı olduğunu vurgulamaktadır. Bunun nedeni, Türkiye'nin özellikle son yıllarda hızla sanayileşmesi ve nüfusunun 77 milyona dayanması, ülkenin enerji talebini artırmış ve bu talebin alternatif bir enerji kaynağından sağlanması yoluna gitmesine yol açmıştır.

Doğanay ve Çavuş (2013) Türkiye'de nükleer santral yapımına karşı çıkan bu çevreleri sert bir şekilde eleştirmektedir. Doğanay ve Çavuş bu çevreleri;

"Hiç kuşku yok ki, kimi çevreler, sorunun özünü bilmeden; insan hayatı, çevre kirlenmesi, temiz enerji gibi hayali ve fantastik iddialar öne sürerek, ülkemizin bu önemli enerji kaynağını işletmeye açmasını, sudan sebepler üreterek, engellemektedirler. Oysa bugün Dünya'da 469 nükleer santral bulunmaktadır. Bunların 108'i ABD, 33'ü Rusya, 59'u Fransa, 55'i Japonya, 20'si Almanya'da faaliyet göstermektedir. Hani, nükleer santraller tehlikeli idi! Hiç kuşku yok ki, Türkiye söz konusu olduğunda tehlike söz konusu, ama güçlü ülkeler söz konusu olduğunda tehlike söz konusu değil (s.256)." ifadeleriyle eleştirmektedir.

Ancak bütün bu itirazlara rağmen Doğanay ve Çavuş (2013) gibi coğrafyacılar Türkiye'nin en az 5 nükleer enerji santrali kurmasını gerektiğini, gerekli önlemlerin alınması halinde bu santrallerin güvenli bir şekilde faaliyet gösterebileceğini düşünmektedirler.

SONUÇ

İnsanlık tarihinin özellikle son 200 yılı boyunca teknolojinin hızla ilerlemesi, nüfusun artması, insanın dünyaya hâkim olma hayalleri, enerjiye olan talebini hızla artırmıştır. Bu süre zarfında sanayileşmiş ülkeler artan enerji taleplerini karşılamak için kömür, petrol, doğalgaz ve son olarak nükleer enerjiden yararlanma yoluna gitmiştir. Son yıllarda popülerlik kazanan yenilenebilir enerji kaynakları, enerji verimliliği bakımından düşük olması göz önünde bulundurulduğunda artan enerji talebinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanamayacağı bir gerçektir.

Son 50 yılda, fosil enerji kaynakları bakımından fakir olan gelişmiş ve gelişmekte olan bazı ülkeler artan enerji talebini karşılamak için nükleer enerji kaynaklarından yararlanma yoluna girmişlerdir. Her enerji elde

etme sürecinde enerji kaynaklarının çevreye belli oranda negatif etkileri olduğu gibi nükleer santrallerinde de bu risk söz konusudur. Dünya, birkaç kez nükleer santral kazasına şahit olmasına karşın, günümüzde nükleer enerji kullanımı genel itibariyle artarak devam etmektedir. Türkiye’de artan nüfusu ve gelişen ekonomisi nedeniyle enerji ihtiyacı giderek artırmakta ve bu durum ülkeyi enerji konusunda dışa bağımlı hale getirmektedir.

Bu bağlamda Türkiye’nin fosil enerji kaynakları bakımından fakir olması, Türkiye’yi alternatif bir enerji kaynağı olan nükleer enerjiye yöneltmiştir. Türkiye enerjide dışa bağımlılığı azaltmak ve enerji kaynaklarını çeşitlendirmek için nükleer santral kurmayı planlamaktadır. Bu doğrultuda Türkiye, Mersin’in Gülnar ilçesine bağlı Akkuyu ve Sinop’ta 2 nükleer santral yapımına karar vermiştir. Bu santrallerin kurulması halinde Türkiye’nin bu santrallerden büyük oranda enerji elde edeceği muhakkak bir gerçek olmasına karşın, nükleer enerji tartışmaları halen gündemde olmaya devam etmektedir.

Kaynakça

- ATALAY, İ.** (2011), Türkiye’nin Enerji Kaynakları, Türkiye Coğrafyası ve Jeopolitiği (8. Baskı), Meta Basım, İzmir, s. 315.
- ÇEMREK, F & POLAT, H.** (2014), Modeling Natural Gas Prices Volatility, Alpha-numeric Journal, Volume 2, Issue 1, Page: 1-12.
- ÇETİN, H.** Orta Doğu Kaynaklı Sorunların Uluslararası Güvenliğe Etkileri Ve Çözümleri, Önerileri, http://Vizyon21yy.Com/Documan/Genel_Konular, Erişim Tarihi: 10.02.2015
- DOĞANAY, H & Özdemir, Ü & Şahin, İ., F.** (2014), Genel Beşeri ve Ekonomik Coğrafya (6. Baskı), Pegem Yayınları, Ankara. s. 306-309.
- DOĞANAY, H & Çavuş, A.** (2013), Türkiye Ekonomik Coğrafyası (6. Baskı), PegemYayınları, Ankara, s. 255-256.
- DENİZ, T.** (2014), Enerji diplomasisi açısından siyasallaşan mekân, Hazar: Statü ve

paylaşım sorunu, Türk Coğrafya Dergisi, Sayı 62: 29-37.

- ENGİN, N.** (2013), Nükleer Enerji Gelecekteki Enerji İhtiyacına Çözüm Olabilir Mi?, Marmara Coğrafya Dergisi Sayı: 27, S. 575-591
- İŞERİ, E. Ve Özen, C.** (2012), Türkiye’de Sürdürülebilir Enerji Politikaları Kapsamında Nükleer Enerjinin Konumu, İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, No:47. s. 161-180.
- KILIÇKAYA, S.** (1996), Temel Fizik, Anadolu Üniversitesi Yayınları No: 674, Açık Öğretim Fakültesi Yayınları No: 331. http://ds.anadolu.edu.tr/eKitap/FIZ101_U.pdf, Erişim Tarihi: 11.02.2015.
- KÖRPINAR, A.** (2011), Nükleer Enerji Nedir?, <http://www.teias.gov.tr/ebulten/makaleler>. Erişim Tarihi: 08.02.2015.
- KÜÇÜK, R., Uzun G.** (1996), Natural Beauties Of AkkuyuWhichNuclearPlant is PlannedToBuilt, TMMOB 1. EnergySymposium, 12-14 October, Ankara.
- Hacettepe Üniversitesi, Nükleer Enerji Mühendisliği Fakültesi,** (2011), Duyurular, FukushimaDai-Ichi Nükleer Güç Santrali ve Çevresinde Son Durum, s. 1-8.
- GÖKÇEN, L. S&KELLING, G & ULUĞ, A & GÖKÇEN, N & ÖZEL, E.** (1991),Alanya-Mersin Arasidenizbölgedekigençtekonik yapılar, JeofizikDergisi, 5: 3-11.
- MARZO, G, A.** (2014), Atmospheric transport anddeposition of radionuclidesreleasedaftertheFukushimaDai-chiaccidentandresultingeffective dose, Atmospheric Environment 94, 709-722, Roma, Italy.
- OVALI, E.** (2008), Radyasyon Kazaları, Nükleer Kaza veya Terörist Atakta Hematopoietik Kök Hücre Transplantasyon Stratejisi, Bilimsel Tıp Yayınevi, Ankara, s.9-31.

PAMİR, A. N, (2003), Dünya’da ve Türkiye’de Enerji, Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Politikaları, Türkiye’de Enerji ve Kalkınma, s. 7-15.

SAYGIN, H, (2011), Büyük Nükleer Kazalar ve Nükleer Enerji Teknolojisinin Evriminde Doğurdıkları Sonuçlar, Nükleer Enerjiye Geçişte Türkiye Modeli, Bölüm II, 52-81, İstanbul.

T.C. ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLARA BAKANLIĞI,(2014a), Nükleer Santraller ve Ülkemizde Kurulacak Nükleer Santrale İlişkin Bilgiler, Nükleer Enerji Proje Uygulama Dairesi Başkanlığı, Yayın No:1, 1-61.

T.C. ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLARA BAKANLIĞI,(2014b), Nükleer Santraller ve Ülkemizde Kurulacak Nükleer Santrale İlişkin Bilgiler, Nükleer Enerji Proje Uygulama Dairesi Başkanlığı, Yayın No:1, s. 6

T.C. ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLARA BAKANLIĞI,(2014), Nükleer Güç Santralleri ve Türkiye, Nükleer Enerji Proje Uygulama Dairesi Başkanlığı, Yayın No: 2.

T24, (2012), Geliyorum diyen felaket: Akkuyu’ya nükleer santral, <http://t24.com.tr/haber/geliyorum-diyen-felaket-akkuyuya-nukleer-santral,205758>

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU, (2013), Akkuyu Nükleer Santral Projesi, <http://www.taek.gov.tr>

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU, (2009), Nükleer Enerji Nedir?, <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-enerji-ve-reaktorler/169-nukleer-enerji/457-nukleer-enerji-nedir>.

TÜMERTEKİN, E & ÖZGÜÇ, N,(2011), Ekonomik Coğrafya: Küreselleşme ve Kalkınma, Çantay Kitabevi, İstanbul, s. 382-386.

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU, (2012), Toryum, <http://www.taek.gov.tr/> Erişim Tarihi: 27.01.2015.

TİMURÇİN, K & ALİAĞAOĞLU, A, (2003), Nükleer Enerji ve Tartışmalar Işığında Türkiye’de Nükleer Enerji Gerçeği, Coğrafi Bilimler Dergisi, 1(2), 25-39.

IAEA (International Atomic Energy Agency), (2006), Environmental Consequences of The Chernobyl Accident and Their Remediation: Twenty Years of Experience, Radiological Assessment Reports Series, Viyana.

NEI (Nuclear Energy Institute), (2012), Japan: Comparing Chernobyl and Fukushima, Fact Sheets, <http://www.nei.org/>, Erişim Tarihi: 27.01.2015.

BP,(2013), Statistical Review of World Energy June, <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/statistical-review/statistical-review-of-world-energy-2013.pdf>, Erişim Tarihi: 11.02.2015