



SEKİZİNCİ BEŞ YILLIK KALKINMA PLANI

DPT: 2587 – ÖİK: 599

MADENCİLİK ÖZEL İHTİSAS KOMİSYONU RAPORU ENERJİ HAMMADDELERİ ALT KOMİSYONU RAPORU

NÜKLEER ENERJİ HAMMADDELERİ ÇALIŞMA GRUBU RAPORU

ANKARA 2001

ISBN 975 – 19 – 2741 – 0 (basılı nüsha)

Bu Çalışma Devlet Planlama Teşkilatının görüşlerini yansıtmaz. Sorumluluğu yazarına aittir. Yayın ve referans olarak kullanılması Devlet Planlama Teşkilatının iznini gerektirmez; İnternet adresi belirtilerek yayın ve referans olarak kullanılabilir. Bu e-kitap, <http://ekutup.dpt.gov.tr/> adresindedir.

Bu yayın 750 adet basılmıştır. Elektronik olarak, 1 adet pdf dosyası üretilmiştir.

Ö N S Ö Z

Devlet Planlama Teşkilatı'nın Kuruluş ve Görevleri Hakkında 540 Sayılı Kanun Hükmünde Kararname, "İktisadi ve sosyal sektörlerde uzmanlık alanları ile ilgili konularda bilgi toplamak, araştırma yapmak, tedbirler geliştirmek ve önerilerde bulunmak amacıyla Devlet Planlama Teşkilatı'na, Kalkınma Planı çalışmalarında yardımcı olmak, Plan hazırlıklarına daha geniş kesimlerin katkısını sağlamak ve ülkemizin bütün imkan ve kaynaklarını değerlendirmek" üzere sürekli ve geçici Özel İhtisas Komisyonlarının kurulacağı hükmünü getirmektedir.

Başbakanlığın 14 Ağustos 1999 tarih ve 1999/7 sayılı Genelgesi uyarınca kurulan Özel İhtisas Komisyonlarının hazırladığı raporlar, 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı hazırlık çalışmalarına ışık tutacak ve toplumun çeşitli kesimlerinin görüşlerini Plan'a yansıtacaktır. Özel İhtisas Komisyonları çalışmalarını, 1999/7 sayılı Başbakanlık Genelgesi, 29.9.1961 tarih ve 5/1722 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile yürürlüğe konulmuş olan tüzük ve Müsteşarlığımızca belirlenen Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu genel çerçeveleri dikkate alınarak tamamlamışlardır.

Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı ile istikrar içinde büyümenin sağlanması, sanayileşmenin başarılması, uluslararası ticaretteki payımızın yükseltilmesi, piyasa ekonomisinin geliştirilmesi, ekonomide toplam verimliliğin artırılması, sanayi ve hizmetler ağırlıklı bir istihdam yapısına ulaşılması, işsizliğin azaltılması, sağlık hizmetlerinde kalitenin yükseltilmesi, sosyal güvenliğin yaygınlaştırılması, sonuç olarak refah düzeyinin yükseltilmesi ve yaygınlaştırılması hedeflenmekte, ülkemizin hedefleri ile uyumlu olarak yeni bin yılda Avrupa Topluluğu ve dünya ile bütünleşme amaçlanmaktadır.

8. Beş Yıllık Kalkınma Planı çalışmalarına toplumun tüm kesimlerinin katkısı, her sektörde toplam 98 Özel İhtisas Komisyonu kurularak sağlanmaya çalışılmıştır. Planların demokratik katılımcı niteliğini güçlendiren Özel İhtisas Komisyonları çalışmalarının dünya ile bütünleşen bir Türkiye hedefini gerçekleştireceğine olan inancımızla, konularında ülkemizin en yetişkin kişileri olan Komisyon Başkan ve Üyelerine, çalışmalara yaptıkları katkıları nedeniyle teşekkür eder, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nın ülkemize hayırlı olmasını dilerim.


Dr. Akın İZMİRLIOĞLU
Müsteşar

MADENCİLİK ÖZEL İHTİSAS KOMİSYONU

Başkan : İsmail Hakkı ARSLAN - ETİ GÜMÜŞ A.Ş.
Raportör : Ergün YİĞİT - ETİ HOLDİNG A.Ş.
Koordinatör : Pınar ÖZEL - DPT

ENERJİ HAMMADDELERİ ALT KOMİSYONU

Başkan : Prof.Dr.Eran NAKOMAN - Dokuz Eylül Üniv. (DEÜ)
Başkan Yrd. : Veli ÜNAL - TKİ
Raportör : Saffet DURAK - MTA

NÜKLEER ENERJİ HAMMADDELERİ ÇALIŞMA GRUBU

Başkan : İbrahim AYDIN - MTA
Başkan Yrd. : Aykut TÜMER - TAEK
Raportör : Halit ONUR - MTA
Üyeler : Halil İ. KARAT - MTA
Necmi GÖNEN - MTA
Mustafa SEVER - Maden İşl. Gn. Md.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	1
URANYUM	4
1. GİRİŞ	4
1.1. Tanım ve Sınıflandırma.....	4
1.2. Sektörde Faaliyet Gösteren Uluslararası Organizasyonlar	4
2. DÜNYADA MEVCUT DURUM	5
2.1. Rezervler.....	5
2.1.1. Aramalar	5
2.2. Tüketim	9
2.2.1. Tüketim Alanları	9
2.2.2. Tüketim Miktarları.....	9
2.3. Üretim	9
2.3.1. Üretim Yöntemi ve Teknoloji	9
2.3.2. Ürün Standartları.....	11
2.3.3. Sektörde Üretim Yapan Önemli Kuruluşlar	11
2.3.4. Mevcut Üretim Kapasiteler	11
2.3.5. Üretim Miktarları.....	12
2.3.6. Maliyetler.....	13
2.4. Uluslararası Ticaret.....	14
2.4.1. Ticarete Etkin Uluslararası Kuruluşlar	14
2.4.2. İthalat-İhracat	14
2.4.3. Fiyatlar	14
2.4.4. Çevre Sorunları	15
3. TÜRKİYE'DE DURUM.....	16
3.1. Ürünün Türkiye'de Bulunuş Şekilleri	16
3.2. Rezervler.....	16
3.2.1. Arama Faaliyetleri	17
3.3. Tüketim	18
3.4. Üretim	18
3.5. Dış Ticaret.....	19
3.6. İstihdam	19
3.7. Çevre Sorunları	19
4. MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ	20
4.1. Yedinci Plan Dönemindeki Gelişmeler	20
4.2. Sorunlar	20
4.3. Dünyadaki Durum ve Diğer Ülkelerle Kıyaslama	20

5. 8. PLAN DÖNEMİNDE BEKLENEN GELİŞMELER VE ÖNERİLER...	22
5.1. Projeksiyonlar.....	22
5.2. Teknolojik Alanda Beklenen Gelişmeler.....	22
5.3. Yatırımlar.....	22
5.4. Beklentiler	22
6. POLİTİKA ÖNERİLERİ	23
TORYUM	25
YARARLANILAN KAYNAKLAR.....	27

ÖZET

Bugün için nükleer enerji hammaddeleri kapsamına uranyum ve toryum girmektedir. Ancak, toryuma dayalı nükleer santrallerin henüz ekonomik boyutta devreye girmemeleri nedeniyle, toryum, halen sırasını bekleyen bir nükleer yakıt hammaddesi durumundadır. Bu nedenle, raporda esas olarak uranyum incelenmiş, toryum konusu ise kısa işlenmiştir.

Dünya uranyum kaynakları çeşitli üretim maliyetlerine göre, görünür ve muhtemel olarak sınıflandırılırlar. Günümüzde genellikle Kg'ı 80 ABD dolarına maledilen görünür rezervlerden uranyum üretilmektedir. Dünyada 1997 yılı itibariyle Kg'ı 80 ABD dolarına maledilebilen 2.340.000 ton görünür uranyum rezervi vardır. Bu rakam 1995 verilerine göre % 10 daha fazladır. 1997 yılı görünür rezervinin bir bölümü işletilebilir rezerv, bir bölümü ise yerinde rezervdir. Yani işletme kayıpları hesaba katılmamıştır. Gerçek işletilebilir miktarların, verilen değerlerin %5 ile %50 'sinin altında olduğu tahmin edilmektedir.

Nükleer enerji hammaddeleri esas olarak nükleer reaktörde elektrik enerjisi elde etmek için yakıt olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla tüketimi, kurulu nükleer enerji kapasiteleri belirlemektedir. Dünyada mevcut reaktörlerin uranyum tüketimi, 1996 yılında toplam 60.448 ton olmuştur. Kısa dönem için yapılan tahminler, uranyum talebinin 2005 yılında 66.800-69.400 ton aralığında, 2010 yılında 71.000-77.000 ton aralığında ve 2015 yılında da 62.500-82.800 ton aralığında olacağını göstermektedir.

Dünya uranyum üretiminin yaklaşık %70'ini üç şirket elinde bulundurmaktadır. Bunlar; CAMECO (Canadian Mining Energy Co.) adlı Kanada şirketi, COGEMA (Compagnie Générale des Matières Nucléaires) adlı Fransız şirketi ve RTZ (Rio Tinto Zinc Co.) adlı İngiliz şirkettir. Uranyum üreticisi ülkeler, 1996 yılında, Çin, Hindistan ve Pakistan dahil 36.200 ton civarında uranyum üretmişlerdir. Bu rakam, yaklaşık 63 maden ocağı ve 33 uranyum işleme merkezinden alınan rakamların toplamıdır.

Uranyum piyasasındaki fiyat gelişmeleri yıllara göre büyük farklılıklar göstermiştir. 1970 yılında 15 USD/Kg olan uranyum fiyatı, 1978 yılında 113 USD/Kg'a kadar çıkmış, 1990 yılında ise 70 USD/Kg U seviyesine inmiştir. Bu iniş 1994 yılının 3 üncü çeyreğine kadar sürmüş ve spot piyasada fiyatı 18.33 USD/Kg olmuştur. 1994-1996 yılları arasında fiyatlarda bir kıpırdanma olmuş ve 1996 yılında 42.38 USD/Kg düzeyine yükselmiştir. Buna bağlı olarak hem arama harcamaları hem de üretim miktarı artmıştır.

Türkiye'de uranyum aramalarına 1990 yılı sonuna kadar devam edilmiş ve 5 yatakta toplam 9.129 ton görünür uranyum rezervi ortaya konulmuştur. 1990 yılından sonra zaman zaman yapılan aramalar kısıtlı bütçe ile sınırlı alanlarda yapılmıştır. Bu 5 yatağın ortalama tenör ve

rezervleri, aranıp buldukları yıllarda, dünyaca kabul edilen ekonomik sınırlarda olmalarına rağmen, bugün için, bu değerler söz konusu sınırların oldukça altında kalmıştır. Bunun nedeni, son yıllarda nükleer santral planlamalarındaki önemli değişimler ve özellikle Kanada ve Avustralya'da yüksek tenörlü, üretim maliyetleri çok düşük uranyum yataklarının bulunmasıdır.

Türkiye'de geçmiş dönemlerde laboratuvar ve pilot çapta, önemli teknolojik çalışmalar yapılmıştır. Bu teknolojik çalışmalar sırasında Uranyum cevherinden sarı pasta üretilmesi ve sarı pastanın nükleer yakıt haline getirilmesindeki bütün aşamalar gerçekleştirilmiştir.

Yakın geçmişte, 1990 yılından itibaren dünya uranyum üretimi, sürekli olarak tüketimin altında kalmıştır. Öte yandan, ileriye dönük tahminler, aynı trendin devam edeceğini ortaya koymaktadır. Önümüzdeki bir kaç yıl içinde, tüketimin eldeki stoklardan karşılanabileceği düşünülse de, stokların yavaş yavaş eridiği gözlenmektedir. 2010 yılına gelindiğinde üretim kapasitesi 62.000 ton/yıl olsa bile, uranyum ihtiyacı 71.000-77.000 ton/yıl aralığında seyredecektir. Bu durumda, 1970'li yıllardaki petrol krizlerinde olduğu gibi, 2010'lu yıllarda bir uranyum krizine girilerek, uranyum fiyatlarının yüksmesi büyük bir olasılık olarak görülmektedir.

Ülkemizin durumuna bakıldığında, elektrik üretiminde kullanılacak yüksek kalorili büyük kömür rezervlerimiz, zengin petrol ya da doğal gaz kaynaklarımız yoktur. Ayrıca, hidroelektrik potansiyel kullanımı da doyum noktasına gelmek üzeredir. 2010'lu yıllarda karşılaşılabilecek enerji sıkıntısını aşabilmek için nükleer enerji kullanımına geçiş kaçınılmaz olacaktır. Türkiye enerji üretim kaynaklarını çeşitlendirmelidir. Herhangi bir enerji hammaddesinin sağlanması veya üretilmesinde ortaya çıkabilecek bir olumsuzluk ancak enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesiyle çözümlenebilir.

Daha önce de değinildiği gibi, 2010'lu yıllarda uranyum arzı, kurulu reaktörlere dahi yetmeyecektir. Bu durumda Türkiye'nin öz kaynaklarından yararlanması zorunlu olacaktır. Bu nedenle, Türkiye uranyum aramalarına etkin bir şekilde yeniden başlamalıdır. Bugüne kadar bulunan rezervlerin, Türkiye' nin nihai potansiyelini oluşturmadığı, aramalara devam edilmesi durumunda, daha büyük rezervler bulunabileceğine inanılmaktadır. Bunun için gerekli olan, yeterliliğini kanıtlamış eleman kadrosu ve modern ekipmana sahip olmaktır. Ancak, son yıllarda deneyimli pek çok teknik elemanın emekli olması veya başka alanlara yönelmiş olması bir darboğaz oluştursa da, derhal teknik eleman yetiştirmeye başlanarak bu darboğazdan çıkılabilir.

Toryum, sırasını bekleyen bir nükleer yakıt hammaddesi durumundadır. Bunun en büyük nedeni nükleer yakıt çevrimi ile ilgili sorunlardır. Söz konusu sorunlar nedeniyle, halen dünyada toryumla çalışan bir nükleer santral bulunmamaktadır.

Ancak, İngiltere, Almanya ve ABD'de toryumla çalışan deneme amaçlı santrallarda araştırma ve geliştirme çalışmaları sürdürülmektedir.

Türkiye'de, geçmiş yıllarda MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çalışmalar sonucunda, Eskişehir- Sivrihisar- Kızılcaören yöresindeki nadir toprak elementleri ve toryum kompleks cevher yatağında, 380.000 ton görünür ThO₂ rezervi tespit edilmiştir. Ancak, söz konusu sahadaki toryumun zenginleştirilmesiyle ilgili teknolojik sorunlar henüz tam olarak çözülememiştir.

URANYUM

1. GİRİŞ

1.1. Tanım ve Sınıflandırma

Bugün için, nükleer enerji hammadde kapsamına uranyum ve toryum girmektedir. Toryum raporun sonunda ayrı bir bölüm olarak incelenecektir.

Uranyum doğada hiçbir zaman serbest olarak bulunmaz. Çeşitli elementlerle birleşerek uranyum minerallerini meydana getirir. Yerkabuğunda yüzlerce uranyum minerali vardır; ancak bunların büyük çoğunluğu ekonomik boyutta uranyum içermezler. Ekonomik yatak oluşturanlar, autunite, pitchblende (uraninite), coffinite ve torbernite'tir.

Uranyum cevheri doğada bulunuş şekline göre nükleer reaktörde kullanılacak yakıt haline getirilinceye kadar birçok evreden geçer. Bunlar:

- i. Cevher Arama,
- ii. Cevher Yatağının İşletilmesi, Cevher Çıkarma,
- iii. Sarı Pasta Üretimi,
- iv. Sarı Pasta Arıtma (ADU yapımı),
- v. Kalsinasyon ve UO₂'ye İndirgeme,
- vi. UO₂'nin UF₄'e Dönüştürülmesi,
- vii. UF₄'den UF₆ Yapımı.

Uranyum, uluslararası piyasalarda nükleer enerji hammaddesi olarak, sarı pasta halinde işlem görür. Ürün standardı olarak sarı pastanın en az %60U içermesi istenmekte ve arıtılmış bir uranyum bileşiğinde (UO₂, UF₆ gibi) diğer elementlerin toplamının 1gram uranyum için 300 ppm'den fazla olmaması gerekmektedir.

1.2. Sektörde Faaliyet Gösteren Uluslararası Organizasyonlar

Sektörde faaliyet gösteren, dünya çapındaki en büyük organizasyon, merkezi Viyana'da olan Uluslararası Atom Enerji Ajansı (IAEA, International Atomic Energy Agency)'dir.

Ayrıca üye ülkeler arasında bilgi alışverişini sağlamak ve işbirliği temin etmek üzere, merkezi Paris'te olan OECD nezdinde, Nükleer Enerji Ajansı (NEA, Nuclear Energy Agency) mevcuttur.

2. DÜNYADA MEVCUT DURUM

2.1. Rezervler

Uranyum kaynakları görünür ve muhtemel olarak, üretim maliyetleri dikkate alınarak sınıflandırılırlar. Bu maliyet kategorileri günümüzde OECD/NEA ile IAEA tarafından Kg'ı 80 USD'a kadar maledilen, Kg'ı 80-130 USD arasında maledilebilen şeklinde belirlenmiştir.

Dünyada, 1997 yılı itibariyle, Kg'ı 80 USD'a kadar maledilebilen 2.340.000 ton görünür, 745.000 ton muhtemel uranyum rezervi vardır. 1997 yılı 2.340.000 tonluk görünür rezerv miktarı, 1995 yılı rezervlerine göre % 10 daha fazladır. Yine dünyada, 1997 yılı itibariyle, Kg'ı 80-130 USD arasında maledilebilen 718.000 ton görünür, 244.000 ton muhtemel uranyum rezervi vardır.

Dünya görünür ve muhtemel uranyum kaynaklarının ülkelere göre dağılımı TABLO-1'de verilmiştir. Tablodaki rakamların bir bölümü işletilebilir rezerv, bir bölümü ise yerinde rezervdir. Yani, işletme kayıpları hesaba katılmamıştır. Gerçek işletilebilir miktarların, verilen değerlerin %5 ile %50 altında olduğu tahmin edilmektedir.

2.1.1. Aramalar

Uranyumun diğer madenler gibi kolayca alınıp satılamaması, nakliyesinin çok sıkı kurallara, ülkeler arasındaki bazı anlaşmalara ve de uluslararası denetime bağlı olması nedeniyle, nükleer santral kuran veya kurmayı planlayan ülkeler, kendi uranyum kaynaklarını bularak değerlendirmeyi amaçlamaktadırlar.

Ülkelerin uranyum aramalarına ayırdıkları kaynaklar yıllara göre USD cinsinden TABLO-2'de verilmiştir. Ülkelerin yurtiçinde yaptıkları aramalara ayırdıkları kaynaklar 80'li yıllardan itibaren düşmeye başlamıştır. Bu düşüş 90'lı yılların ortalarına kadar devam ederken, ABD, Belçika, Kanada, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya, Kore, İsviçre ve İngiltere gibi ülkeler, kendi ülkeleri dışındaki aramalarını sürdürmüşlerdir. Bu ülkelerin 1996 yılında, kendi ülkeleri dışında yaptıkları uranyum aramaları harcamaları tutarı 21.474.000 USD'dır. Genel olarak, 80'li yıllardan başlayan arama ve üretim düşüşü fiyatları da etkilemiştir.

Bunun nedenleri:

1. Gelişmiş ve önemli oranlarda nükleer enerji üreten ülkelerin bir bölümünün (Almanya, İngiltere, İsviçre, Japonya ve Fransa gibi) uranyum potansiyellerini belirleyerek, yurt içi aramalardan ya tamamen vazgeçmeleri, ya da azaltmaları,
2. İsveç, Norveç gibi bazı ülkelerde, kamuoyu baskısı sonucu nükleer enerji kullanımından vazgeçilmesi, dolayısıyla aramaların da durdurulması,
3. Uranyum fiyatlarının, aramaları cazip kılacak şekilde artmaması veya istikrarlı bir düzeyde seyretmemesi,
4. Uranyum talebinin yeterli düzeyde olmaması,
5. Uranyum üretim ve satımının uluslararası kuruluşlar ve devletlerin denetiminde yapılmasının birçok özel girişimciyi uranyum aramaktan ürkütmesi,
6. Çernobil kazasının nükleer enerjiye karşı dünya kamuoyu üzerindeki olumsuz etkisi,
7. Fosil yakıt fiyatlarının düşük bir seyir izlemesi,
8. Gelişmekte olan ülkelerin yeterli kaynak ayıramaması,
9. Doğu ve Batı blokları arasındaki gerginliğin azalmasıyla eski doğu bloku ülkelerinin piyasaya düşük fiyatla uranyum sürmesi, olarak sıralanabilir.

TABLO 1: 1997 Yılı İtibariyle, Dünya Uranyum Rezervleri (1 000 Ton U)

ÜLKELER	REZERV KATEGORİLERİ			
	<80 USD/KgU		80-130 USD/KgU	
	GÖRÜNÜR	MUHTEMEL	GÖRÜNÜR	MUHTEMEL
ABD	110.00	-	251.00	-
ALMANYA	0.00	0.00	3.00	4.00
ARJANTİN	4.62	0.90	4.22	2.21
AVUSTRALYA	622.00	136.00	93.00	44.00
BREZİLYA	162.00	100.20	0.00	0.00
BULGARİSTAN	7.83	8.40	0.00	0.00
CEZAYİR	26.00	0.70	0.00	1.00
ÇEK CUM.	6.63	1.18	23.59	17.78
DANİMARKA	0.00	0.00	27.00	16.00
ENDONEZYA	0.00	-	6.27	1.67
FİNLANDİYA	0.00	-	1.50	-
FRANSA	13.46	1.21	8.90	0.19
GABON	6.03	1.00	0.00	-
GÜN. AF. CUM.	218.30	66.10	51.50	21.70
İSPANYA	4.65	-	7.51	-
İSVEÇ	0.00	0.00	4.00	6.00
İTALYA	4.80	0.00	0.00	1.30
JAPONYA	-	-	6.60	-
KANADA	331.00	99.00	0.00	0.00
KAZAKİSTAN	439.22	195.90	162.04	63.40
MACARİSTAN	0.37	0.00	0.00	15.41
M.AFR.CUM.	8.00	-	8.00	-
MEKSİKA	0.00	0.00	1.70	0.70
MOĞOLİSTAN	61.60	21.00	0.00	0.00
NAMİBYA	156.12	90.82	31.23	16.70
NİJER	69.96	1.20	0.00	0.00
ÖZBEKİSTAN	66.21	39.36	17.49	7.14
PERU	1.79	1.86	0.00	0.00
PORTEKİZ	7.30	1.45	1.60	0.00
RUSYA	145.00	36.50	-	-
SLOVENYA	2.20	5.00	0.00	5.00
SOMALİ	0.00	0.00	6.60	3.40
TÜRKİYE	9.13	-	0.00	-
UKRAYNA	45.60	17.00	38.40	30.00
VİAETNAM	-	0.49	1.34	6.25
YUNANİSTAN	1.00	6.00	-	0.00
ZAİRE	1.80	1.70	0.00	0.00
ZİMBABVE	1.80	-	-	-
TOPLAM	2,534.43	832.97	756.49	263.85
DÜZELT. TOPLAM	2,340.00	745.00	718.00	244.00

- Veri ile ilgili rapor Yok

Kaynak : OECD/NEA and IAEA, Uranium Resources, Production and Demand, Paris, 1997

TABLO 2: Yıllar itibariyle, Dünyada Uranyum Arama Harcamaları (1 000 USD)

ÜLKELER	1993 öncesi	1993	1994	1995	1996
ABD	2,645,800	12,000	4,329	6,009	10,054
ALMANYA	144,765	0	0	0	0
ARJANTİN	46,562	1,242	700	950	700
AVUSTRALYA	433,731	5,790	4,904	5,942	11,842
BREZİLYA	189,920	0	0	0	0
ÇEK CUM.	-	579	468	282	201
ÇEKOSLOVAKYA	312,560	X	x	x	x
DANİMARKA	4,350	-	0	0	0
ENDONEZYA	11,328	1,523	648	574	643
FİNLANDİYA	14,777	0	0	0	0
FRANSA	876,936	9,963	6,217	2,882	1,152
GABON	87,272	1,839	1,050	939	1,338
GÜN. AF. CUM.	108,993	-	-	-	-
HİNDİSTAN	187,767	9,519	9,363	9,536	7,394
İSPANYA	135,942	2,872	891	0	0
İSVEÇ	46,870	0	0	0	0
İTALYA	75,060	-	-	-	-
JAPONYA	8,640	0	0	0	0
KANADA	982,907	31,825	26,087	32,353	28,467
KAZAKİSTAN	2,500	5,525	1,290	113	242
KOLOMBİYA	23,935	-	0	0	0
KORE CUM.	4,670	-	0	0	0
MACARİSTAN	3,700	0	0	0	0
M.AFR.CUM.	20,000	-	-	-	-
MALİ	51,637	-	-	-	-
MEKSİKA	24,910	0	0	0	0
MISIR	33,033	6,647	3,245	3,264	6,528
MOĞOLİSTAN	48	60	700	1,650	2,560
NAMİBYA	15,886	0	0	2,044	0
NİJER	200,243	440	1,481	1,665	427
ÖZBEKİSTAN	-	-	472	6,197	7,026
PARAGUAY	25,510	-	-	-	-
PERU	4,197	0	4	0	0
PORTEKİZ	16,879	135	106	130	119
ROMANYA	-	-	2,998	2,448	1,861
RUSYA	9,710	2,828	4,197	5,581	4,271
SOMALİ	1,000	-	-	-	-
SOVYETLER B.	247,520	X	x	x	x
TAYLAND	10,548	138	116	119	0
TÜRKİYE	20,581	-	0	0	0
ÜRDÜN	469	13	10	30	100
VİETNAM	1,067	324	137	161	209
YUNANİSTAN	16,257	403	154	148	273
ZİMBABVE	6,902	0	0	0	0
TOPLAM	7,055,382	93,665	69,567	83,017	85,407

- Veri veya harcamayla ilgili rapor yok

x Politik olarak tanınmadı veya bağımsız devlet değil

Kaynak : OECD/NEA and IAEA, Uranium Resources, Production and Demand, Paris, 1997

2.2. Tüketim

2.2.1. Tüketim Alanları

Nükleer enerji hammaddeleri esas olarak nükleer reaktörlerde elektrik enerjisi elde etmek için yakıt olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla tüketimi, kurulu nükleer enerji kapasiteleri belirlemektedir.

2.2.2. Tüketim Miktarları

Ülkelerin kurulu reaktörlerinde tükettikleri ve 2015'e kadar kurmayı planladıkları reaktörlerinde uranyum gereksinim projeksiyonları TABLO-3'de verilmiştir.

2.3. Üretim

2.3.1. Üretim Yöntemi ve Teknoloji

Uranyum üretiminde uygulanacak yöntemin seçimi, yatağın oluşum türüne, derinliğine, tenörüne ve rezervine bağlı olarak değişmektedir. Açık veya yeraltı işletmesi yöntemleriyle çıkarılan cevher, doğrudan veya kırma-öğütme işlemlerinden sonra yığın özütlemesine tabi tutularak uranyum çözeltisi elde edilir. SX ve IX işlemleriyle çözeltinin uranyum konsantrasyonu artırılır. Sonunda konsantre amonyak veya MgO ile sarı pasta (%65 U₃O₈ içeren uranyum konsantresi) şeklinde çöktürülür. Diğer bir yöntem olan yerinde özütlemeye, kuyular vasıtasıyla yatağa enjekte edilen kimyasallarla uranyum çözeltisi elde edilmektedir. Zenginleştirilen bu çözeltiden yukarıda tanımlanan teknikte sarı pasta elde edilmektedir.

TABLO 3: Dünyada Kurulu ve 2015 Yılına Kadar Kurulacak Reaktörlerin Uranyum Gereksinimi (Ton U)

ÜLKELER	1996	1997	2000	2005		2010		2015	
				Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek
ABD	17,400	21,300	18,100	19,100	19,500	18,000	19,400	8,500	15,800
ALMANYA	3,200	2,900	3,000	2,500	2,500	2,432	2,432	2,295	2,682
ARJANTİN	150	150	150	96	260	206	206	206	206

BELÇİKA	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050
BEY. RUSYA	0	0	0	0	0	0	93	0	93
BREZİLYA	120	120	680	370	370	620	620	620	620
BULGARİSTAN	844	844	649	522	876	454	909	454	3,812
ÇEK CUM.	370	370	525	700	700	700	700	700	700
ÇİN	300	300	600	900	1,500	2,400	3,000	3,200	4,000
ENDONEZYA	0	0	0	0	0	0	248	0	693
ERMENİSTAN	89	89	89	0	89	0	89	0	89
FAS	0	0	0	0	0	0	0	0	100
FİLİPİNLER	0	0	0	0	0	0	309	0	309
FİNLANDİYA	495	496	557	548	548	545	545	545	545
FRANSA	8,900	8,600	8,600	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500
GÜN. AF. CUM.	200	200	200	200	200	200	200	200	200
HIRVATİSTAN	0	0	0	0	0	0	93	0	93
HİNDİSTAN	220	220	246	286	383	391	709	508	884
HOLLANDA	93	74	84	0	0	0	0	0	0
İNGİLTERE	2,622	2,622	2,500	1,764	1,764	1,262	1,262	1,262	1,764
İRAN	0	0	0	141	141	141	318	141	318
İSPANYA	1,155	1,075	1,240	1,470	1,470	1,470	1,470	1,470	1,470
İSVEÇ	1,500	1,500	1,500	1,400	1,400	1,400	1,500	1,038	1,500
İSVİÇRE	537	499	479	470	470	470	470	581	581
JAPONYA	8,700	7,500	9,700	11,800	11,800	13,000	13,000	14,000	14,000
KANADA	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
KAZAKİSTAN	50	50	50	450	450	1,050	1,050	1,050	1,050
KORE CUM.	1,810	2,760	2,890	3,010	3,010	4,290	4,290	4,290	5,010
KORE, DPR	0	0	0	0	157	314	314	314	314
KÜBA	0	0	0	0	90	0	90	0	90
LİTVANYA	385	415	425	425	425	425	425	182	425
MACARİSTAN	415	415	420	420	420	413	556	310	699
MEKSİKA	325	170	257	215	215	253	582	216	749
MISIR	0	0	0	0	0	0	0	0	200
PAKİSTAN	16	16	65	65	115	65	115	50	442
POLONYA	0	0	0	0	0	0	0	0	200
ROMANYA	100	100	100	300	300	400	500	500	500
RUSYA	3,800	3,800	4,341	4,151	4,448	4,467	5,022	4,298	5,006
SLOVAK CUM.	440	770	495	330	660	330	660	330	495
SLOVENYA	102	102	102	102	102	102	102	102	102
TAYLAND	0	0	0	0	0	0	170	0	340
TÜRKİYE	0	0	0	210	210	420	420	420	714
UKRAYNA	2,490	4,640	2,820	2,890	2,890	2,790	2,790	2,790	3,191
VIETNAM	0	0	0	0	0	0	210	0	420
TOPLAM	60,488	63,757	64,524	66,805	69,433	70,980	77,049	62,542	82,796

Not: Tabloda ismi olmayan Taipei'nin verileri toplama dahil edilmiştir.

Kaynak : OECD/NEA and IAEA, Uranium Resources, Production and Demand, Paris, 1997

2.3.2. Ürün Standartları

Uluslararası piyasalarda sarı pastanın en az %60U içermesi istenmekte ve arıtılmış bir uranyum bileşiminde, diğer elementlerin toplamının, 1gr uranyum için 300ppm'den fazla olmaması gerekmektedir.

2.3.3. Sektörde Üretim Yapan Önemli Kuruluşlar

Uranyum üretimi veya nükleer yakıt üretimi, ABD, Kanada, Almanya ve Japonya gibi ülkelerde özel kuruluşlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Fransa, İngiltere, Arjantin, Brezilya ve Hindistan gibi ülkelerde ise, nükleer yakıt üretimi büyük ölçüde devlet kurumları veya devletin iştiraki ile kurulmuş ortaklıklar eliyle yerine getirilmektedir.

Dünya uranyum üretiminin %70'ini 3 şirket elinde bulundurmaktadır. Bunlar CAMECO (Canadian Mining Energy Co.) adlı Kanada şirketi, COGEMA (Compagnie Générale des Matières Nucléaires) adlı Fransız şirketi ve RTZ (Rio Tinto Zinc Co.) adlı İngiliz şirkettir.

Dünyada uranyum üretiminde olduğu kadar bazı diğer madenlerin üretiminde söz sahibi bu şirketlerin dünyadaki toplam üretim içindeki payları;

COGEMA : %30

CAMECO : %20

RTZ : %20

dir. Bu şirketlerin üretim yaptıkları Ülkeler:

CAMECO : Kanada

COGEMA : Avustralya, Kanada, Nijer, Fransa, Gabon, ABD

RTZ : Avustralya, Kanada, Namibya, Güney Afrika Cumhuriyeti, ABD

Bu şirketlerden Cameco, Kanada'da 2000 yılında tam kapasite ile üretim yapacak bir yeraltı uranyum işletmesi için 410.000.000 Kanada doları tutarında yatırıma hazırlanmaktadır.

2.3.4. Mevcut Üretim Kapasiteleri

Uranyum üreticisi ülkelerin kurulu üretim kapasiteleri ve 2015 yılına kadar oluşturmayı planladıkları uranyum üretim kapasiteleri TABLO-4'de verilmiştir.

TABLO 4: 2015 Yılına Kadar Dünya Uranyum Üretim Kapasitesi (Ton U/Yıl)

ÜLKELER	1997		1998		2000		2005		2010		2015	
	Mevcut	Plan	Mevcut	Plan	Mevcut	Plan	Mevcut	Plan	Mevcut	Plan	Mevcut	Plan
ABD	4,230	4,230	4,932	5,220	5,816	7,489	3,662	8,835	2,354	6,335	462	1,231
ARJANTİN	120	120	120	120	120	120	-	-	-	-	-	-
AVUSTRALYA	5,000	5,000	5,000	5,000	8,100	10,800	8,100	10,800	8,100	10,800	8,100	10,800
BELÇİKA	45	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BREZİLYA	0	0	0	300	500	500	0	1,360	0	1,360	0	1,360
ÇEK CUM.	680	680	680	680	680	680	110	110	60	60	50	50
ÇİN	740	740	740	840	740	1,040	740	1,040	740	2,400	740	3,200
FRANSA	760	760	500	500	0	0	0	0	0	0	0	0
GABON	587	587	540	540	540	540	0	0	0	0	0	0
GÜN. AF. CUM.	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900
HİNDİSTAN	220	220	220	220	220	246	220	286	220	391	220	508
İSPANYA	255	255	255	255	255	255	-	-	-	-	-	-
KANADA	12,950	12,950	14,250	16,250	8,500	17,900	0	13,500	0	13,500	0	11,200
KAZAKİSTAN	1,500	1,500	1,600	1,600	2,000	2,000	2,800	3,000	3,800	4,000	4,800	5,000
MACARİSTAN	0	200	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0
MOĞOLİSTAN	150	150	150	250	150	500	150	1,100	150	1,100	150	1,100
NAMİBYA	3,000	3,000	3,000	3,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
NİJER	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800
ÖZBEKİSTAN	2,050	2,050	2,500	2,500	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
PAKİSTAN	30	30	30	30	30	65	30	65	30	65	30	50
PORTEKİZ	50	50	50	200	50	200	50	200	50	200	50	200
ROMANYA	300	300	300	300	300	300	300	300	300	400	300	500
RUSYA	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	6,000	3,500	10,000	3,500	10,000
UKRAYNA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	2,000	1,000	2,790	1,000	2,790
ZİMBABVE	0	0	0	0	0	0	0	350	0	50	0	0
TOPLAM	42,867	43,067	45,067	48,035	45,201	59,835	33,362	61,646	33,004	66,151	32,102	60,689

Not: Eski Sovyerler Birliğine dahil olan bazı ülkelere ait veriler eski bilgilere dayanarak eklenmiştir
- Veri ile ilgili rapor yok

Kaynak : OECD/NEA and IAEA, Uranium Resources, Production and Demand, Paris, 1997

2.3.5. Üretim Miktarları

Uranyum üreticisi ülkelerin 1993 yılı öncesi toplam üretim miktarı ile 1993-1996 yılları arası üretim miktarları TABLO-5'de verilmiştir.

2.3.6. Maliyetler

Maliyeti etkileyen faktörlerin başlıcaları; cevher çıkarma ve kırma-öğütme zorluğu, sülfürik asit harcama miktarı, süre, katı-sıvı ayırımı, SX ve çöktürme reaktiflerinin miktarıdır. Diğer bir faktör de, işletmenin açık veya yeraltı işletmesi olup olmayışıdır. Gelecekte maliyeti etkeleyen bir diğer önemli unsur da, çevresel etkilerin en aza indirgenmesi için inşa edilecek tesisler ve kullanılacak malzemeler olacaktır.

TABLO 5: Yıllar İtibariyle Ülkelerin Uranyum Üretimi (Ton U)

ÜLKELER	1993 öncesi	1993	1994	1995	1996
ABD	340,470	1,180	1,289	2,324	2,431
F.ALMAN YA	5,110	116	47	35	39
ARJANTİN	2,183	126	80	65	28
AVUSTRAL YA	54,143	2,256	2,208	3,712	4,975
BREZİLYA	794	24	106	106	0
BULGARİSTAN	16,550	100	70	0	0
ÇEK CUM.	x	950	541	600	604
ÇİN ?	2,555	780	480	500	560
FRANSA	68,174	1,730	1,053	1,016	930
GABON	22,275	556	650	652	568
GÜN. AF. CUM.	145,108	1,699	1,671	1,421	1,436
HİNDİSTAN	5,780	148	155	155	250
İSPANYA	3,956	184	256	255	255
JAPON YA	87	0	0	0	0
KANADA	257,692	9,155	9,647	10,473	11,706
KAZAKİSTAN	74,800	2,700	2,240	1,630	1,210
MACARİSTAN	16,808	380	413	210	200
MOĞOLİSTAN	389	54	72	20	0
NAMİBYA	53,000	1,679	1,895	2,016	2,447
NİJER	56,576	2,914	2,975	2,974	3,321
ÖZBEKİSTAN	80,163	2,600	2,015	1,644	1,459
PAKİSTAN	653	23	23	23	23
PORTEKİZ	3,567	32	24	18	15
ROMANYA	16,850	120	120	120	105
RUSYA	93,980	2,697	2,541	2,160	2,605
UKRAYNA ?	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ZAİRE	25,600	0	0	0	0
TOPLAM	1,348,263	33,203	31,571	33,129	36,167

? 1993 Öncesi bilgiler sağlıklı değildir

x Politik olarak tanınmadı veya bağımsız devlet değil

Kaynak : OECD/NEA and IAEA, Uranium Resources, Production and Demand, Paris, 1997

2.4. Uluslararası Ticaret

2.4.1. Ticarete Etkin Uluslararası Kuruluşlar

Uluslararası Atom Enerji Ajansı (IAEA), uluslararası ticarete etkin olan en önemli kuruluştur. Üye ülkeler, her yıl, rezerv, üretim, tüketim, ithalat ve ihracat miktarlarını IAEA'ya periyodik olarak bildirmek zorundadır. IAEA'da bu bilgileri tüm üye ülkelere duyurur.

2.4.2. İthalat-İhracat

Avustralya, Gabon, Nijer gibi ülkeler üretimlerinin tamamını ihraç etmektedirler. İngiltere, İsviçre, İsveç ve Japonya tüketimlerinin tamamını ithal etmektedirler. Fransa, Almanya ve ABD, tüketimlerinin bir bölümünü ithal etmekte, Kanada ve Güney Afrika Cumhuriyeti, üretimlerinin bir bölümünü ihraç etmektedirler.

Son yıllarda BDT(Birleşik Devletler Topluluğu) 'de önemli ihracatçı ülkeler arasına katılmıştır. Bu katılım uranyum fiyatlarında önemli dalgalanmalar meydana getirmiştir. Bunun üzerine ABD ve AB (Avrupa Birliği) ülkeleri uranyum ithalat ve ihracatlarına bazı kurallar koyma gereği duymuşlardır.

ABD'nin Rusya, Kazakistan ve Özbekistan ile yaptığı anlaşmalar bu kurallar çerçevesinde fiyatlandırma ve sertifikalandırma konularını kapsamaktadır. Avrupa Komisyonu da, AB üyesi ülkelerin, hertürlü riskten uzak ve tek kaynağa bağlı kalmaksızın, serbest piyasa fiyatlarıyla uranyum sağlamaları konularında kararlar almıştır.

2.4.3. Fiyatlar

Uranyum piyasasındaki fiyat gelişmeleri yıllara göre TABLO-6'da verilmiştir. 1970 yılında 15 USD/Kg olan uranyum fiyatı, 1977 yılında 100 USD/Kg uranyumun üzerine çıkmıştır. 1982 yılına kadar bu düzeyde seyreden fiyatlar, 1983 yılından itibaren sürekli düşmeye başlamış, 1990 yılında ortalama 70 USD/Kg uranyum seviyesine inmiştir. Tablodaki fiyatlar, uzun süreli anlaşmalarla yapılan satış fiyatlarıdır.

Bunun yanında bir de spot-market fiyatları vardır. Spot-market üretici ve tüketicilerin elindeki stokları dengelemek için yapılan alım-satımlardır. Spot-market fiyatları genellikle daha düşüktür. Spot market fiyatları 1992 yılında, BDT'nin de piyasaya girmesiyle, 26 USD/Kg uranyum civarında gerçekleşmiştir. Spot alım-satımların, dünya uranyum piyasasındaki payı %10'un altındadır.

Bunların dışında, ABD'nin 15 yıllık projeksiyonu, U₃O₈ fiyatlarının 2000 yılında 30 USD/Kg olacağı ve doğrusal olarak artarak 2015 yılında 35 USD/Kg 'a ulaşacağını göstermektedir. ABD'nin yerli üretim uranyum fiyatları 1997 ve 1998 yılları ortalamaları sırasıyla 34.65 USD/Kg ve 32.58 USD/Kg olmuştur.

TABLO 6: Yıllar İtibariyle, Uranyum Fiyatları (USD/KgU) (*)

YILLAR	AVUSTRALYA	KANADA	A.B.D.(**)	EURATOM
1977	-	-	107,90	-
1978	-	-	113,80	-
1979	-	-	110,60	-
1980	-	114,25	95,50	-
1981	-	-	86,00	-
1982	-	92,00	102,00	85,00
1983	93,86	79,82	99,35	80,60
1984	92,35	69,68	84,90	77,35
1985	75,96	67,00	81,72	75,40
1986	71,25	64,00	78,03	80,60
1987	74,07	59,60	71,16	84,50
1988	75,07	65,00	67,86	82,81
1989	71,81	62,40	50,86	76,31
1990	46,93	62,40	40,82	76,43
1991	55.50	54.60	35.52	67.50 ⁽¹⁾
1992	36.80	49.40	34.96	64.50 ⁽¹⁾
1993	38.60	39.00	34.17	51.20 ⁽¹⁾
1994	33.96	36.40	26.79	43.00 ⁽¹⁾
1995	34.14	33.80	28.89	43.50 ⁽¹⁾
1996	37.67	39.26	35.91	40.00 ⁽¹⁾

(*) : Uzun süreli anlaşmalarla yapılan satış fiyatlarıdır.

(**) : Ülke içi üretimin fiyatlarıdır.

⁽¹⁾ : **Ux Co. Company LLC, 1999**

2.4.4. Çevre Sorunları

Sarı pasta üretim tesislerinde, asit, baz ve radyasyon tehlikesinden ziyade; asit prosesi sırasında, suda çözünebilir ve uranyumla birlikte bulunan radyumun çözünerek ana çözeltiliye geçmesi ve atık sularla çevreyi kirletmesi tehlikesi önemlidir. Radyumun çöktürülmesi ve seviyesinin kontrolü için tesislere oldukça pahalı sistemler ilave edilmektedir.

Cevher çıkarma esnasında ortaya çıkabilecek radon gazı da insan sağlığını tehdit eden bir diğer tehlike unsurudur. Bu gaza karşı işletmelerde gerekli önlemlerin alınması zorunlu hale gelebilmektedir.

Diğer bir sorun da, reaktörlerde kullanılan yakıt artıklarıdır. Bunların doğada, yeraltı su seviyesinin derin olduğu arazilerde, dayanıklı, geçirgen olmayan ve çatlaklar ihtiva etmeyen kayalar içinde saklanması gerekmektedir. Bu yüzden, böyle ortamlar aranmakta, ve bulunan ortamlar çok ayrıntılı testlerden geçirilmektedir.

3. TÜRKİYE'DE DURUM

3.1. Ürünün Türkiye'de Bulunuş Şekilleri

Türkiye'de bugüne kadar bulunmuş uranyum yataklarının büyük bir çoğunluğu sedimanter tip yataklardır. Bu gruba, Köprübaşı, Fakılı, Küçükçavdar ve Sorgun uranyum yatakları girmektedir. Sadece Demirtepe yatağı damar tipi uranyum yatakları grubuna konulmaktadır.

3.2. Rezervler

Türkiye'de aramalar sonucunda 9.129 ton uranyum bulunmuştur. Bulunan uranyum yataklarının tenör ve rezervleri aşağıda verilmiştir.

- Köprübaşı: %0,4-0,05 U_3O_8 ortalama tenörlü, 1.351 tonu Kasar tipi, 1.201 tonu Taşharman tipi, 300 tonu Ecinlitaş tipi olmak üzere toplam 2.852 ton görünür rezervi vardır. Cevher, Neojen yaşlı sedimanlar içindedir.
- Fakılı: %0,05 U_3O_8 ortalama tenörlü, 490 ton görünür rezervi vardır. Cevher, Neojen yaşlı sedimanlardadır.
- Küçükçavdar: %0,04 U_3O_8 ortalama tenörlü, 208 ton görünür rezervi vardır. Cevher, Neojen yaşlı sedimanlardadır.
- Sorgun: %0,1 U_3O_8 ortalama tenörlü, 3.850 ton görünür rezervi vardır. Cevher, Eosen yaşlı sedimanlardadır.
- Demirtepe: %0,08 U_3O_8 ortalama tenörlü, 1.729 ton görünür rezervi vardır. Cevher, Paleozoyik yaşlı şistlerdeki fay zonlarındadır.

Yukarıda adı geçen sahaların;

- Ortalama tenör ve rezervleri, aranıp buldukları yıllarda dünyaca kabul edilen ekonomik sınırlarda olmasına rağmen, bugün için bu sınırların (min.2000 ppm) oldukça altında kalmaları,

- Rezervlerin oldukça küçük miktarlarda olması nedeniyle, gerekli olan küçük kapasiteli tesislerin ekonomik olarak çalıştırılmasının güçlüğü,

- Dünya uranyum fiyatlarının, özellikle son yıllardaki düşüklüğü ve bu düşüşün devam etmesi (17-20 USD/Kg U), gibi nedenlerle ekonomik olarak değerlendirilmelerinin mümkün olmadığı tesbit edilmiştir. Söz konusu jeolojik anomalilerin uranyum yatağı olarak işletilebilmesi için, rezervin kısıtlılığını dikkate almaksızın, uranyum fiyatlarının minimum 130 USD/KgU'a ulaşması gerekmektedir.

3.2.1. Arama Faaliyetleri

Türkiye'de uranyum aramalarına ilk olarak 1953 yılında MTA Genel Müdürlüğü'nce kısa süreli genel etütler şeklinde başlanmış ve 1956 yılından itibaren sistemli çalışmalara geçilerek 1990 yılı sonuna kadar devam edilmiştir.

Uranyum arama yöntemi, jeolojik verilere göre seçilen geniş bölgelerin havadan radyoaktiviteyi ölçen cihazlar yerleştirilmiş uçaklar tarafından taranması, bulunan anomalilerin yerden kontrolü ve ümitli görülen sahalarda yapılan istikşaf sondajlarının olumlu sonuç vermesi üzerine rezerv sondajlarına başlanması olarak özetlenebilir.

Türkiye'nin jeolojik yapısının incelenmesi ve bugüne kadar yapılan çalışmalardan elde edilen bilgi ve deneyim ışığında, belirlenmiş olan rezervlerin ülkenin nihai potansiyelini ifade etmediği, aramalara gereken kaynağın ayrılması, Maden Kanunu'dan kaynaklanan sınırlamaların en aza indirilmesi durumunda, daha büyük yatakların bulunmasının mümkün olduğu söylenebilir. Geçmişte, bu görüşten yola çıkılarak, Uluslararası Atom Enerji Ajansı ile bir müşterek proje hazırlanmış, gerekli cihazlar ve uzmanlar Ajans tarafından temin edilerek, Türkiye'nin, uranyum yatağı olması muhtemel bölgelerinin havadan taranması, MTA Genel Müdürlüğü'nce programlanmış ve 1987-1988 yıllarında uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Ancak, 1988'den sonra program durdurulmuştur.

Türkiye'nin 1986 yılından bu yana uranyum aramaları için yaptığı harcamalar TABLO-7'de verilmiştir.

TABLO 7: Türkiye'de Son Yıllardaki Uranyum Arama Harcamaları (USD)

YILLAR	HARCAMALAR
1986	1.000.000
1987	1.000.000
1988	403.000
1989	161.000
1990	77.000
1991	0
1992	0
1993	0
1994	0
1995	5.000
1996	0
1997	3.000
1998	12.500
1999	0

Kaynak : MTA Faaliyet Raporları

Tablodan görüldüğü gibi, 1986 yılından bu yana uranyum aramalarına harcanan para sürekli düşüş göstererek 1991 yılından sonra tamamen sıfırlanmıştır. Bunun nedeni Türkiye'nin uranyum potansiyelinin belirlenmiş olması değildir. Halen aramalara yönelik ciddi ve kapsamlı proje teklifleri vardır. Ancak kaynak yetersizliği nedeniyle uygulamaya geçilememektedir.

Bugüne kadar çalışma yapılan yerlerden ancak bir bölümü kesin sonuca ulaştırılabilmektedir. Birçok sahada çeşitli nedenlerden dolayı çalışmalar yarım kalmış veya yeterli hassasiyetle sürdürülememiştir.

3.3. Tüketim

Uranyumun tek tüketim alanı nükleer yakıt yapımı ve dolayısıyla nükleer santrallerdir. Elektrik üreten bir nükleer santrale sahip olmayan Türkiye'de, bugün inşaatına başlansa dahi, 2005 yılından sonra devreye girebilecek 1000 MWe'lık santralda, yılda 200 ton kadar uranyum tüketilecektir.

3.4. Üretim

Bugün için Türkiye'de ticari anlamda bir uranyum cevheri çıkarılması ve sarı pasta üretimi yoktur. Ancak Manisa-Köprübaşı'nda 1974 yılında Köprübaşı cevherlerini laboratuvar bazında irdeliyerek fizibilite için daha güvenilir veri elde etmek amacıyla, MTA tarafından bir pilot tesis

kurulmuştur. 1974-1982 yılları arasında faaliyet gösteren bu tesiste, Köprübaşı ve Uşak-Fakılı cevherlerinin seri deneyleri yapılarak 1.200 Kg kadar sarı pasta üretilmiştir.

Yığın özütleme+SX yönteminin uygulanması ile üretilen sarı pasta, magnezyum diuranat veya amonyum diuranat bileşimindedir. %85'e kadar çıkan U_3O_8 tenörü ve istenmeyen elementlerin oranının (V_2O_5 =eser, Mo=%0,0012, P_2O_5 =%0,15 gibi) düşük oluşu, Köprübaşı-Kasar tipi cevherlerden üretilen sarı pastanın dünya standartlarına uygun olduğunu göstermiştir. Bu bölge cevherlerinden yılda 50-60 ton U_3O_8 üretilebileceği hesaplanmıştır. Bu miktar, 600 MW'lık bir nükleer santralın yıllık ihtiyacı olan 120 tonun yarısıdır. Ayrıca, bu sarı pastanın laboratuvar çapta artırılması ile de, nükleer saflıkta A.D.U ve UO_2 gibi ürünler elde edilmiştir. Türkiye'de henüz ticari anlamda üretim olmadığı için, konu hakkında diğer bilgiler mevcut değildir.

3.5. Dış Ticaret

Konuyla ilgili dış ticaretimiz yoktur.

3.6. İstihdam

Halen üretim olmadığı için istihdam söz konusu değildir.

3.7. Çevre Sorunları

Gaz, sıvı, katı haldeki radyoaktif atıklar çevreyi radyasyon yönünden kirletmekte ve tüm canlıları etkileyebilmektedir.

Nükleer santralda kullanılacak cevherin çıkarılması, işlenmesi, zenginleştirilmesi ve kullanılması aşamasında kirlenme olduğu gibi, güç reaktörlerinde ve atıkların işlenmesi ile depolanması sırasında da çevre kirlenmesi oluşmaktadır. Cevherin çıkarılmasından son ürün atığının oluşmasına kadar geçen süreçte, uluslararası standardda izlenmesi gereken yol ve uyulması gereken kurallar vardır. Bunların tümü insan sağlığının ve doğal çevrenin korunmasına yöneliktir.

Halen ülkemizde gelişmiş bir nükleer enerji endüstrisi olmadığından bu tip sorunlar henüz mevcut değildir. Ancak önümüzdeki yıllarda bu teknolojinin de ülkemize girmesiyle karşılaşılabilecek tüm sorunların şimdiden tespit edilerek, alınması gereken önlemlerin belirlenmesi, çevre ve canlı sağlığı bakımından önem taşımaktadır.

4. MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Yedinci Plan Dönemindeki Gelişmeler

MTA tarafından 1990 yılında sınırlı bir bölgede yapılan uranyum aramaları, 1991-1994 yılları arasında tamamen durdurulmuştur. Bu dönemde bazı araştırma kurumlarında yakıt üretimi teknolojiyle ilgili laboratuvar çapında sınırlı çalışmalara devam edilmiştir.

4.2. Sorunlar

Türkiye'de uranyum cevheri bulunma olasılığı fazla olan sahalarda daha önceki yıllarda belirlenmiştir. Ancak son yıllarda, arama faaliyetlerini sürdüren tek kuruluş olan MTA, kaynak yetersizliği nedeniyle, bu sahalarda yapılması gerekli sistematik ve çok disiplinli çalışmaları sürdürememektedir. Sadece çok sınırlı alanlarda yerden prospeksiyon özellikli çalışmalar yapabilmektedir.

Sarı pasta üretiminin olmamasının nedenleri ise;

- i. Bir nükleer santralin faaliyette olmayışı,
- ii. Arama faaliyetlerinin durdurulması,
- iii. Mevcut yataklardan, dünya fiyatları düzeyinde üretim yapılamamasıdır.

4.3. Dünyadaki Durum ve Diğer Ülkelerle Kıyaslama

Dünyada nükleer enerjiden yararlanan, yararlanmayı planlayan, ya da uranyumdan kazanç sağlamayı amaçlayan ülkelerin tümü, aramalara hızla devam etmektedir. İngiltere, Japonya, Almanya gibi kendi ülkelerindeki potansiyeli belirleyen ülkeler, yine kendileri için başka ülkelerde uranyum aramaktadırlar.

Mevcut uranyum cevherlerimizin üretim olanağı (sarı pasta üretimi) açısından, dünya cevherleri ile kıyaslaması TABLO- 8'de verilmiştir.

Bir uranyum sahasının değerlendirilmesinde, U_3O_8 tenörü ve rezervi, cevherin işletilmesi ve teknolojik üretim verilerinin bir uyum içinde olması ve üretilecek sarı pastanın dünya fiyatları ile rekabet edebilmesi gerekmektedir.

TABLO 8: Türkiye Uranyum Rezervlerinin Dünyadaki Bazı Rezervlerle Karşılaştırması

ÜLKE, TESİS	TENÖR %U ₃ O ₈	REZERV (TonU ₃ O ₈)	MADEN İŞLETME YÖNTEMİ	ÖZÜTLEMEDE ASİT İHTİYACI (KgAsit/Ton Cev.)	ÜRETİM U ₃ O ₈ (Ton/Yıl)
KANADA Key- Lake	2,50	90.000	Açık	100	5.000
KANADA Eliot- Lake	0,08	95.000	Kapalı (500m)	42	2.500
A.B.D. Kerr Mc Gee	0,20	100.00	Kapalı (180-400m)	50	4.000
AVUSTRALYA Jabiluka	0,33	176.000	Açık	50	2.500
GABON Comuf	0,35	37.000	Kapalı+Açık	30	1.200
G. AFRİKA Chemves	0,20	200.000	Açık	25	550
TÜRKİYE Köprübaşı- Kasar	0,05	1.500	Açık	20	100
TÜRKİYE Yozgat-Sorgun	0,10	3.850	Kapalı (100-200m)	50	200

Kaynak : MTA Faaliyet Raporları; Savaş Uçakçioğlu, 1990; Kaynak : OECD/NEA and IAEA, Uranium, Resources, Production and Demand, Paris, 1997

Türkiye'nin Köprübaşı-Kasar tipi cevheri, gerekli madencilik ve teknolojik harcamalar açısından çok olumlu olmasına (iri taneli, yığın özütleme ve az asit harcama) rağmen, rezervin ve tenörün düşüklüğü nedeniyle, yapılan fizibilite çalışmaları sonucunda, bir üretim tesisinin kurulması uygun bulunmamıştır.

Yozgat-Sorgun cevherinde ise sorun, yeraltı işletmesinin gerekliliği ve rezervin yetersizliği olmuştur. Diğer sahalardan da uranyum eldesi teknolojik olarak mümkün olmakla birlikte, rezerv ve tenör düşüklüğü nedenleriyle, mevcut koşullarda ekonomik olarak uranyum konsantresi (sarı pasta,%75U₃O₈) üretimi sağlamanın mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Dünyada sarı pasta fiyatları son yıllarda oldukça düşük düzeylerde seyretmektedir. Halen sarı pasta fiyatları 50-60 USD/Kg U düzeyinde bulunmaktadır. Bu arada, özellikle ABD'de yeraltı işletmesi yapan (Kerr-McGee gibi) büyük kapasiteli bir çok tesis kapanmıştır. Ayrıca, Almanya, Brezilya, Arjantin, İtalya, Portekiz gibi ufak çapta üretim yapan ülkelerde de uranyum (sarı pasta) üretimi son yıllarda durdurulmuştur. Bu durum, gelecek yıllarda uranyum piyasalarında bir krizin ortaya çıkma ihtimalini güçlendiren başlıca nedenleri oluşturmaktadır.

120-140 USD/Kg U'a kadar çıkan fiyatlar nedeniyle, 1977 yılında gerçekleştirilen fosforik asit, yakıt külleri, deniz ve göl gibi diğer kaynaklardan uranyumun kazanılması çalışmaları, büyük rezervlerine karşın, düşük tenörleri ve teknolojik olumsuzlukları nedenleriyle ile bugün için fazla anlamlı bulunmamaktadır.

5. SEKİZİNCİ PLAN DÖNEMİNDE BEKLENEN GELİŞMELER VE ÖNERİLER

5.1. Projeksiyonlar

Sekizinci Beş Yıllık Plan Dönemi'nde ancak nükleer santral inşasına başlanabilecektir. Bu yüzden talep, üretim, ihracat ve ithalat projeksiyonları 9. Plan dönemine kayabilecektir. Aramalardaki hedefi ise; ucuz üretim yapmaya müsait, yüksek tenör ve büyük rezervli uranyum yataklarının ortaya çıkarılmasıdır. Ayrıca, bu dönemde sarı pastadan yakıt üretimi tesisleri konusunda daha kapsamlı çalışmalara başlanması gerekmektedir.

5.2. Teknolojik Alanda Beklenen Gelişmeler

Sarı pasta üretiminde teknoloji, yatağın fiziki durumuna ve cevherin tenör, rezerv ve mineralojik özelliklerine bağlı olduğundan, bulunacak yeni cevherler üzerine yapılacak testler sonunda, o cevherin teknolojisi yaratılacaktır.

5.3. Yatırımlar

8. Beş yıllık plan döneminde yeni bir yatırım planlaması, uranyum cevheri arama faaliyetlerinde ve sarı pasta üretiminde olması beklenmelidir. Bunun kapsamı, uçaktan ve yerden prospeksiyon, sondaj, kimyasal analizler ve teknolojik testler olacaktır. Uygun bir saha bulunduğu, sarı pasta üretimine yönelik pilot veya ana tesis için yeni bir yatırım alanı ortaya çıkacaktır.

5.4. Beklentiler

i. Aramaların devamı ile yurdumuzdaki uranyum potansiyeli hakkında kesin bilgi edinilmesi ve

ii. Sonuca göre uranyum (sarı pasta) üretimine aktif olarak geçilmesi, konu ile ilgili ana beklentileri oluşturmaktadır.

6. POLİTİKA ÖNERİLERİ

Dünyadaki uranyum rezerv, üretim ve tüketim durumlarına ve nükleer enerji kullanım trendine bakılacak olursa, bilinen rezervin 2000'li yılların ilk çeyreğinde, hatta daha sonrası için yeterli olduğu görülecektir. Ancak gelecek yıllardaki üretim ve tüketim denge tahminlerine bakıldığında, tüketimin üretimden daha fazla olacağı, hatta 2010-2015 yıllarına gelindiğinde bu açığın ciddi boyutlara ulaşacağı görülmektedir. Açığın bir kısmı eldeki stoklardan karşılanırsa dahi, 2000 yılından sonra olası bir krize girilmemesi için planlanan yeni üretim tesislerinin devreye girmesi gereklidir.

Uranyum üreticisi ülkelerin büyük çoğunluğu, ya tamamı kendileri için, ya da uzun dönemli bağlantıları olan ülkeler için üretim yapmaktadırlar. Daha önce de belirtildiği gibi, buna rağmen kurulu tesislere sahip ülkelerin dahi 2000'li yıllarda, tüketimlerini karşılamakta darboğaza girecekleri büyük bir olasılıktır.

Bu nedenledir ki, pek çok ülke, aramalara büyük bir hızla devam etmektedir. Hatta kendi ülkelerindeki potansiyellerini belirleyen ABD, Kanada, Fransa, Japonya, Almanya, İsviçre, İngiltere ve Güney Kore gibi bir çok ülke, başka ülkelerde uranyum aramaktadırlar. Böylece hem uzun dönemli fiyat projeksiyonları yapmayı, yatırımlarına yön vermeyi ve fiyatları kontrol altında tutmayı hedeflemektedirler.

1970'li yıllarda, ülkemiz ileriye yönelik enerji planlarında, nükleer güç santrallerinden de yararlanmak öngörülmüştür. Ancak bu konudaki çalışmalar hala bir sonuca ulaştırılamamıştır. Hızlı bir sanayileşme süreci içinde olan ülkemizde elektrik talebi artmaktadır. 2000'li yılların başlarında karşılaşılabilecek enerji darboğazını aşabilmek için nükleer enerji kullanımı kaçınılmaz görülmektedir.

Böyle bir durum gerçekleştiğinde, ülkenin nükleer yakıt ihtiyacının ithalat yoluyla karşılanması düşünülebilir. Ancak daha önce de belirtildiği gibi o yıllarda uranyum arzı, kurulu reaktörlere dahi yetmeyecektir. Bunun için, dünyada ucuza maledilen uranyum rezervinin büyük bir çoğunluğunu elinde bulunduran Avustralya, Kanada, Güney Afrika, Namibya ve Nijer gibi ülkeler, önümüzdeki yıllarda üretimlerinde büyük bir artış sağlamayı düşünmemektedirler. Zaten bu durumu iyi değerlendiren birçok ülke, kendi yakıtını kendi sağlama çabasıdadır.

Diğer taraftan önümüzdeki yıllarda dünya uranyum fiyatlarının yükseleceği kesindir. Türkiye kendisi kullanırsa dahi bulacağı uranyumu ihraç etme imkanına sahip olacaktır.

Tüm bu nedenlerle, uranyum kaynaklarının en kısa zamanda belirlenmesi için aramalara yeniden başlanması gerekmektedir. Zira unutulmamalıdır ki, bir uranyum yatağının aranmaya başlanmasından, bulunup, üretime geçilmesi için gerekli süre 10 ila 15 yıl arasında

değişmektedir. Diğer taraftan işletilen bir yataktan üretim artışı sağlama süreci ise 5 ila 7 yıldır. Bugüne kadar bulunan rezervlerin, Türkiye'nin gerçek potansiyelini oluşturmadığı, aramalara hızla devam edilmesi durumunda daha büyük rezervler bulunabileceğine inanılmaktadır. Bunun için eleman eğitime ve aramalar için modern ekipman teminine önem verilmelidir.

Bu nedenle öncelikle:

- * Maden yasasında değişiklik yapılarak MTA Genel Müdürlüğü'nün ruhsat alma sorunu çözümlenmeli, kuruluşa, daha önceki yıllarda olduğu gibi, her sahada havadan, yerden ve sondajlı aramalar yapma yetkisi verilmelidir ve aramalarını sistematik olarak sürdürmelidir.
- * Bulunan sahadan ekonomik olarak uranyum üretilmesi olasılığı ortaya çıktığında, saha ruhsatı MTA'nın da ortak olduğu şirkete devredilmeli, şirket sarı pasta üretimine geçmelidir (özel yasa).
- * TAEK (Türkiye Atom Enerji Ajansı)'in nükleer enerji hammaddeleri alanında, ilgili kuruluşlar arasında gerekli koordinasyonun sağlanması konusunda daha aktif olması temin edilmelidir.
- Radyoaktif mineral madenciliği ile ilgili çevre ve işçi sağlığı konularında hiçbir yasa ve yönetmelik yoktur. TAEK ve Çevre Bakanlığı müştereken bu konu ile ilgili yasa ve yönetmelik hazırlıklarına acilen başlamalıdır.

TORYUM

Uranyum ve plütonyum atomlarının çekirdeklerinin parçalanması sonucu elde edilen nükleer güç, günümüzde çeşitli ülkelerde, insanoğu için kontrol edilebilir enerji teminine önemli katkılarda bulunmaktadır. Uranyum gibi, toryum da bir nükleer yakıt hammaddesidir.

Toryum da uranyum gibi doğada serbest halde bulunmaz, fakat 60 civarında mineralin içinde rastlanır. Bunlardan sadece monazit ve thorite, toryum üretiminde kullanılır. Bu mineraller de genellikle nadir toprak elementleri ile birlikte bulunmaktadır.

Toryuma dayalı nükleer santrallerin henüz ticari olmayıp, deneme safhasında olması ve bu sektörün dışındaki kullanımının sınırlılığı nedeniyle, dünyada bu güne kadar, doğrudan toryum aramalarına fazla önem verilmemiştir.

Buna karşılık, bazı ülkelerde, nadir toprak elementleri içeren monazit yataklarının aranmasına yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu mineraller aynı zamanda toryum da içerdiklerinden, toryum yan ürün olarak değerlendirilmiş, sağlıklı verilere dayanan rezerv hesapları yapılmamıştır. IAEA'ya Kg'ı 80 USD'a kadar maledilebilen toryum rezervi bildiren ülkeler; Arjantin, Avustralya, Brezilya, Güney Afrika Cumhuriyeti, Kanada, Mısır, Norveç, Tayland ve Türkiye'dir. Bu ülkelerin görünür rezervleri 657.770 Ton ThO₂'dir. Toryumun nükleer enerji hammaddesi olarak kullanılmaya başlanması durumunda doğacak talep, çeşitli yatakların ekonomik değerini de belirleyecektir. Bu nedenle, bütün toryum konsantrasyonları bugün için potansiyel birer kaynak durumundadır.

Toryum, sırasını bekleyen bir nükleer yakıt hammaddesi durumundadır. Bunun en büyük nedeni, nükleer yakıt çevriminin sorunudur. Toryum-232, bazı proseslerle uranyum-233'e dönüştürülebilmektedir. Toryum-233 de uranyum-235 gibi parçalanabilir bir maddedir. Bu parçalanma sonucunda da büyük bir enerji açığa çıkmaktadır. Yakıt çevrimi sorunu nedeniyle, bugün için toryumla çalışan ticari ölçekte santraller bulunmamakla birlikte, bu santrallerin prototipleri İngiltere, Almanya ve ABD'nde uzun zamandır denenmektedir. Ticari ölçekte tüketimin olamaması nedeniyle, halen toryumun enerji hammaddesi olarak tüketimi yok denilecek düzeydedir.

Enerji hammaddesi olarak kullanımı dışında, değişik kullanım alanlarında tüketilen toryum miktarının fazla olmaması ve yıllık 700 ton ThO₂ civarında olan dünya üretiminin tamamen monazitten yan ürün olarak elde edilmesi nedeniyle, halen, sadece toryum için işletilen yatak yoktur.

Türkiye'de MTA Genel Müdürlüğü'nce geçmiş yıllarda yapılan aramalar sonucunda, Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören yöresindeki nadir toprak elementleri ve toryum kompleks cevher yatağında, 380.000 ton görünür ThO₂ rezervi saptanmış olup, bu rezervin tenörü %0,21 ThO₂ 'dir. Söz konusu yatağın tamamında yapılacak sondajlı çalışmalarla bu rakamın, iki katına çıkması olasıdır. Ancak cevherin zenginleştirilmesiyle ilgili teknolojik sorunlar henüz tam olarak çözülmüş değildir. MTA, TAEK ve Eti Holding tarafından yapılan teknolojik deneyler, yatağın doğrudan toryum olarak değerlendirilmesinin mümkün olmadığını göstermiştir. Saha nadir elementler ile barit-florit içerdiğinden, yatağın kompleks cevher olarak değerlendirilmesi ve bu konudaki çalışmaların desteklenmesi önem kazanmaktadır.

Diğer taraftan, Malatya-Hekimhan-Kuluncak'taki benzer nitelikli toryum zuhuru da gerekli çalışmaların yapılması durumunda, söz konusu rezerve katkı yapabilecek durumdadır.

YARALANILAN KAYNAKLAR

- BİRSEN, Nevzat, 1988, Dünya Uranyum Kaynakları, Yeterliliği ve Türkiye'nin Uranyum potansiyeli, TAEK Başkanlığı Teknik Rapor, Ankara
- EIA, 1999, Uranium market models
- Mining Journal, 1997, Mining Annual Review, London
- Mining Journal, 1998, Mining Annual Review, London
- OECD/NEA and IAEA, 1995, Uranium, Resources, Production and Demand, Paris
- OECD/NEA and IAEA, 1997, Uranium, Resources, Production and Demand, Paris
- The Ux Consulting Company LLC, 1999
- UÇAKCIOĞLU, Savaş, 1990, Dünyada ve Türkiye de Uranyum Kaynakları, Aramaları, Üretimi ve Tüketimi, MTA Teknik Rapor, Ankara