

HIZLI ÜRETKEN REAKTÖRLER VE
NÜKLEER YAKIT TASARRUFU

Sami KARADENİZ

E.Ü. Mühendislik Fakültesi, KAYSERİ

ÖZET

Nükleer yakıt rezervlerinin aşırı derecede sınırlı olmasına rağmen pek çok sanayileşmiş ülke az oranda zenginleştirilmiş veya doğal Uranyum'u nükleer yakıt olarak kullanan Termik Reaktörler üzerine kurulmuş ihtiraslı Nükleer Enerji Programlarına gerçekleştirme çabasındadırlar. Bu politikanın en büyük tehlikesi bu tip reaktörlerin Dünya Enerji gereksinimini karşılamada önemli katkıda bulunabilecekleri ancak uzun dönemde enerji açığını karşılayamayacakları ve $^{238}_{92}\text{U}$ deki enerji potansiyelinden yararlanılmaması gerçeğidir.

Bu çalışmada, Termik Reaktör tiplerinin elektrik enerjisi üretiminde tercih edilmesi politikasının doğrulabileceği sorunlar gözden geçirilmiş, ve gelecekteki enerji ihtiyacımızın karşılanmasında Hızlı Üretken Reaktörlerin önemi vurgulanmıştır.

FAST BREEDER REACTORS AND THE
NUCLEER FUEL CONSERVATION

SUMMARY

Despite the fact that, the Nuclear Fuel Reserves are extremely Limited, many industrialized countries are putting forward ambitious nuclear energy programs based upon almost Thermal Reactors which use slightly enriched or natural Uranium as nuclear fuel. The greatest danger of this policy, however, is the fact that such reactors can make an important contribution to the World's energy requirements but they can not alleviate the long term shortage and most of the energy reserves in $^{238}_{92}\text{U}$ will be wasted.

In this work, the possible consequences of this policy are examined and the importance of Fast Breeder Reactors to meet our future energy requirements is emphasized.

1- GİRİŞ

1939 yılında Nükleer fizyon (parçalanma) olarak adlandırılan ağır çekirdekli atomların nötron bombardımanı sonucu parçalanarak daha hafif çekirdekli iki yeni atoma dönüşmesinin, keşfi yeni bir enerji kaynağının oluşmasına öncülük etmesi sebebiyle insanlık tarihinde yeni bir çağ açmıştır. Fizyon olayından önceki kütle çekirdek parçalanması sonucu ortaya çıkan fizyon ürünlerinin kütleleri toplamından büyük olduğundan kayıp kütle Einstein'ın meşhur denklemi ile hesaplanabilen

$$\text{Enerji} = \text{Kayıp Kütle} \times \text{Işık hızının karesi}$$

kadar enerjinin açığa çıkmasına neden olur. Bu enerji denklemi iki hafif çekirdekli atomun birleştirilerek daha ağır yeni bir atom oluşturulması prosesi olarak tarif edilen Nükleer Füzyon (kaynaşma) olayı içinde geçerlidir. Ancak bu makalede yalnızca Nükleer fizyon olayı sonucu ortaya çıkan Nükleer Enerji incelenecektir.

Fizyon olayı sonucu Nükleer Enerji verebilecek iki ana element Uranyum ve Toryumdur. Yer yüzünde bilinen işletmeye uygun veya yakın gelecekte mevcut teknolojiler yardımıyla işletilmesi ekonomik olabileceği tahmin edilen bu elementleri içeren maden rezervlerinin aşırı derecede sınırlı miktarda bulunduğu bilinmektedir. Buna rağmen birçok sanayileşmiş ülke elektrik enerjisi üretiminde ya tabii yada düşük oranda zenginleştirilmiş Uranyumla çalışan Termik nükleer Reaktörleri inşa etmekte veya inşasına planlamaktadır. Bu ise mevcut Uranyum rezervlerinin sahip olduğu büyük enerji potansiyelinden yeterince yararlanılmaması sonucunu ortaya çıkarmaktadır. İlerde bu potansiyelin çok daha efektif kullanılabilmesi için geliştirilmiş olsa bile yeterli miktarda Uranyum rezervi bulunmadığından bu teknolojilerin Dünya enerji gereksinimini karşılamakta oynayabileceği rol sınırlı kalacaktır.

Bu çalışmada elektrik enerjisi üretiminde Termik Nükleer Reaktör, özellikle Hafif Sulu Reaktör, tiplerinin tercih edilmesi politikalarının uzun dönemde yaratacağı problemler belirtilmiştir. Buna ilave olarak mevcut Nükleer yakıt potansiyelinin daha rasyonel kullanılması durumunda Nükleer enerjinin gelecek 70 yılda Dünya enerji açığının kapatılma-

sında oynayabileceği rol ve bunun için Nükleer yakıt çevriminin önemi vurgulanarak Plutonyum'la çalışan Hızlı Üretken Reaktörlerin inşaatının gerekliliği ortaya konmuştur.

2- NÜKLEER ENERJİYE GEREKSİNİM

Gelecek 70 yılda Dünya enerji tüketiminde Nükleer Enerjinin oynayacağı rol bu dönemde toplam enerji gereksinimi ve bu gereksinimin fosil yakıtlar dediğimiz petrol, kömür ve Tabii Gaz gibi kaynakların ne ölçüde karşılayabileceğine bağlıdır. Günümüzden 2050 yıllarına kadar Dünya Enerji tüketiminin nasıl değişeceğinin tahmini bu tahminlerin bu dönemdeki hayat standartlarındaki gelişmelere ve Dünya nüfus artışına bağlı olması nedeniyle oldukça güçtür. Ancak İsa'nın doğuşundan günümüze kadar Dünya Enerji kaynaklarının tüketiminin seyri incelendiğinde İsa'dan sanayi devriminin başlangıcı sayılan 1850 lere kadar yaklaşık 40 (10 = 46 Milyar 500 milyon taş kömürünün yakılmasıyla ortaya çıkan enerji $\approx 10^{21}$ j = 3.10^{14} Kilowatt h) olan yakıt tüketimi, bundan 100 yıl sonra 1950 lerde 100/100 yıl (1 asır) hızına ulaştığı görülür. Bu hız 1970 lerde 0,20/yıl, 1981 de ise 0,30/yıl değerlerine erişmiştir [1, 2, 3] .

Genel ekonomik duruma bağlı olmakla birlikte ileri sanayi ülkelerinde enerji tüketimi yıllık % 3 lük bir artış göstermektedir. Halen dünya nüfusunun 2/3 lük kısmının yaşadığı az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerdeki hayat standardının sanayileşmiş ülkelerin bugünkü hayat standartları seviyesine ulaşması için enerji tüketimlerini bugünkü değerden en az 10 kat daha fazla arttırmak zorunludur [3] .

Enerji tüketimi tahminlerinde ikinci ana faktör olan Dünya nüfusu ise, bulunduğumuz yüzyılda iki dünya savaşının meydana gelmiş olmasına ve tıp bilimindeki sınırlı gelişmelere rağmen 1850 - 1950 arasında 2 kat artmıştır. 2050 yılında dünya nüfusunun 1950 deki dünya nüfusuna göre 3 kat artış göstereceği tahmin edilmektedir [3] .

Bütün bu veriler ışığında dünya yakıt gereksiniminin gelecek 70 yılda 70 Q civarında olacağı tahmin edilmektedir. Bu miktardaki enerji gereksiniminin karşılanması, bugün için bilinen tüm petrol ve Doğal Gaz rezervlerinin 12 Q tüm kömür rezervlerinin 187 Q ya eşdeğer enerjiye karşılık geldiği düşünülürse, yeni enerji kaynakları bulunmasına ve mevcutlarının geliştirilmesine bağlı olduğu gerçeği açığa çıkar.

Gelecek 20 ila 30 yılda enerji üretiminde yararlanılabilecek kaynaklar arasında yenilenebilir enerji kaynakları olarak bilinen Güneş Enerjisi,

Rüzgar ve Deniz Dalgası Kuvvetleri ve Med-Cezir, Jeotermal enerji vs. gibi yeni enerji kaynaklarının enerji üretiminde ne oranda başarılı olacaklarının tahmini gerek mevcut teknolojilerin yeterli düzeyde gelişmemiş olması gerekse bu kaynakların özelliklerinden dolayı oldukça güçtür. Bu kaynaklardan yararlanmada başarı bu alanda yapılacak araştırma ve geliştirme çalışmalarına bağlı olacaktır.

Nükleer enerji ise mevcut reaktör teknolojilerine dayanması, işletme emniyeti, çevre korunması açısından avantajları yanında, bu yolla elde edilen enerjinin birim maliyetinin bugün bile fosil yakıtlar dediğimiz Kömür, Petrol, Doğal gaz gibi kaynakların kullanılmasıyla elde edilen enerjiyle rekabet edebilecek düzeyde olması nedeniyle oldukça büyük potansiyele sahiptir [4].

3- TERMAL VE HIZLI ÜRETKEN REAKTÖRLERİN ESASI

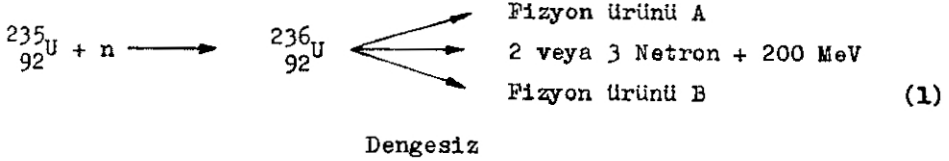
Yeryüzünde U_3O_8 bileşiminde yaygın olarak bulunan Uranyum cevheri % 0,7 oranında $^{235}_{92}U$ ve kalan % 99,3 oranında da $^{238}_{92}U$ izotopunu ihtiva eder. Bu izotoplardan $^{235}_{92}U$ fissildir. Yani fizyon olayının başlaması uranyum çekirdeğinin bombardıman edildiği neutron'un taşıdığı enerjiye bağlı olmaksızın her enerjideki neutronla başlatılabilir. $^{238}_{92}U$ izotopu ise aynı reaksiyon ancak enerjisi 1,5 MeV ($= 1,602 \cdot 10^{-13} J$) dan büyük nötronların uranyum çekirdeğini bombardımanı sonucu gerçekleşir. Bu nedenle Nükleer Reaksiyonun başlama olasılığının bir ölçüsü olan fizyon kesit alanının $^{235}_{92}U$ Uranyum izotopunda yüksek olması bu izotopun doğal Uranyum içindeki payının küçük olması dezavantajını ortadan kaldırır ve tabii Uranyumun kullanılması durumunda fizyon 0,1 eV enerjiye sahip nötronlar tarafından başlatılabilir. Nükleer fizyon neticesi açığa çıkan nötronlar ortalama 2 MeV luk enerjiye sahiptirler ve bu enerjiye sahip nötronlar en az bir nötronun $^{235}_{92}U$ tarafından yakalanarak yeni bir fizyon yaratması olarak tarif edilen zincirleme reaksiyonu devam ettiremez. Zincirleme reaksiyonun devam etmesi için ya fizyon olayı sonucu açığa çıkan nötronlar moderatör denilen hafif çekirdekli atomlarla çarpıştırmak suretiyle yavaşlatılması, ki bu durumda nükleer yakıt olarak tabii Uranyum kullanılabilir, veya fizyona tabii tutulan Nükleer yakıt içindeki $^{235}_{92}U$ oranının artırılması gerekir. Bu yöntemlerden ilki, Termal reaktörlerin ikincisi ise Hızlı Reaktörlerin geliştirilmesine neden olmuştur. İlk yöntemi esas alarak geliştirilmiş olan Reaktörlere Termal Reaktör denilmesinin nedeni fizyonu gerçekleştiren nötronlardan büyük bir çoğunluğu termal olarak adlandırılan kinetik enerjileri moderatörler kullanılmak suretiyle sistemdeki atomlarla termal dengeye ulaşınca kadar azal-

tılmış (oda sıcaklığında 0,025 eV) neutronlardan oluşmasıdır. İkinci yöntemi esas alan reaktörlerde fizyona neden olan neutronların büyük çoğunluğu enerjileri 100 KeV olan hızlı neutronların (veya daha büyük olan) teşkil etmesi nedeniyle Hızlı Reaktörler denilmiştir.

Bugün dünya üzerinde elektrik enerjisi üretimine yönelik inşa edilmiş hemen tüm Reaktörler Termal Reaktör tipindedir. Bu tip Reaktörlerin tercih edilmesinin başlıca nedenleri; Fizyona uğrayabilen (fissil) $^{233}_{92}\text{U}$, $^{235}_{92}\text{U}$, ve $^{239}_{94}\text{Pu}$ çekirdeklerinin fizyon kesit tesirlerinin neutron enerjisinin azalmasıyla, yükselmesi nedeniyle zincirleme reaksiyonu için gerekli nükleer yakıt miktarlarının düşük olmasındandır. Örneğin termal reaktörlerde % (0,7 ÷ 3) oranında fizil uranyum kullanılırken bu oran Hızlı Reaktörlerde % 20 dir.

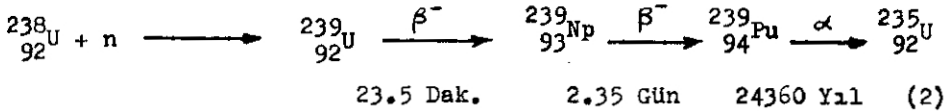
4- TERMAL VE HIZLI REAKTÖRLERDE ÜRETKENLİK

Bir neutronun $^{235}_{92}\text{U}$ tarafından yakalanması sonucu Germanyumdan Gadolin-
yum'a kadar değişen iki daha hafif çekirdekli fizyon ürünleri ile yaklaşık 200 MeV enerji ve 2 ila 3 neutron açığa çıkar; Diğer bir gösterimle;



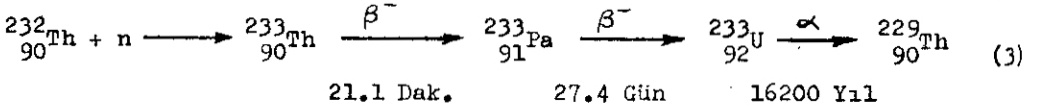
İşte zincirleme reaksiyonu devam ettiği müddetçe herbir çekirdek parçalanması sonucu ortalama, 2,5 nötron açığa çıkar ve bunlardan en az biri yeni bir $^{235}_{92}\text{U}$ çekirdeğinin fizyona uğramasına sağlar.

Benzer şekilde bir neutronun $^{238}_{92}\text{U}$ izotopu tarafından yakalanması durumunda;



reaksiyonu gerçekleşir. Bu eşitliklerdeki zamansal değerler sönüm yarılanma ömrüdür ve bu nedenle $^{239}_{94}\text{Pu}$ bu zincirin son ürünü olarak kabul edilebilir. Bu yöntem $^{238}_{92}\text{U}$ izotopunun kolay fizyona uğratılabilir hale dönüştürülmesindeki yöntemlerden biridir. Zira $^{239}_{94}\text{Pu}$ da $^{235}_{92}\text{U}$ nin gösterdiği nükleer özelliklere benzer özellik gösterir ve her enerjideki

netronlarla fizyona uğrayabilir. İşte kolayca parçalanan $^{239}_{94}\text{Pu}$ ve $^{235}_{92}\text{U}$ gibi çekirdeklere fissil madde $^{238}_{92}\text{U}$ gibi fissil madde üretilen çekirdeklere de fertil veya doğurgan malzeme denir. Diğer bir Nükleer yakıt olan Toryum'un doğal olarak bulunan izotopu $^{232}_{90}\text{Th}$ de $^{238}_{92}\text{U}$ izotopuna benzer nükleer özellikler gösterir.



(2) ve (3) reaksiyonlarının anlamı yeryüzünde doğal olarak bulunan fissil $^{235}_{92}\text{U}$ yanında Fertil (doğurgan) $^{232}_{90}\text{Th}$ ve $^{238}_{92}\text{U}$ izotoplarının yeterli miktarda bulunması durumunda yine fissil (fizyona kolay girebilen) $^{233}_{92}\text{U}$ ve $^{239}_{94}\text{Pu}$ üretilerek nükleer yakıt olarak kullanılabilir.

Fizyon olayı sonucu açığa çıkan netron sayısı, bu izotoplardan hangisinin fizyona tabi tutulduğu vede fizyona neden olan netronların enerjisine bağlı olarak değişir [5]. Eğer bir reaktörde her fizyon olayından sonra ortalama bir netron zincirleme reaksiyonu devamı için yeni bir fizyonu gerçeklerken, ilk fizyon sonucu ortaya çıkan ilave bir netrona fertil (doğurgan) malzeme tarafından yakalanıyorsa, fissil malzeme reaktör çalıştığı müddetçe artar. Bu tip reaktörlere üretken reaktörler denir. Diğer bir deyişle bir üretken reaktör tükettiğinden fazla fissil malzeme üretir. Eğer fizyon sonucu açığa çıkan netron sayısı η ise bunlardan 1 tanesi zincirleme reaksiyonun devam etmesi için gereklidir. Geri kalan netronlardan bazıları reaktör malzemesi veya soğutucu tarafından yakalanabileceğinden veya doğrudan reaktörü terk edebileceklerinden kaybedilebilirler. Eğer fissil malzeme tarafından yutulan her bir netrona karşılık bu yollarla kaybedilen netron sayısı L ve fertil (doğurgan) malzeme tarafından yakalanan netron sayısı C ise, C her bir fissil çekirdeğin parçalanması ile üretilen fissil çekirdek sayısı olmak üzere yaklaşık

$$C \approx \eta - 1 - L$$

şeklinde hesaplanabilir. Eğer $C > 1$ ise C üretkenlik oranı, $C < 1$ ise çevrim veya dönüşüm oranı ismini alır. Teknolojik ve pratik nedenlerle $L \geq 0,2$ olduğundan üretkenlik ancak $\eta > 2,2$ olması durumunda mümkündür.

Hızlı reaktörler $^{239}_{94}\text{Pu}$ un kullanılması durumunda en büyük değerde olmak üzere üç fissil malzemeden herhangi birini nükleer yakıt olarak kullanması durumunda üretken olabilir. $^{235}_{92}\text{U}$ in nükleer yakıt olarak bu reaktörlerde kullanılması durumunda üretkenlik yalnızca fizyona neden olan netronların enerjilerinin 1 MeV un altına düşmemesi durumunda gerçekleşebilir. Her iki haldede netron enerjisi ne kadar fazla ise üretkenlik o oranda yüksektir. $^{233}_{92}\text{U}$ kullanan Termal reaktörlerde üretkenlik gerçekleştirilebilir ancak değer 1'e çok yakındır.

Diğer termal reaktörler üretken olmamalarına rağmen önemli miktarda fertil (doğurgan) malzemeyi fissil malzemeye dönüştürebilirler. Çevrim oranı $^{235}_{92}\text{U}$ yakıtlı termal reaktörlerden hafif su reaktörlerinde yaklaşık 0,6, Ağır Sulu ve Gaz Soğutmalı Reaktörlerde ise yaklaşık 0,8 civarındadır [1] (Hafif su Reaktörlerinde netronların hidrojen tarafından emilmesi nedeniyle L oldukça büyüktür ve bu nedenle çevrim oranı C küçüktür).

5- HIZLI ÜRETKEN REAKTÖRLER VE URANYUM EKONOMİSİ

Bu bölüme kadar Hızlı Üretken Reaktörlerin ortaya çıkış esasları kısaca belirtilmiştir. Burada "Bu tip reaktörlerin inşaa edilmesine neden nedir?" sorusu akla gelebilir.

Bu soruya verilebilecek yanıt ise bugün için Dünya üzerinde bilinen zengin ve orta zenginlikte Uranyum rezervlerinin 3 milyon ton civarında olduğu ve bu rezervlerin yeniden çevrime tabi tutulmadan Termal Reaktörlerde kullanılması durumunda ancak 20 ye eşdeğer enerji sağlanabileceğidir [5]. Bu miktardaki enerji üretiminin Dünya enerji gereksinimini karşılamada büyük rol oynayamayacağı açıktır. İşte bu nedenle mevcut nükleer yakıt kaynaklarını günümüz veya yakın gelecekte kullanılacak teknolojilerle en efektif olarak değerlendirilebilecek sistemlere sahip olan yeni bir reaktör tipine ihtiyaç olduğu açıktır.

Nükleer yakıt ekonomisinin sağlanması için kullanılacak reaktörün çevrim oranının 1'den büyük olması gereklidir. Bu ise ancak Hızlı reaktörle sağlanabilir. Çevrim oranının nükleer yakıt tasarrufu açısından önemini daha iyi açıklamak için Uranyum yakıtlı bir Termal Reaktörde N adet $^{235}_{92}\text{U}$ atomu fizyona uğrarsa CN adet fissil $^{239}_{94}\text{Pu}$ atomu üretilir. Bu şekilde üretilen plutonyum, kullanılmış yakıt elemanlarından hiç birine verilmeden kimyasal yöntemlerle ayrıştırılıp, aynı tip bir reaktörde fizyona tabi tutulursa üretkenlik veya çevrim oranı sabit kalması

(gerçekte çevrim oranı fissil malzeme miktarı değiştiğinden değişir) vede tüm fissil malzemenin yakıt elemanının reaktörden çıkarılmasına kadar fizyona uğradığı kabul edilirse ilave C^2N adet fissil atom üretilir. Bu işleme devam edilirse fizyona tabi tutulan toplam atom sayısı, diğer bir deyişle

$$\text{Faydalanma} = N (1 + C + C^2 + C^3 + \dots + C^N) \quad (5)$$

olur.

Kullanılan yakıtın doğal Uranyum olması durumunda efektif olarak kullanılan Uranyum atomu sayısı % 0.7 N olacaktır. Bu yakıtın çevrim oranı 0.7 olan bir Termal reaktörde kullanılması durumunda ise ilk iki çevrim sonunda efektif olarak kullanılan Uranyum miktarı

$$\% 0.7 + 0.7 \times \% 0.7 = 1.19$$

olacaktır. Bir önceki çevrim sonunda üretilen Plutonyum ayrıştırılıp yeniden çevrime sokulur ve bu işleme devam edilirse fizyona uğrayan atom sayısı kullanılan toplam Uranyum atomunun yaklaşık % 2.4 kadarı olacaktır. Ancak pratik nedenlerle yakıt çevriminin sonlu olması, neutron kayıpları ve bir miktar Plutonyumun daha ağır Plutonyum izotoplarına dönüşmesi nedeniyle fizyon bu oranda gerçekleşemez. Bunun bir sonucu olarak Termal Reaktörler tabii Uranyumun yaklaşık % 2 sini kullanabilirler.

Hızlı üretken reaktörlerde ise $C > 1$ olduğundan faydalanma teorik olarak % 100'e ulaşabilir. Ancak Termal Reaktörlerde netron kaybına sebep olan kısıtlayıcı nedenler bu reaktörlerde geçerli olduğundan Hızlı Üretken reaktörler için üst limit % 70 civarındadır[1].

Yukarıda da belirtildiği gibi $C = 0$ olması durumunda tüm nükleer reaktörlerde fissil çekirdekler enerji ve fizyon artıklarına dönüşürken yeni fissil çekirdekler fertil çekirdeklerden üretilir. Termal Reaktörlerde $C < 1$ olduğundan harcanan miktarda yeni fissil çekirdek üretilemez. Bunun bir sonucu olarak nükleer yakıt içindeki fissil çekirdek oranı zamanla belirli kritik (zincirleme reaksiyon devamı için gerekli miktar) değerinin altına düşer. Bu durumda reaktördeki tüm fertil malzeme fissil malzemeye dönüşmemiş olmasına rağmen nükleer yakıt servis dışına alınır.

Günümüzdeki yaygın uygulamaya göre Termal Reaktörlerde yeniden çevrime tabi tutulmayan Uranyumdan yararlanma oranı $^{235}_{92}\text{U}$ nın % 40'ı, diğer

bir deyişle Reaktöre konulan Uranyum miktarının % 0.28'i civarındadır. Bunun anlamı ise Termal Reaktörlerin Uranyum ekonomisi açısından, Reaktöre konulan Nükleer yakıtın % 99.3 lük kısmını oluşturan ²³⁸U ise yaramaz durumda olması nedeniyle, hiçte iyi durumda olmadıklarıdır.

Yakıt çevriminin kapalı olması yani reaktörden servis dışına alınan kullanılmış yakıtın ayrıştırma işlemlerinden sonra elde edilen nükleer yakıtın Hızlı Üretken Reaktörlerde yeniden çevrime sokulması durumunda Termal Reaktörlere göre (60 ÷ 200) kat daha fazla enerji elde edilebilecektir. Bir diğer ifadeyle Nükleer yakıt çevriminin kapalı olması ve Hızlı Üretken Reaktörlerin devreye sokulması durumunda Dünya Üzerinde bugün için bilinen zengin veya orta zenginlikteki Uranyum Rezervlerinin toplam kömür rezervlerinden elde edilebilecek enerjinin iki katı kadar enerji elde etmek mümkün olacaktır.

Nükleer reaktörlerde üretkenlikle ilgili diğer bir kavramda, bir reaktörün aynı güçteki ikinci bir Reaktörün gereksinim duyacağı miktarda yeni yakıt üretmek için gerekli zaman olarak tariflenen iki katına çıkarma süresidir. Bu süre Reaktörün üretkenlik oranıyla ters orantılıdır. Günümüzdeki mevcut Hızlı Üretken Reaktörlerde bu süre 30 yıl civarındadır. Ancak, geliştirilmiş Reaktör Kalbi (Core) dizaynlarıyla üretkenlik oranının 1.4'e eriştirilmesi durumunda aynı süre (10 ÷ 20) yıl arasında olacaktır. Bu ise yüzyılımız sonuna doğru elektrik üretimindeki artış hızına paralel elektrik enerjisi üretimi hızının gerçekleşmesini mümkün kılacaktır.

6- GÜNÜMÜZDEKİ HIZLI ÜRETKEN REAKTÖR PROGRAMI VE TERMAL REAKTÖR TİPİ SEÇİMİNİN ETKİSİ:

Yukarda da anlatıldığı üzere Termal Reaktörlere göre Uranyum kullanımında tartışmasız üstünlüğe sahip Hızlı Reaktörlerin günümüzde neden yaygın olarak inşa edilmediği sorusu akla gelebilir. Zira düşük güçteki ilk nesil Hızlı Üretken Reaktörlerin 1950 lerde inşa edilmesine başlanmasına rağmen bugün Dünya Üzerinde elektrik üretimi amaçlı 3 Hızlı Üretken Reaktör vardır. Bunlar, İngiltere'de CFR (250 MW, (e)), Fransa'da Super-Phenix (1200 MW (e)), Sovyet Rusya'daki BN-600 (600 MW (e)) dir. Buradan anlaşıldığı üzere Hızlı Üretken Reaktörlerin geliştirilmesi çabalarına diğer Termal Reaktörlerle aynı dönemde başlanılmış olmasına karşın geçen 35 yıl içerisinde Hızlı Üretken Reaktörlerdeki gelişme Termal Reaktörlerin çok gerisinde kalmıştır. Bunun başlıca nedenleri

3 grupta toplanabilir.

a) Nükleer Yakıt olarak kullanılan Plutonyumun fazla Radyoaktif olması nedeniyle Plitonyumun işlenmesi sırasında veya Reaktörlerden kaza sonucu çevreye yayılabilecek yüksek dozdeki radyasyonun insan ve canlı yaşamına etkisini kabul edebilecek risk oranlarında tutabilecek teknolojinin henüz geliştirilmemiş olması,

b) Plutonyumun Elektrik amacı dışında kullanılabileceği kuşkusu, diğer bir deyişle Plutonyumun Enerji amacıyla olsa depolanması veya çeşitli Ülkelerin elinde bulunması durumunda Teröristlerin eline geçebileceği kuşkusu vede bölgesel harplerde enerji amacıyla depolanmış Plutonyumun Nükleer Silan olarak kullanılabileceği korkusu,

c) Bu tip Reaktörlerde fizyon olayının olduğu ve reaktör kalbi veya çekirdeği (core) olarak adlandırılan bölgede mevcut Termal Reaktörlerde üretilen Plutonyumla % 20 oranında zenginleştirilmiş Uranyuma gereksinim vardır [6]. Bu nedenle bu tip Reaktörlerin yaygın olarak elektrik enerjisinde kullanılabilmesi herşeyden evvel bu yolla üretilecek yeterli Plutonyum rezervinin oluşmasına bağlıdır. Bu ise seçilen Termal Reaktör tipine bağlı olarak zamanlama problemi doğurur. Çünkü bugün yaygın olarak işletilen veya inşaatı planlanan Reaktör tipleri arasında en büyük payı alan Kaynar Sulu ve Basıncılı Su Reaktörleri diğer Termal Reaktör tipleri arasında en az Plutonyum üreten tiplerdir. Bu tiplerden 1000 MW (e) gücündeki bir reaktörün yıllık Plutonyum üretimi 190 Kg/yıl civarındadır. Bunun yanında aynı güçteki CANDU Ağır Su, Magnox ve Yüksek Sıcaklıklı Reaktörlerinde ise bu oran yaklaşık (400 ± 450) Kg/yıl dir [1].

Yukarıda belirtildiği üzere tüm problemler çözümlense bile Hızlı Üretken Reaktörlerin 21. yüzyılın ilk yarısında enerji üretiminde pay alması bu yüzyıla kadar halen mevcut veya inşa edilecek Termal Reaktörlerde Üretilebilecek Plutonyum miktarına bağlıdır. Bu ise mevcut Uranyum rezervlerinin çok daha efektif kullanılmasını zorunlu kılar. Zira 2000 yılına kadar Nükleer Kaynaklara dayalı Kurulu gücün 0.5 Milyon MW (e) ile 1.2 Milyon MW (e) arasında değişeceği tahmin edilmektedir [7]. Yine aynı dönemde Teknolojik üstünlük ve ekonomik nedenlerle Kaynar Su ve Basıncılı Su Tipindeki Reaktörlerin tercih edileceği şimdiden bellidir. Bu kurulu güç için gereksinim duyulacak Uranyum miktarının karşılanması durumunda zengin Uranyum Rezervleri, 0.5 Milyon (MW (e))kurulu gücün gerçekleşmesi halinde 2010 yıllarında 1.2 Milyon MW kurulu gücün gerçekleşmesi halinde ise 1995 lerde tükenecektir [7].

Basınçlı Su veya Kaynar Sulu tipteki Reaktörlerinin tercih edilmesi eğiliminin devam etmesi durumunda bugün için bilinen zengin Uranyum yataklarının bitiminden önce üretilebilecek Plutonyum miktarı (600÷800) ton civarında olacaktır. Bu miktardaki Plutonyum ise ancak (200-000 ÷ 260.000) MW (e), kurulu gücündeki Hızlı Reaktör Programının yakıt gereksinimini karşılayabilir. Bu ise ikibinli yıllardaki enerji gereksinimiyle karşılaştırıldığında oldukça düşüktür.

Eğer bugünkü eğilimin aksine Basınçlı Su ve Kaynar Su'lu Reaktörler yerine CANDU Ağır Su, Magnox veya Yüksek Sıcaklıklı Reaktörlerin tercih edilmesi durumunda mevcut Uranyum Rezervlerinden (2700 ÷ 3000) ton Plutonyum üretilebilecektir. Bu miktardaki Plutonyum ise kurulu gücü (800.000 ÷ 900.000) MW (e) olan Hızlı Üretken Reaktör Programının gerçekleştirilmesini sağlayabilecektir.

7- SONUÇLAR

1 - 21. yüzyılın ilk yarısında Dünya Enerji ihtiyacının karşılanması mevcut Nükleer yakıt kaynaklarını Termal Reaktörlere göre çok daha efektif kullanan bir sisteme sahip olan Hızlı Üretken Reaktörlerin inşasıyla mümkündür.

2 - Birçok sanayileşmiş ülkenin kısa zamanda Nükleer Güç kapasitesinin hızlı ve ucuz bir şekilde geliştirilmesi politikalarının uzun dönemde Uranyum Rezervlerinin korunarak önemli büyüklükte Hızlı Üretken Reaktörlerin devreye girmesine olanak vermemektedir. Mevcut Uranyum Rezervleri 2000 yılından sonra inşaa edilecek Termal Reaktörler ekonomik ömürlerini doldurmadan tükenecektir. Bu açıdan günümüzde Termal Reaktör tipinin seçiminde Plutonyum Üretimi fazla olan Reaktörlere öncelik verilmelidir. Ancak bu şekilde önemli güçte Hızlı Üretken Reaktör Programı gerçekleştirilebilir.

3 - Hızlı Üretken Reaktörlerin inşasının diğer bir gerekliliğinde Dünya üzerinde bilinen Uranyum rezervlerinin iki katı kadar olan Toryum rezervlerinin değerlendirilmesi bu reaktörlerin geliştirilmesine bağlıdır.

KAYNAKLAR

- 1- Hunt, S.E., "Fission, Fusion and the Energy Crisis", Pergamon Press, 2nd Edition, 1980
- 2- Prexton, A.F., "A fuels Policy for the UK into 21st. Century" South of Scotland Electricity Board, UK, 1980
- 3- Keyfitz, N., "World Resources and the World Middle Class", Energy and Environment, Scientific American, 9 - 16, 1980.
- 4- Bethe, H.A., "The Necessity of Fission Power", Scientific American, Vol 234, 21 - 31, 1976
- 5- Frost, B.R.T., "Nuclear Fuel Elements", Pergamon Press, 1982
- 6- Judd, A.M. "Fast Breeder Reactors", Pergamon Press, 1981
- 7- The Uranium Institute, "Uranium Supply and Demand, Perspectives to 1995", London, UK, 1983.