

7. teknik kongre 'elektrik enerjisi'

ELEKTRİK ÜRETİMİNDE NÜKLEER SANTRALLAR

ahmet kütükçüoğlu

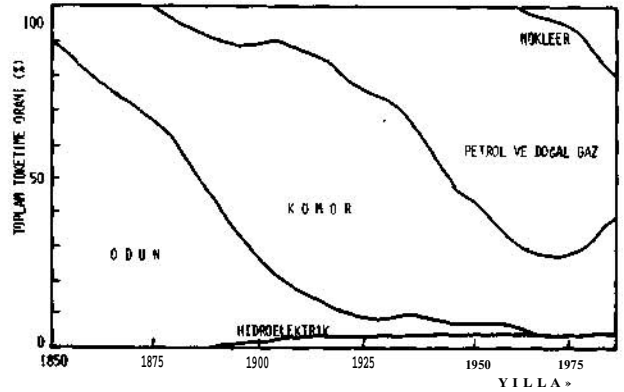
1. GİRİŞ

Petrol krizinden sonra enerji sorunu dünya çapında büyük bir önem kazanmıştır. Enerji kaynakları yüzyıllarca, daha ne kadar zaman hızla artan tüketimi karşılayabileceği ve eksikliği halinde ne gibi sorunlarla karşılaşılacağı dikkate alınmadan cömertçe harcanmıştır. Petrol ambargosundan sonra, özellikle enerji gereksinmelerini büyük ölçüde ithal edilen ucuz petrolle karşılayan gelişmiş ülkelerde, yeteri kadar petrol sağlanamaması durumunda ne gibi büyük sorunlarla karşılaşılacağı görülmüş, ayrıca büyük fiyat artışlarının zengin ülkelerde bile genel ekonomiyi ne ölçüde olumsuz etkileyebileceği iyice anlaşılmıştır. Bu nedenle, ileriki yıllarda enerji gereksinmelerinin nasıl karşılanacağı en ön planda tartışılan konulardan biri durumuna gelmiş; hemen her ülke bir tek kaynağa ve dışa bağıllılığın azaltılması, enerji kaynaklarının daha rasyonel kullanılması yolunda çeşitli yeni atılımlara girişmiştir.

2. ENERJİ KAYNAKLARI

18. ve 19. yüzyıllarda başlayan ve hızla gelişen endüstrileşme sonucunda; enerji tüketimi büyük ölçüde artmaya başlamıştır. 19. yüzyılın ortalarına kadar ısınma ve diğer amaçlarla hemen yalnızca odun kullanılıyordu. Ayrıca değirmenlerde ve bazı özel tesislerde çok sınırlı olarak su ve rüzgâr gücünden yararlanılıyordu. 19. yüzyılın ikinci yarısı ve 20. yüzyılın başlarında kömür en önde gelen enerji kaynağı olmuş ve zengin kömür kaynakları bulunan ABD, İngiltere, Almanya, Fransa gibi ülkelerde endüstri hızla gelişmiştir. ABD'de enerji kaynaklarındaki gelişmeleri gösteren Çizelge 1'de de görüldüğü gibi (1), özellikle 20. yüzyılın ortalarına doğru, petrol ve doğal gaz tüketimi büyük bir hızla artmış, toplam tüketimin % 60-70'ine ulaşmıştır. Buna karşılık, petrol krizi ve büyük fiyat artışları, hemen her gelişmiş ülkede olduğu gibi ABD'de de petrol ve doğal gaz tüketiminin azaltılmasına ve onun yerine nükleer enerji ve kömürden yararlanılmasına yol açmıştır. Çizelge 2'de yeryüzünde bulunan fosil ve nükleer enerji kaynakları karşılaştırılmaktadır (1). Görüldüğü gibi, yeryüzündeki petrol kaynakları ol-

Ahmet Kütükçüoğlu, Dr., TEK



Çizelge 1. ABD'de enerji kaynaklarının tüketimindeki değişimler.

dukça sınırlıdır. Halen bir yılda petrolden üretilen enerjinin yaklaşık 10" joule olduğu dikkate alınır; petrol kaynaklarının bu hızla tüketildiğinde en çok birkaç yüzyıl içinde tükeneceği sonucuna varılır. Bu nedenle, kimya endüstrisinin en önemli hammaddelerinden biri olan petrolün mümkün olduğu kadar enerji tüketiminde kullanılmaması zorunlu olmaktadır.

Yeryüzündeki kömür kaynakları petrole kıyasla 6-7 kat daha büyüktür. Çıkarılması ve taşınmasındaki güçlükler nedeniyle son yıllarda azalan kömür tüketimi, büyük bir olasılıkla, ileriki yıllarda sıvılaştırma, gazlaştırma ve hidrojen elde edilmesi gibi yeni üretim yöntemleriyle tekrar artacaktır.

Bilindiği gibi, halen kurulmakta olan termik nükleer santraller uranyumun ancak küçük bir bölümünü enerji üretiminde kullanabilmektedir. Ancak çeşitli ülkelerde ilk prototipleri işletmeye açılan ve 1980 yıllarından sonra büyük ticari birimler halinde kurulacağı tahmin edilen "hızlı üretken" reaktörler aynı miktardaki uranyumdan çok daha fazla (yaklaşık 70 katı) enerji üretmesini sağlayacaktır. Böylelikle, yakıt hammaddesinin enerji üretimi maliyetine katkısı daha da küçüleceğinden, çok daha pahalı uranyum kaynaklarının değerlendirileceği ve üretilebilecek enerjinin toplam $44 \cdot 10^{25}$ joule'ü bulacağı tahmin edilmektedir.

Petrol krizi, bitümlü şistler, termonükleer, jec termal ve güneş enerjisi gibi yeni kaynakların biran önce ticari ölçüde kullanılmalarını sağlamak amacıyla yapılan araştırmaları hızlandırmıştır. Geliştirilen yeni üretim yöntemleriyle bitümlü şistlerin yakın bir gelecekte enerji üretiminde önemli bir yer alacağı tahmin edilmektedir. Hidrojen, deuteriyum gibi küçük atomların birleştirilmesiyle elde edilen termonükleer enerji ile ilgili olarak 25-30 yıldan beri süregelen araş-

Çizelge 2. Yeryüzünde bulunan fosil ve nükleer enerji kaynakları.

	10" joule
Petrol	25
Bitümlü Şistler	22
Kömür	180
Uranyum (termik reaktörler)	75
Hızlı üretken Reaktörler	440 000

tirmaların 1980 yıllarında ilk olumlu sonuçlarını vereceği ve 2000 yıllarından sonra da ticari birimlerin kurulabileceği tahmin edilmektedir. Ham madde yönünden kaynakları sınırsız olan termonükleer enerji, insanlığın daha binlerce yıl enerji tüketimini karşılamaya yeterli olacaktır.

Jeotermal enerjinin gelecekte ısıtma ve tarımda herhalde önemli bir payı olacaktır. Bununla birlikte, düşük termodinamik verim ve teknolojik güçlükler nedeniyle elektrik üretiminde de büyük ölçüde kullanılacağına olasılık verilmemektedir.

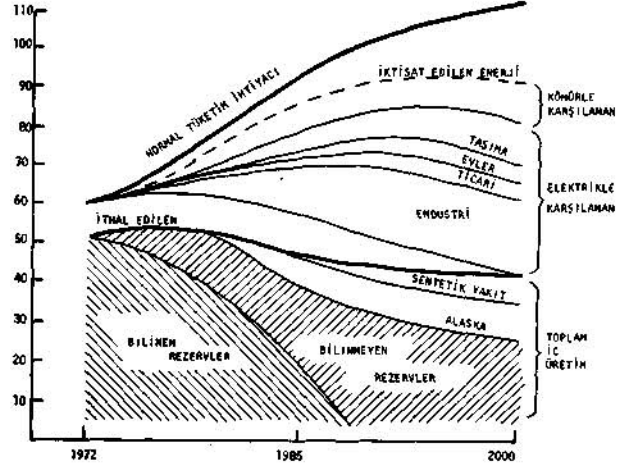
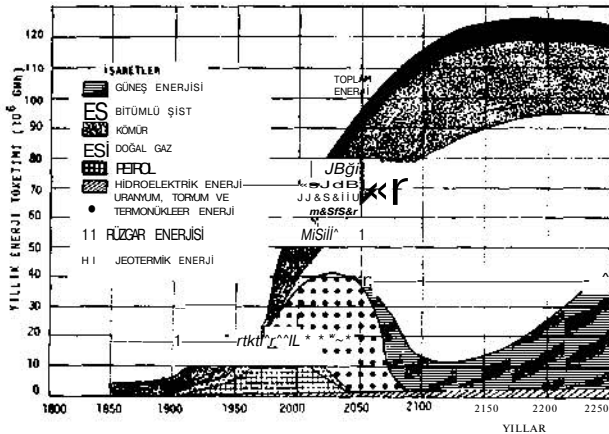
Güneş enerjisinin de ısıtma ve tarımda hızla artan bir oranda kullanılacağı kesindir. Ne var ki, geliştirmeler henüz başlangıç aşamasında olduğundan ancak 21. yüzyılın ikinci yarısından sonra güneş enerjisinden büyük ölçüde yararlanılabileceği tahmin edilmektedir. Çizelge 3'te uzun süreli enerji tüketim tahminleri gösterilmiştir (2). Özetle denilebilir ki, yakın gelecekte nükleer enerji, özellikle elektrik üretiminde, kömür ve bitümlü şistlerin yanısıra petrolden boşalan yeri dolduracak ve ileriki yüzyılların en önemli enerji kaynağı durumuna gelecektir.

3. TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİNDE ELEKTRİK ENERJİSİNİN YERİ ve NÜKLEER SANTRALLAR

Elektrik enerjisinin toplam enerji tüketimi içindeki payı hızla artmaktadır, iletimindeki kolaylık, endüstri ve gündelik yaşamda çeşitli kullanım alanları bulunması ve çevreyi kirletmemesi gibi özellikleri nedeniyle, elektrik enerjisi çoğu yerde birincil kaynakların yerini almaktadır. Gelişmiş ülkelerde elektrik enerjisi tüketimi, toplam tüketimin % 25'ine yaklaşmıştır.

Çizelge 4'de ABD'de 2000 yıllarına kadar çeşitli tüketici gruplarının petrol ve doğal gaz gereksinmesi ve bunların hangi kaynaklardan karşılanabileceği gösterilmiştir (1). Ülke içindeki bilinen ve bulunması beklenen kaynaklar hızla artan tüketimi karşılamaya yetmeyecektir. Kaynakların daha rasyonel kullanılmasıyla 2000 yıllarında toplam tüketimin ancak % 20 kadar düşürülebileceği tahmin edilmektedir. Yine de, toplam tüketimin yarısından fazlasını diğer ülkelerden ithal

Çizelge 3.



Çizelge 4. ABD'de petrol ve doğal gaz tüketim tahminleri ve karşılanacağı kaynaklar.

etmek gerekecektir. Dışa bağılılığı ve büyük döviz harcamalarını önleyebilmek için çeşitli kullanım alanlarında petrol yerine kömür ve elektrik enerjisinden yararlanılması önerilmektedir. Örneğin; bina ısıtmasında elektrik ve ısı pompaları kullanılması, büyük kapasiteli akümülatörler geliştirilerek elektrikli otomobillere gidilmesi, endüstride elektriğin payının artırılması, nükleer santrallarda hidrojen elde ederek yakıt olarak kullanılması gibi önlemlerle petrol tüketiminin yarıya indirilebileceği ileri sürülmektedir. Buna karşılık, elektrik üretiminin % 50-60 oranında artırılması gerekecek ve bu da hemen yalnızca nükleer enerjiye dayanacaktır.

Denilebilir ki, bütün gelişmiş ülkelerde ABD'de- kine benzer planlar yapılmaktadır. Bu nedenledir ki, petrol krizinden sonra ülkelerin çoğu elektrik üretim programlarını yeniden gözden geçire- rek nükleer enerjiye daha büyük bir ağırlık ver- miştir. Çizelge 5'te petrol krizinden önce ve sonraki nükleer güç tahminleri verilmektedir (3). Buna göre 2000 yıllarında kurulu nükleer güç, ön- ceki tahminlere kıyasla, % 50 bir artışla toplam elektrik enerjisi üretim kapasitesinin yaklaşık % 80'ine erişecektir.

Çizelge 6 sosyalist ülkelerde kurulması tasarlan- mış olan nükleer güçleri göstermektedir (A). Gö- rüldüğü gibi geleneksel enerji kaynakları yönün- den dünyanın en zengin ülkelerinden biri olan SSCB'de de kurulu nükleer gücün 1980 yılına ka- dar % 400 bir artışla 30 000 MWA çıkarılması öngörülmektedir.

Yukarıdaki açıklamaların ışığında denilebilir ki, önümüzdeki yıllarda nükleer santrallar elektrik üretiminde hızla artan bir pay alacaktır. Diğer kaynakları büyük ölçüde tükenmiş olan gelişmiş ülkelerde yeni kurulacak santrallar çoğunlukla nükleer enerjiye dayanacaktır.

4. TÜRKİYE'DE KURULACAK NÜKLEER SANTRALLAR

Diğer gelişen ülkelerde olduğu gibi, Türkiye'de de kişi başına düşen elektrik tüketimi ve buna

bağlı olarak enterkonnekte sistemin kurulu gücü oldukça düşüktür. Su ve linyit kaynaklarının ancak küçük bir bölümünden elektrik enerjisi üretiminde yararlanılmaktadır. Bununla birlikte, endüstrileşme, köylerin elektrikleştirilmesi ve yaşama koşullarının gelişmesi elektrik üretiminin hızla artırılmasını zorunlu kılmaktadır. 10-15 yıldanberi kurulu güç her yıl % 10-12 oranında artmakta olup daha uzunca bir süre bu oranda artması gerekmektedir. Türkiye'nin gelecekteki elektrik enerjisi tüketim tahminleri Çizelge 7'de verilmiştir.

Yakın gelecekte Türkiye'de elektrik enerjisi üretimi büyük ölçüde su ve linyit kaynaklarına dayanacaktır. Türkiye'de kullanılabilir toplam su potansiyeli yaklaşık 70-74 milyar kWh, linyit potansiyeli de 50 milyar kWh tahmin edilmektedir. Çizelge 7 ile karşılaştırıldığında toplam linyit ve su kapasitesinin en çok 1995 yıllarına kadar tüketimi karşılayabileceği sonucuna varılır.

Uygulamada, aşağıda açıklanan nedenlerle çok daha erken, linyit ve su kaynaklarının yanısıra, diğer enerji kaynaklarından da yararlanılması gerekecektir.

Su santrallerinin etüd ve projeleri çok uzun zaman almaktadır. Arazi yapısının çoğu yerde karşılık oluşu, büyük güçlükler yol açmaktadır. Bu bakımdan kurulabilecek hidroelektrik kapasite, her şeyden önce, etüd ve projelerin sonlandırılmış olmasına bağlıdır.

Türkiye'nin yağış rejimi yıldan yıla büyük farklılıklar göstermektedir. Yaz mevsiminde yağış çok azalmakta, bu nedenle su santrallerinin çoğu "tepe" yükün karşılanmasında kullanılmaktadır. Tüketimin yağış koşullarına bağlılığını belirli sınırlar içinde tutmak ve baz-tepe yük dengesini

	Petrol krizinden önce ¹	Petrol krizinden sonra
1975	94	103,5
1980	302	316
1985	693	888
1990	1390	1900
1995	2355	3365
2000	3580	5330

Çizelge 5. Dünyada (Çin hariç) toplam nükleer güç tahminleri.

çizelge 6. SSCB ve diğer sosyalist ülkelerde kurulu yada kurulması planlanan nükleer güç.

ÜLKE	1975	1980/1	1985	1990
SSCB	7200	30000	?	?
Polonya	--	400	2000	7000
Romanya	--	400	1600	5200
Çekoslovakya	150	550	2600	7950
Bulgaristan	880	1280	3080	6500
Macaristan	--	880	1600	4200
D.Alman Cum.	950	?	i	?
Yugoslavya	--	400	3200	1000

1987	1992	1995	2000*
59.5	95	125	(180)
* özel kaynaklara dayanan tahmin			

Çizelge 7. Türkiye'de elektrik enerjisi tüketim tahminleri (10⁹ kWh)

sağlayabilmek için su gücünün, toplam kurulu gücün % 35-40'ını geçmemesi gerekmektedir.

Büyük su (Fırat, Dicle havzası) ve linyit (Elbistan-Afşin) kaynaklarının çoğu Güneydoğu Anadolu'da bulunmaktadır. Buna karşılık, tüketim büyük ölçüde Kuzeybatı ve Batı Anadolu'da yoğunlaşmıştır. 1000 km'yi bulan yüksek gerilimli hatlarla enerjinin doğudan batıya taşınması, büyük yatırımlara ve yük kayıplarına yol açmakta, enterkonnekte sistem kararlılığının bozulmasına, frekans ve gerilim düşüklüklerine neden olmakta ve işletmeyi büyük ölçüde güçleştirmektedir. Bu nedenlerle, tüketimin yoğunlaştığı Kuzeybatı ve Batı Anadolu'da baz yükü karşılayacak ısı (fosil ve nükleer) santrallerinin kurulması zorunludur.

Linyit üretiminin belirli bir oranın üstünde artırılması, teknolojik zorluklar ve kaynakların bir bölümünün özel kesimin elinde bulunması nedeniyle olanaksızdır.

Petrol üretiminde ve fiyatlarında beklenmedik büyük değişiklikler olmadıkça, bundan böyle, petrolün yalnızca ulaştırma, ısıtma ve kimya endüstrisinde kullanılacağına ve santrallerde yakılmayacağına kesin gözüyle bakılmaktadır. Türkiye'nin sınırlı maden kömürü kaynakları ancak bir süre daha endüstriye ve demir-çelik üretimine yeterli olabilecektir. Bu nedenlerle, 1995 yıllarından çok daha önce su ve linyit kaynaklarıyla doldurulamayan üretim açıklarını nükleer santrallerle kapatmak gerekecektir. 1995 yıllarından sonra elektrik enerjisi gereksinmesi hemen yalnızca nükleer santrallerle karşılanacaktır.

Üzerinde durulması gereken önemli bir konuda; çok duyarlı bir teknoloji, yapım (imalat) ve işletme gerektiren nükleer santrallerle ilgili bilgi birikiminin bir an evvel kazanılması zorunluluğudur. İleriki yıllarda hızla artacak yatırımların aksamadan gerçekleştirilebilmesi ancak zaman geçirmeden Türk mühendislik ve yapım katkısının artırılmasıyla olanaklıdır.

Nükleer santrallerin planlanmasından işletmeye açılmasına kadar yaklaşık 10 yıl gerektiği dikkate alınır, ilerde kapatılması olanaksız olan üretim açıklarıyla karşılanmasını önlemek için çok erken ve uzun süreli planlama yapılması gerektiği açığa çıkar. Bu nedenle, Kurumca 1995 yılına kadar 20 yıllık bir süreyi kapsayan üretim planlaması yapılmakta ve nükleer santrallerin hangi yıllarda, hangi kapasitede ve hangi bölgede kurulması gerektiğinin ayrıntılarıyla saptanması öngörülmektedir. Çalışmalar henüz sonlanmadığından bu hususta kesin bir sonuç vermek uygun olmayacaktır. İlk olarak, 600 MW gücündeki bir nükleer santralin 1984 yılında işletmeye açılması kesin karara bağlanmıştır. Bunu 2-3 yıl arayla, 600 MW ve daha yüksek güçlü nükleer santraller izleyecektir.

5. 600 MW. GÜCÜNDEKİ İLK NÜKLEER SANTRAL

Türkiye'de kurulacak nükleer santralla ilgili ilk çalışmalar 1967-1969 yıllarında yapılmıştır (6,7). 1969 yılında Motor-Columbus firması yönetiminde oluşan bir konsorsiyum tarafından yapılan fizibilite etüdüne göre, 1977 yılında 300 MW gücünde doğal uranyum yakıtlı bir nükleer santralin kurulması uygun görülmüştü. Bununla beraber, kuruluş yerinin karara bağlanamaması, 1970 yılında yapılan devalüasyon ve elektrik kesimindeki yeni düzenleme gibi nedenlerle, 1971 yılına kadar uygulamaya geçilememiştir.

1971 yılı sonunda kurulan TEK Nükleer Enerji Dairesi ilk olarak önceden yapılmış olan çalışmaları gözden geçirmiştir. Nükleer santralların proje çalışmaları ve ihalesi 2-3 yıl, kuruluşu da 6-7 yıl aldığından, artık 1977 yılında bir nükleer santralin işletmeye açılmasının mümkün olamayacağı ve değişen koşullara göre fizibilite etüdülerinin yeniden yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. 1972-1973 yılları içinde TEK elemanlarınca fizibilite etüdüleri yeniden yapılmış ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır (8).

o Linyit santrallarıyla karşılaştırılabilir bir ekonomiye erişmesi ve seri olarak kurulan en düşük birim büyüklüğü olması yönünden, santralin gücü 600 MW. olmalıdır. Santralin işletmeye açılması öngörülen 1983-1984 yıllarında daha büyük birimlere gidilmesi, santralin devre dışı olması durumunda o yıllarda toplam kapasitesi 7800 MW. dolaylarında olacak enterkonekte sistemde kararsızlıklara yol açacağından sakıncalıdır.

o Yaklaşık 30 rrvsn. olan soğutma suyunun sağlanması, özellikle 300-400 tonu bulan ağırlıktaki parçaların taşınabilmesi için santral deniz kıyısında kurulmalıdır.

o Büyük üretim kaynaklarının Güneydoğu Anadolu'da bulunması ve tüketimin Kuzeybatı Anadolu'da yoğunlaşması nedeniyle, enterkonekte sistemdeki dengesizliği giderebilmek için, nükleer santral Kuzeybatı Anadolu'da kurulmalıdır.

o Doğal uranyum yakıtlı santrallar artık yalnızca Kanada tarafından kurulduğundan, ağır su ve teknoloji yönünden bir tek ülkeye bağlı olmak, kredi bulmakta daha geniş olanaklar sağlamak ve çeşitli kurucular arasındaki rekabetten ülkemiz yararına en büyük kazancı sağlayabilmek için, ihale gelişmiş her reaktör tipine açık olmalıdır. Alınacak bağlayıcı tekliflerin sonuçlarına göre kesin karar verilmelidir.

Bu sonuçların ışığında 1974 ve 1975 yılı içinde kuruluş yerinin kesin karara bağlanabilmesi için büyük çabalar harcanmıştır. Kuzeybatı Anadolu'nun bazı bölgeleri askeri nedenlerle sakıncalı bulunmuş, Marmara Denizi'nin güney kıyılarında yapılan ayrıntılı araştırmalar bu bölgede depremin büyük bir sorun teşkil ettiği, kesin bir karara varabilmek için daha birkaç yıl sürecek araştırmaların gerekli olduğu sonucunu vermiştir. Bunun üzerine, deprem yönünden daha elverişli olan Orta Karadeniz ve Akdeniz kıyılarında yeni kuruluş yerlerinin araştırılması zorunlu bulunmuş, çalışmalar bir süre önce tamamlanarak kesin karar verilmesi için ilgili kuruluşlara başvurulmuştur. Yakında kesin sonucun alınacağı umulmaktadır.

Birkaç ay önce proje, ihale, kuruluş ve işletmeye alma aşamalarında işbirliği yapılacak müşavir-mühendislik kuruluşu ile anlaşma yapılarak proje ve ihale hazırlıklarına başlanmıştır. Yapılacak çalışmalara elemanlarımızın % 50 oranında katılacakları öngörülmekte, bir an önce mühendislik tecrübesi kazanılmasına büyük önem verilmektedir. Bu amaçla 20 ye yakın teknik eleman birer yıl yurtdışında işbaşında eğitilmiştir. Halen 40 kişiyi aşan bir teknik kadroyla çalışmalar yürütülmektedir. 1976 yılı içinde proje ve şartnameler hazırlanarak ihaleye çıkılacaktır. Santralin zamanında işletmeye açılabilmesi için altyapı ve yardımcı tesislerin tamamlanarak engeç 1978 yılı başlarında ana santral bloklarının inşaatına başlanması gereklidir.

6. SONUÇ

Petrol krizinden sonra gelişmiş ülkelerde enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması yönünde yeni atılımlara girişilmiştir. Elektrik üretiminde petrolün yerini büyük ölçüde nükleer enerjinin alacağına kesin gözüyle bakılmaktadır. Türkiye'de de 1984-1985 yıllarından başlayarak su ve linyit santrallarıyla giderilemeyen üretim açığı nükleer santrallarla kapatılacaktır. 1995 yıllarından sonra elektrik enerjisi üretimi hemen yalnızca nükleer enerjiye dayanacaktır.

1984 yılında işletmeye açılması öngörülen 600 MW. gücündeki ilk nükleer santralin proje, kuruluş ve işletmeye alınmasında işbirliği yapılacak müşavir-mühendislik grubu seçilmiş ve çalışmalara başlanmıştır. Kuruluş yeriyle ilgili araştırmalar sonlanmıştır. Yakında kesin karara varılması beklenmektedir. 1976 yılı içinde proje ve şartnameler hazırlanarak ihaleye çıkılacaktır.

KAYNAKLAR

- (1) *Simpson, J.H., and P.N.Ross, "World Energy and the Nuclear Electric Economy Westinghouse Electric Corporation".*
- (2) *Utanır, M.Ö., "Geleceğin Büyük Güç Kaynağı, Güneş Enerjisi", Enerji Dünyası 1975, Dünya Enerji Konferansı Türk Milli Komitesi.*
- (3) *Lane, J.A., R.Kryrm, N.Raisic and J.T.Roberts, (IAEA) The Role of Nuclear Power in the Future Energy Supply of the World, 9. Dünya Enerji Konferansı, Detroit (USA), 1974.*
- (4) *Tunaboylu, K., Nükleer Enerji ve Elektrik Üretimine Katkısı, Türkiye Elektrik Kurumu, NED-24, Kasım 1975.*
- (5) *Üçüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı.*
- (6) *Aybers, N., "Kuruluşu Düşünülen İlk Nükleer Enerji Santralının Fizibilite Etüdü" EIE Genel Direktörlüğü, Ekim 1967*
- (7) *Nuclear Power Project Turkey Motor Columbus Consulting Engineers Inc. Baden-Switzerland Revised Edition, November 1970.*
- (8) *Nuclear Power Project Revised Feasibility Report, Türkiye Elektrik Kurumu, MED-I-6/A, B.C.D, December 1973.*