

Atom Santrallarının Enerji İstihsal Maliyeti ve Bunun Enerji Politikamız Bakımından Değeri

Necati TÜRKEBİ

Y. Müh - Sanayi V.

Son on seneye ait rakamlar gözden geçirilirse, memleketimizdeki enerji istihlâkinin sür*atle arttığı müşahede edilir. Bu artışın önümüzdeki senelerde aynı hızla devam edeceğini kabul eder ve meselâ 1980 senesinde durumun ne olacağını araştırırsak; istihlâk olarak takriben 22×10^9 kWh ve puvant takat olarak da 5200 MW buluruz. Bu netice bize halen mevcut veya inşa halinde olan tesislerimizle, 1965 senesine kadar yapılması derpiş edilmiş bulunan santrallara ilâveten 1980 senesine kadar daha en aşağı 3500 MW gibi büyük bir kurulu gücün ilâvesinin icap ettiğini göstermektedir. Bir fikir edinmek bakımından; memleketimizde şimdiye kadar yapılmış olan büyük tesislerin ilk tesis masraflarını esas alarak böyle bir ilâvenin malî portresini takribi olarak hesaplırsak 3,2 - 3,8 milyar T.L. gibi bir netice çıkar. Santralların yük merkezlerinden çok uzaklarda bulunması halinde enerji nakil hatları ve transformatör postaları ile ilgili masraflarda büyük bir yekûn tutacaktır. Takriben % 401 döviz olan böyle bir yatırımın 20 senede gerçekleştiğini kabul edersek 1960 senesinden sonra memleketimizin enerji ihtiyacını karşılayabilmek için her sene 160 - 190 milyon T.L. sı sarfetmek lâzımcı olacaktır. Bu rakamlar bize enerji dâvamızın henüz ilk safhalannda bulunduğumuzu göstermektedir. Bilhassa uzun vadeli bir plânlama bakımından mesele büyük bir ciddiyet arz etmektedir. Çünkü bugün bildiğimiz hidrolik imkânlar yük merkezlerinden çok uzak noktalardadır. Dolayısıyla burada üretilecek enerjinin muhtelif yük merkezlerine nakli mevzuu vardır. Diğer taraftan kömür membalanımız mahduttur ve esasen düşük kaliteli kömürlerin enerji istihsalinde kullanılması ve böylece değerlendirilmesi cihetine gidileceği tabiidir. Şimdiki halde büyük bir imkân olarak sadece Seyitomer Santrali bahiskonusudur ve cazip bir proje olarak ele alınmış bulunmaktadır. Ancak meselenin bu yönden halli tamamen mümkün olmadığından diğer enerji kaynaklarına ihtiyacımız vardır. Tabii gaz, akaryakıt, med - cezir v.s. den istifade cihetine gidilmesi de bugünkü bilgilerimize göre mümkün değildir. O halde böyle bir plânlamada başlıca iki mühim unsur rol oynayacaktır. Hidrolik

imkânlar ve atom santralları. Şimdiye kadar takip edilen enerji politikamızda; genel olarak muhtelif haklı sebepler dolayısıyla hidrolik santrallara müstesna bir yer verilmiştir. Acaba bu alışkanlık bundan sonraki tesislerimizde de yer alacak mıdır? Büyük çaptaki enerji naklinin ortaya çıkması hidrolik imkânların müstesna mevkiini biraz olsun gölgelemekte ve dolayısıyla çok dikkatle yapılması lâzımgelen bazı hesap ve mukayeselere yol açmaktadır. Diğer taraftan çok yeni bir mevzu olan atom santralları ise henüz tekâmül safhasında olduğundan ilk tesis masrafları çok yüksektir ve ayrıca dövizle temini gereken bir yakıt sarfiyatını icabettirmektedir. Mamafih bu yöndeki çalışmalar sonunda, kısa zamanda o kadar büyük gelişmeler kaydedilmiştir ki, bu iki büyük mahzuruna rağmen atçın santralları çok kuvvetli bir namzet olarak karşımızda durmaktadır. Bilhassa İstanbul için ayrı bir önem taşımaktadır. Bu bakımdan atom santrallarının enerji istihsalı maliyetinde erişmiş olduğu en son rakamlara bir göz atmak yerinde olacaktır. Aşağıdaki rakam ve neticeler son zamanlarda bu mevzu üzerinde büyük hassasiyetle duran İngiltere'den alınmıştır. Mamafih umumî neticeler bakımından İngiltere ve Amerika tekniğinde çok fark yoktur.

A) İlk Tesis Masrafları ve İlgili

Malî Külfetler:

Santralin büyüklüğüne göre ilk tesis masrafları £110-145/kW arasındadır (£1 = 784 kr.). Bu maliyete servis yolları, şantiye ve kontrollük masrafları gibi müteferrik masraflar dahil olup ilk doldurma masrafları dahil değildir. Bu miktardan takriben yansı reaktör, ısı mübeddili ve müteferrik teçhizata, % 30 u reaktör biolojik kabuğu, bina ve sair inşaat masraflarına, geriye kalan % 20 si de mekanik ve elektrik teçhizatına aittir. Santralin bidad-yetteki yakıt doldurma masrafı £30/kW olup bu yakıt takriben beş sene için kâfidir. Bu duruma göre ilk doldurma hariç atom santrallarının ilk tesis masrafı modern bir termik santralının üç mislidir. Her iki tip santralin tesis müddetleri takriben aynıdır ve ilk

doldurma nazarı itibare alınırsa masraflar bakımından nisbet 3,5 olur.

İngiltere'de termik santrallarda amortisman müddeti olarak makina ve tejhizatta 25 sene, binalar için 40 sene alınmakta ve makinaların yenisi ile tebdilinde yine aynı bina-
dan faydalanılmaktadır. Fakat atom santral-
larında durum farklıdır. Çünkü muayyen bazı
şartlar ilk- reaktörlerdeki buhar sıcaklığını ve
tazyiki tahdit etmekte ve dolayısıyla kullanı-
lan buhar türbinleri bugünkü standarda gö-
re biraz geri sayılabilecek bir konstrüksiyon
arzemektedir. Pek tabii olarak reaktör tekni-
ği ilerledikçe daha yüksek tazyik ve sıcaklık
derecelerine geçmek mümkün olacaktır. Ayırı-
ca gelecekteki reaktörlerin ilk tesis masrafla-
rının ehemmiyetli surette azalacağı tabiidir.
Ancak reaktörün- faydalı ömrü sonunda aynı
türbinin kullanılabilmesi için reaktörün ye-
nilenmesi icap etmektedir. Diğer taraftan re-
aktör tekniğindeki gelişme neticesi ekonomik
mülâhazalar bakımından daha yüksek randı-
manlı buhar türbininin kullanılması bahis ko-
nusu olabilir. Bu bakımdan santralin amortis-
man müddeti olarak reaktörün ömrünün na-
zarı itibare alınması hakikate daha yakın ol-
acaktır. Bugünkü bilgi ve tecrübelerimize göre
reaktörün ömrünü doğru bir şekilde tahmin
etmek kolay değildir. 1942 senesinde gerçek-
leştirilen ilk zencir reaksiyonundan sonra
Hanford'da tesis edilen reaktörler faaliyete
geceli henüz 14 sene olmuştur ki; bu müddet
reaktör için tahmin edilen normal ömrün al-
tındadır. Bugün kullanılan gaz soğutmalı re-
aktörlerde konstrüksiyon umumiyetle normal
teknığe dayanmakta ve yeni buluşlara nisbe-
ten az yer verilmiş bulunmaktadır. Reaktör
ömrü başlıca aşağıdaki faktörlere tâbidir:

- a) Grafit gövdenin aşınması,
- b) Tazyik kabuğunun deforme olması ve aşınması,
- c) Betondan yapılmış olan biolojik koru-
ma, kılıfının aşınması.

Bunlardan birincisi termik tesirlerden ve radyasyondan husule gelmekte ve iyice kontrol edilemeyen Wigner reaksiyonu ve CO, tesirlerinin bir neticesi olarak; hızı sıcaklık ve radyasyon kesafetine bağlı olmak üzere teşekkül eden $C + CO \rightarrow 2 CO$ reaksiyonu-
nun etkisiyle grafit miktarı gittikçe azalmak-
tadır. Dolayısıyla yakıt doldurma ve boşaltma
mekanizmalarında bir tutukluk ve zorluk baş-
göstermektedir. Aynı arızaya (b) de yazılı hu-
sus ta sebep olmaktadır. Diğer taraftan za-
manla koruyucu kabuğun kalınlığı azalarak
tehlikeli bir duruma girecektir. Bugünkü
konstrüksiyon şartlarına göre reaktörlerin

ömrü 20 sene olarak alınmaktadır. Son geli-
meler sonunda bir tek reaktörden 400 - 500
MW istihsal etmek mümkün olmuştur.

B) İşletme Masrafları:

Bugün erişilmiş olan merhalede işletme masrafları takriben modern termik santralla-
rın aynıdır. Yakıt masraflarını tam olarak
tespit etmek biraz güç olmakla beraber aşağı-
daki faktörlere tâbi olduğunu söyleyebiliriz :

- a) Zaman zaman yeniden konulması ica-
beden yakıtı ait masraflar,
- b) Tatbik edilen yanma çevrimi ve rejimi,
- c) Elde edilen radyoaktif külün değeri.

Zaman zaman reaktöre konulması icap
eden yakıt tabii uranyum olup uranyum ihti-
ya eden cevherlerden klâsik usullerle elde edi-
lir. Dünya piyasalarında uranyum cevheri için
henüz teessüs etmiş bir fiyat bulunmayışı ve
ocakların askerî maksatlarla çabuk gelişmesi
neticesinde bu cevherin fiyatını tahmin etmek
pek mümkün değildir. En son rayice göre bir
ton uranyum cevherinin fiyatı £ 17500 dir. Bir
fikir vermek bakımından 500 MW lık bir san-
tralı nazarı itibare alalım. İlk doldurma için
takriben 220 ton cevhere ihtiyaç vardır. O
halde ilk doldurma masrafları $17500 \times 220 =$
£ 3 850 000 civarındadır.

Diğer taraftan cevherin reaktörde istimal
edilebilmesi için de ayn bir masrafa ihtiyaç
vardır.

Metalurjik sebeplerden dolayı büyüyen ve
distorsiyona uğrayan uranyumun muayyen
bir müddetten sonra kullanılması mahzurlu-
dur.

Bugün varılan neticelere göre; beher ton
uranyum cevherinden 84-90 milyon kWh den
daha fazla enerji istihsali tavsiye edilmekte-
dir. Bilindiği üzere 1 gr. lık Uranyum 235 ten
24 000 kWh lik bir enerji elde edilebilir. Bir
ton uranyum cevherinde normal olarak 7 Kgr.
Uranyum 235 mevcut olduğuna göre 1 tonluk
uranyum cevheri 168 Milyon kWh e tekabül
etmektedir. Netice olarak denilebilir ki, ener-
ji istihsalinde bu miktarın ısı istihsali bakı-
mından yansından istifade edilmektedir. O
halde yakıtın külünde bidayetteki uranyumun
hemen hemen yansı bulunduğu gibi bir mik-
tar da Plütonyum 239 mevcuttur. Tahmin
edildiğine göre külde mevcut Uranyum 235 ve
Uranyum 238 istikbaldeki reaktörlerde kulla-
nılabilecektir. Külde Plütonyum'un bulunma-
sı her nekadardaki değerini arttırmakta ise de
bugün teessüs etmiş bir fiyat mevcut değildir.

Mamafih şunu da belirtmek lâzımdır ki;
uranyum cevheri nadir bulunduğundan reka-

bet dolayısıyla fiatin düşmesi pek muhtemel değildir.

İlk doldurma yakıt masraflarını ilk tesis masrafları şeklinde ele almak yerinde olur. Reaktörün 20 senelik normal ömrü içerisinde bu masrafın dört defa tekrarlanması lâzımdır. Normal ömrü sonunda elde edilen külün bir ticarî kıymeti olacağına göre yakıt masraflarını üç kısımda mütalâa etmek mümkündür.

1. İlk doldurmaya tekabül eden kapitalin faizi,

2. Yakıtın bidayetteki değeri ile nihâî değeri arasındaki farkın batan sermaye usulü ile amortismanı,
3. Zaman zaman konulması gereken yakıtı tekabül eden masraflar.

İlk iki maddenin toplamı toplam yakıt masraflarının takriben üçte biri kadardır.

Halen inşa halinde bulunan üç tipik santrale ait masraflar 1 No. lu cetvelde gösterilmiştir :

CETVEL: 1

Kw. başına maliyet	145	125	110
Yük faktörü	75 %	75 %	75 %
Santralin ömrü	20 sene	20 sene	20 sene
İlk tesis masraflarından dolayı malî külfet (pence/kWh) krş/kWh	0.42 1.31	0.37 1.15	0.32 0.95
Yakıt masrafları:			
a) İlk doldurmadan mütevellit faiz ve amortisman (pence/kWh) krş/kWh	0.07 - 0.08 0.22 - 0.25	0.07 - 0.08 0.22 - 0.25	0.07 - 0.08 0.22 - 0.25
b) Zaman zaman yakıt konulması masrafı (pence/kWh) krş/kWh	0.12 - 0.18 0.37 - 0.56	0.12 - 0.18 0.37 - 0.56	0.12 - 0.18 0.37 - 0.56
İşletme masrafı (pence/kWh) krş/kWh	0.06 0.186	0.06 0.186	0.06 0.186
Toplam maliyet (pence kWh) krş/kWh	0.67 - 0.74 2.086 - 2.3	0.62 - 0.69 1.95 - 2.2	0.57 - 0.64 1.80 - 2.0

Neticeler:

Atom santrallannın en mahzurlu tarafı ilk tesis masraflarının yüksek oluşudur. Bu bakımdan üzerinde en çok çalışılan mevzulardan biri budur. İlgililerin ifade ettiğine göre tek reaktörlü, gaz soğutmalı ve tabii uranyum cevherini istimal eden 500 MW tîkatindeki bir atom santralının maliyeti 3 sene içerisinde £90/kW a kadar düşürülebilecektir. Bu rakama şantiye, servis yolları, mühendislik gibi müteferrik masraflar da dahildir. İç ödeme ile temini mümkün olan inşaat masrafları genel olarak ilk tesis masraflarının % 27 si nispetindedir. Bu mertebede kWh maliyeti aşağıdaki gibi olacaktır:

% 80 yük faktörü ve % 7 faiz kabul edilirse :

	pence/kWh	kr/kWh
gelen külfet	0.27	0.84
İlk tesis masraflarından		
Yakıt faiz amortismanı	0.05	0.16
Yakıt işletme masrafı	0.17	0.57
İşletme masrafı	0.05	0.16
	0.54	1.73
Külün satışı ile temin edilecek gelir	— 0.05	— 0.16
	0.49	1.57

Yük faktörü 0.40 olursa maliyet iki misli **artar**. Görülüyor ki bu sâfhada atom santralları eh modern termik santrallarla rekabet edebilecektir. Bundan sonrası için birçok ihtimaller bahis konusu olabilir. Üzerinde en **çok çalışılan** mevzülardan biri de yakıtın satış/hacim oranını arttırmak ve böylece 1 tondan daha fazla enerji almaktır. Yüksek sıcaklıklara gidebilmek için de mineralden gayri uranyum bileşenlerinin yakıt olarak kullanılmasını sağlamak lazımdır ve üzerinde çalışılmaktadır.

Bu problemlerin çözülmesiyle önümüzdeki senelerde istihsal maliyetinin düşeceği tabiidir. Bugünkü vaziyeti ile atom santralları termik santrallarla sadece yük faktörünün çok yüksek olduğu hallerde kabili mukayesedir. Hattâ denilebilir ki, yük faktörü asgarî 0.75 olan yük merkezlerinde atom santralları düşünülebilir. Yük faktörünün artmasıyla maliyet sâfatle düşer. Meselâ yük faktörü 0.85 olursa maliyet % 7.5 nisbetinde azalır. Bu bakımdan atom santrallannın bulunduğu sistemlerde bazı tedbirlerle yük faktörünü

arttırmak lazımdır. Bilhassa stratejik noktalara pompaj istasyonları yerleştirilerek yükün düşük olduğu saatlerde bunları çalıştırmak suretiyle su basmak ve böylece sistemdeki atom santrallannın yükünü arttırmak iyi netice vermektedir. Atom santralları termik santrallara nisbetle 1.5 misli fazla su sarfederler. Soğutma suyu tesislerine yapılan masraf ortalama fi 4 - 5/kW olup bazen £ 10/kW kadar yükselmektedir.

Bütün dünya memleketlerinde umumiyetle kömür membalannın ve rântabl hidrolik imkânların mahdut olması dolayısıyla atom santralları üzerindeki çalışmalar son sür'atle artmaktadır. Birçok memleketlerin bu mevzuda hazırladıktan programları halen tatbik safhasındadır.

Hattâ çok bol hidrolik imkânlarla sahip bulunan İsveç bile bu memleketler arasına katılmıştır. İsveç'te biri 1960 senesinde, diğeri de 1963 senesinde servise girecek olan sırasıyla 75 MW ve 100 MW lık iki atom santralının inşasına geçen aylarda başlanmıştır.

Elektrik Mühendisi Alınacaktır

Karabük Demir ve Çeliş İşletmelerinde kadroları münhal olan aşağıdaki vazifelere Elektrik Mühendisi alınacaktır.

Kuvvet Santrali Müdürlüğünde:

	Kadro TL.
a) İşletme Şefi (Elektrik veya Makina Y. Mühendisi veya Mühendis)	750
b) Mühendis (Elektrik veya Makina. Y. Mühendisi veya Mühendis)	625

Elektrik Bakım Müdürlüğünde:

Bakım Şefi (Elektrik Y. Mühendisi veya Mühendis; tecrübesi olanlar tercih olunur.)	875
--	-----

Yukarıda zikri geçen vazifeleri deruhte edecekleri hıızalannda gösterilen kadro ödeneklerini aşmamak üzere, barem dışı aylık ücret verilecektir. Aynca aylıklarının % 25 ine kadar rasyonel çalışma primi, % 20 sine kadar maden işleme yeri tazminatı ve yılda dört aylıklan tutannda ikramiye ve tahsisat ödenecek, pek cüz'î bir bakım masrafı karşılığında ikametgâh (vazife evi veya apartman dairesi) tahsis olunacaktır.

İsteklilerin tahsil, geçmiş ve halihazırdaki hizmet durumlarını belirtir ve kendilerince açıklanmasında fayda mülâhaza edilen sair bilgileri ihtiva edecek dilekçeleri üe Umum Müdürlüğe müracaatları rica olunur.