

# Atom Enerjisi Rekabete Dayanabilir mi? 0

Yazan : Dr. S. BARON

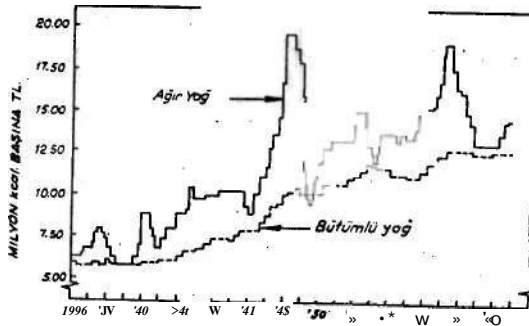
Çeviren : **Korkut ÜNGÜN**  
Y. Müh.  
E.I.E.

*Atom enerjisi ile elde olunan elektriğin kWh maliyetinin günden güne düşürülmekte olduğu bilinmektedir. Fosil yakıtların bol ve ucuz olduğu Amerika Birleşik Devletlerinde atom enerjisinin bu yakıtlarla rekabet etmesinin mümkün olup olmadığı bu yazıda incelenmektedir. Burada bildirilen değer ve ölçülerin Amerika ölçülerine göre gözönüne alınması unutulmamalıdır. Her yıl enerji bilançosu açık veren memleketimizin konuyu ayrı bir dikkat ve titizlikle izlemesi yerinde olacaktır.*

Eğer bugünkü artış hızı devam ederse atom enerjisi aşağı yukarı 1970 lerde fiat bakımından kömür yakan santrallerle doğrudan doğruya rekabet edebilecek hale gelmeye başlayacaktır. Bu özellik, bilhassa fosil yakıtlarını taşıma ücretlerinin milli ortalamadan yüksek olduğu Amerika Birleşik Devletlerinde doğrudur.

Bugün 168 Kg/Cm,\* 565 C de kömür yakan bir üretim santrali yapılırsa, bu santralin ısı harcaıışı kWh başına 2268 kcal olabileceğinden yakıt gideri kWh başına yaklaşık olarak 2,78 mili (2,5 kuruşu) bulacaktır. (\*\*) 1990 da aynı santral için kömür fiyatının kWh başına en iyi halde 2,7 mile (2,43 kuruşa) düşeceği veya en kötü halde 3,65 mile (3,29 kuruşa) çıkacağını tahmin ediyoruz.

Şekil (1) geçen 25 yıl içinde yakıt «atlarının çeşitli değişmelerini büyük bir ayrıntı ile göstermektedir. Şekil (1) geçmiş 25 yılda bir yağ ve kömür fiyatının durumunun göstergesidir.



Şekil : 1 — Fosil yakıtların geçmişteki fiyatı (Newyork'ta mavnada teslim şartıyla)

Diğer taraftan, Atom enerjisi yakıt fiyatının 1990 da şimdikinden daha düşük olacağı anlaşılmaktadır. Bugünkü değeri olan beher kWh başına 2,42 milden (2,18 kuruştan) 2,86 mile (2,57 kuruşa) ve mümkün en düşük değer

olanı 1,34 mile (1,21 kuruş) düşebilir. Bu sayılar çok iyi tertip edilmiş ve iyimser olarak PWR veya BWR santralleri için düşünülebilir. Bunların bugün santral ısı sarfiyatı 2772 Kcal/kWh olarak kurulmaları mümkündür.

Bir Atom santrali 1967 de başlayacak şekilde şimdi planlanırsa bunun<sup>1</sup> çekirdek dengesi 1970 de meydana gelir. Gelecek 20 yıl için ortalama Atom enerjisi yakıtı kWh için milli ortalama kömür santralından 0,9 - 1.1 mil (0,81 - 0,99 kuruş) daha az olabilir. (Küçük tasarruflar, 1980 ve 1990 larda kendi sermayesine sahip ämme tesisleri için yüksek kullanma yüklerinde gereklidir.) Şimdi Atom enerjisi yakıtı ve kömür arasındaki mümkün toplam fiat farkının ortalama lar arasındaki dağılmadan çok olduğunu kabul edersek, 1970 den 1990 a kadar Atom enerjisi yakıtından tasarruf o halde az bir farkla beher kWh için 1,7 mil (1,53) kuruş değişebilir.

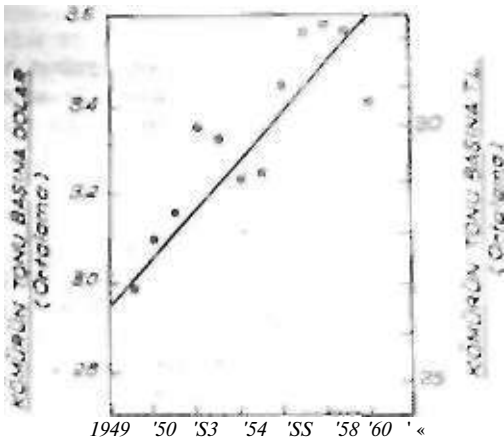
Yürürlükte olan kömür fiyatı ile hemen hemen denk Atom enerjisi yakıtı kullanan iki tip santral bugün bile neden rekabete dayanamaz? Bunun karşılığı sermaye fiyatıdır.

Yakıttaki kazanç karşılık, bir Atom santralının işletme, bakım sigorta ve sermaye giderlerinin yüksekliği, denklığı sağlar. Bu dördünün yaklaşık olarak beher kWh için 0,4 mil (0,36 kuruş) tutacağını kabul edersek, yakıt kazancı en fazla (1970-1990) beher kWh. ı 1,3 mil (1,17 kuruşa) İndirir. Bunlar, yılda 8000 saat çalışan bir Atom santrali içindir. Alışılmış bir santralin

(\*; *Electrical World Dergisi'nin 1 Nisan 1963 sayısından çevrilmiştir.*

(\*\*; *Türkiye ile bir benzetme yapılırsa, 4400 Kcal/Kg ısı değerindeki Tunçbilek kömürünün burada düşünülen santralde yakıldığı zaman aynı ısı giderinin olabilmesi için bu santrale kömürün 48,5 TL/Ton fiattan verilmesi gerekir. Halen Tunçbilekte bu kömürün santrale verilmiş fiyatı ise, 52/TL/Ton'dur. Fark % 7 fazladır. (1 mil — 0,001 dolar).*

.sermaye giderinde mazur görülecek eti büyük artış kendi sermayesine sahip bir amine tesisinde beher kV başına 75 dolar (fi75 TL,) hesap edilen sabit giderler % 14 veya % 8 sabit giderlerle bir âmme tesisi için beher kW başına 130 dolar (1170 TL.) dir. Mademki atin znmanlurıla büyük atom santrallerini kömür yakan santrallerden yaklaşık olarak beher kW. 40 - 70 dolar (360-G30 TL.) daha yüksek olarak İSO - 200 dolar (1620.-1800 TL.) fiata mal oluyor, kömür flatı milli ortalamadan yüksek olursa atom santrallerinin kömür yakan santrallerin 1970 den sonra rekabet edebileceği görünmektedir.



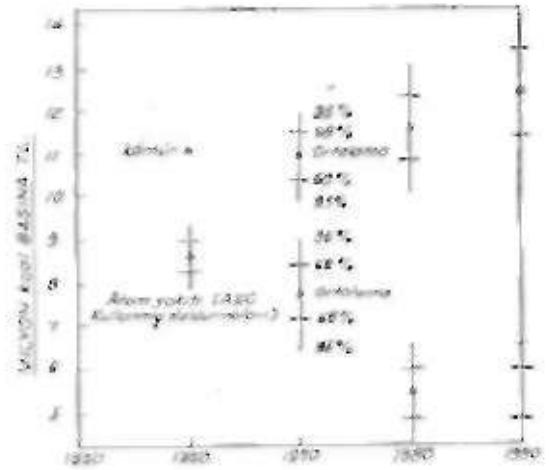
Şekil : Z — Demiri/olunda taşıma fiatı.

Her ne kadar gaz ve yağ kullanılıyor ise de, enerji üreten santrallerde fosil yakıt kullanma miktarı hesabında bitümlü kömür oranı % 70 dir. Bu sebeple aşağıdaki görüşlerle bu önemli yakıt sınırlanmıştır.

Santralde teslim kömür flatının Madencilik ve nakliye gibi iki bileşeni vardır. Madencilik giderleri muhtemelen yükseliyor, nakliye giderleri düşüyor görünmektedir.

Çıkarılan bitümlü kömürün ortalama flatı 1W6 ya kadar uşağı yukan yılda % 10 yükselmekte. 1048 e kadar yılda % 20 oranında artmakta. sonra bir seviyede kalmış olup o zamandan beri sabit olarak durmaktadır. Diğer fosil yakıtlarla rekabet etmek üzere Kömür Endüstrisi tarafından yapılan modernleştirme ve mekanize etme programları için iki önemli sebep olarak görünmektedir. Sonraları maden çıkarılması 1048 den bir iki kat olmuştur. Hernekadar mekanize etmenin tesiri bugün son sınıra varmış ve yavaşlamış ise de, cihazların çok yüksek flatı kendi kendini tesirsiz bırakmaktadır. Bir araştırma raporu, (New Horizon kömürleri) 1970 de çıkarılacak kömür Hattinin yeniden % Ö nrtacağı göstermektedir.

Raporun yazarı, W. L. Wearly, mümkün fiyat artışlarında Uç alternatif varsayar : Verilen fiyatın 1950-1960 dan 1970 e doğru düz orantılı izdüşümü; bugünkü bilinen Teknolojinin esas alınarak 1970 de umulan flatlar; ve uzaktan kumandalı (Push-button) otomatik maden çıkarmaya dayanan 1070 de umulan flatlar 1980/1990 a İzdüşürülürse birincinin çok kötümser olacağı görülür. Sonunda da birçok belirsizliklere dayanır. İkinci seçim, eğer 1980/1990 na İzdüşürülürse İyimser sayılabilir. Her hangi bir halde, çok İyimser ve kötümserleri İlk tahmin tablo 1 de toplanmıştır. Şekil 2, hernekadar değerlerin aşağı yukarı gezindiğini gösteriyorsa da demiryolu ile taşıma fiyatlarının artışı belirli olarak yükselir. Halbuki. 1950 de kömürün beher tonunun gemiye yüklenme flatı olarak 3 dolar 127 TL.) gösteriliyor, on yıl sonra bu yaldakışık olarak 3,5 dolara 131.5 TL.) çıkıyor. Bu artışlara karşılık Demiryolları, hareket eden Kömürün yeni yollarına uygun şekilde İncelenmektedir. Bunlardan bazıları İntegre edilmiş iren diye adlandırılır. Çekme kapasitesi 25.000 ton - bugünkü kapasitenin İki katı • dizel motoru ile çabuk doldurma ve boşaltma İmkânı ile ınpılau tesisler müzmin fiyat sorunlarının bir karşılığı olabilir.



Şekil : 3 — Tahmin edilen atom yakıtı ve kömür fiatı.

Demiryolları, her zaman büyük imkânlı ve çok elverişli olan mavnaların ve çok yeni bir metod. kaygan boru hatlarının, rekabet; ile de karşılaşmaktadır. Sonuncu, özellikle boru içindeki kısım c; G0 - 70 kadar kömürden ve suyu alınmadan doğrudan doğruya kazanı besleyebilir ise, çok ilgi uyandırmaktadır. Elbette, yüksek nem bulunması yüzünden verimde azalmalar olur. Bir boru hattı Cndlz, Ohlo'daltı madenden Clevi'lnnd'daki santrale kadar 177 kilometrelik aralığı demir yolundan beher tonunu yaklaşık

olarak 1 dolar (9 TL.) daha aşağı taşıyabilmektedir. Bazı yeni tahminler tasarrufun beher ton başına 2 dolara (18 TL. sına) kadar yükseleceğine işaret etmektedir. Bununla beraber boru hatları memleketler arası hatlar haline geldiği zaman bazı kanuni problemlerde çözülecektir.

Başka bir yol «tel ile kömür» dür. Yani maden yatağında üretim santrali kurmak, çok yüksek gerilimli hatlarla enerjiyi nakletmek böyle santraller gerçek tasarruflar sağlarlar takat hem elektrik kayıpları hemde uzak mesafeler üzerinde enerji nakil imkânları içindeki yüksek yatırımlar karşısında denkleştirilmelidirler.

Şekil 1 in ekstrapolasyonu bizim her on yıllık periyot için beher ton başına 0,55 dolar (4,95 TL.) veya 1980 de 1.10 dolar (9,9 TL.) fazla bir ortalama artışla karşılaşacağımızı göstermektedir. İntegre edilmiş tren veya kömür kaydırma sisteminin optimum kazanç olarak beher ton başına 2 dolar (18 TL.) sağladığını varsayalım, nakil giderleri şimdikinden beher ton başına 0,90 dolar (8,1 TL.) veya 2,52 dolar (22,68 TL.) kadar daha aşağı olacaktır. Çok muhtemeldir ki, tablo 1 de dağılmanın merkezine yakın mesafede bir fiyat bulunacaktır. Bu halde, 1970 de kömür teslimatının fiyatı beher tonu 8 dolardan (72 TL.) biraz yüksek olacaktır.

Atom enerjisi yakıt fiyatını meydana getiren esas faktörler fabrikasyon, özel işleme bağlı tutma, değişme kullanma, doldurması, taşıma ve plütonyum kredisidir. Uygun aşırı birleşiklerden İleri gelen aşağıdaki görüşler tutulmalı, bu altı nokta yalnız bir özel yakıt için analiz edilmelidir. Az zenginleştirilmiş silindir şeklinde üzerine paslanmaz çelik geçirilmiş uranyum, bu usul çok esaslı araştırma ve işletme özellikleri sağlamaktadır. Zirkeloy geçirilmiş yakıt elemanları aşağı yukarı aynı fiyat için kullanılabilir.

Bugün az zenginleştirilmiş paslanmaz çelik geçirilmiş uranyum için çekirdek fabrikasyon fiyat seviyesi uranyumun beher kilogramı 80 - 150 dolardan (720 - 1350 TL. dan) ve serbest durabilecek kalınlıkta zirkeloy geçirilmiş elemanlar için 110 - 160 dolardan (990 - 1440 TL.) dir. Fiyat farkı yakıtın umulan yanışı ile doğrudan doğruya ilgilidir. Uzun çekirdek ömrüne bağlı olan bu yanış yüksek derecede yoklama ve üretimin kontrolü gibi giderlerin başlıca sebeplerini teşkil eder. Bugün için paslanmaz çelik geçirilmiş yakıt elemanının fabrikasyon fiyat seviyesi Uranyumun beher kilogramı 100 -125 dolardan (900-1125 TL.) ve yanma, beher metrik ton uranyumda 15.000 MW - gündür. Yakıtın fabrikasyon fiyatında daha önemli olan bir noktada yoklama, montaj, ölçme ve bir ameliyede meydana gelen miktarın iş görmesi için olan ihtiyaçtır.

Mekanize edilmiş üretim düşük maliyete götürür. Beher kilogramın 80 dolara (720 TL.) olabileceği bir yakıt fabrikatörü tarafından bildirilmektedir. İyimser bir görüşle bunun biraz daha azalacağı söylenebilir. Bu azalma 1970 de yaklaşık olarak beher kilogram uranyum için 64 dolara (576) TL. ve belki 1980 de 50 dolara (450 TL.) ulaşabilir. 1990 da fakrikasyon fiyatı yeniden kilogramı 60 dolar (540 TL.) olabilir. Çünkü diğer tam mekanizasyon ile işçilik yükselir. Hattâ çok kötümser bir tahmin ve yılda en az % 10 bir düşüşle fabrikasyon fiyatının 1970; 1980 ve 1990 da sırasıyla 115 dolar (1035 TL.) 103 dolar (927 TL.) ve 93 dolara (837 TL.) kadar azalacağı görülmektedir.

Yakıtın radyasyonla azalması, ayrılma ve parçalanma ürünlerinin biriktirilmesi ile uranyum ve plütonyum nitrat üretimi dahil olarak, AEC tarafından özel bir işleme bağlı tutulması yolu uygulanmaktadır.

Günde 1000 Kg. Uranyumun % 3 ten az zenginleştirme işleminin tutarı 17.600 dolar (158.400 TL.)dır. Ek olarak AEC her bir kilogram Uranyum I nitratın Uranyum heksaflorite (% 5 in altında zenginleştirme) çevrilmesi için 5,60 dolar (50,40 TL.) plütonyum nitratın madene çevrilmesi için beher gr. başına 1,5 dolar (13,5 TL.) ve Uranyum ve plütonyum kayıplarına karşılıklı olarak % 1,3 ve 2 kabul edilmektedir.

AEC tarafından bugün düşünüldüğü şekilde 1970 de özel endüstriyel muamelenin her bir kilogramı için özel bir işleme bağlı tutma fiyatının 57 dolara (513 TL. na) çıkabileceğinin bir gerçek olduğudur. Bu yeniden özel bir işleme bağlı tutma fiyatının yıllık artmasının % 3 olması demektir. 1980 de, denk fiyat 69 dolar (612 TL.) ve 1990 da 83 dolar (747 TL.) olabilir. İyimser bir görüşle, eğer AEC yeniden özel bir işleme bağlı tutma işine devam ederse herbir kilogram için 30 dolar (270 TL.) fiyatı 1990 a kadar tutabilir.

AEC tarafından yerleştirilen zenginleştirilmiş uranyum değeri, kısmen tabii uranyumun AEC fiyatının kilogramda 17,6 dolar (158,4 TL) azaltılmış olması sebebiyle düzgün olarak düşürülmüştür. Aynı zamanda her bir kilogram uranyum için izotop ayırma fiyatı da 37,5 dolardan (337,5 TL. dan),-30 dolara (270 TL.) sına düşmüştür. Bu suretle, herbir metrik ton için 15000 MW günlük yanma Hatlarında, uranyum değişme değeri şimdi her bir kilogram için 125 dolardan (1125 TL. dan) 160 dolara (1440 TL. sına) doğru değişmektedir.

Yayma kurumlarının işletmesinin çok iyi kurulmasından dolayı, izotop ayırma işinin çok pahalı olmayacağı umulur. Bununla beraber, besleme malzemesi bugünkü sözleşmelerin sona ermesinden sonra 6 dolara (54 TL. sına) düşer.

bilir. Başka % 10 düzeltme Fabrika işletmesi dışında sıkıştırılabilir. Meydana çıkan mümkün yakıt değişme fiatı herbir kilogram için 1970 de 100 dolardır. (900 TL.) 1980 ve 1990 için denk değerler yaklaşık olarak herbir kilogram için 85 dolar (765 TL.) ve 77 dolardır. (693 TL.)

Çok küçük deneylere dayandığından taşıma için şekil verme giderine güvenilemez. Bereket versin, taşıma giderleri toplam giderlerin küçük bir kısmını teşkil eder, böylece tahminlerdeki herhangi bir hata bütün tahminleri zincirleme bozmaz. AECnin tahmin için tavsiyeleri yeni uranyumda herbir kilogram için 3 dolar (27) TL. taOaaümij yıkıLn her bir kilogramı için 16 dolar (144 TUt YO özel bir işleme bağlı tutulmuş yaJflün her bir kilogramı için 1 dolar (9 TL.) iş-Tenme ferlerinden AECnin stok noktalarına kadar götürülmesi giderleridir. Bu değerler yüksek görünmektedir, «ama en fena halde bile 1970 ve 1990 için taşıma gideri herbir kilogram için 20 doları (180 TL.) geçmiyecektir. Sigorta tarifelerinin indirilmesi ile büyük veriller ve taşıma hacimlerinin büyütülmesi yoluyla toplam taşıma giderleri 1970 - 80 - 90 da herbir kilogram uranyum için 16, 13, 12 dolar (144, 117, 108 TL.) olabilir. -.

Az zenginleştirilmiş uranyumun plütonyuma dönüşümü, reaktörün cinsine, yanmaya, yakıt muhafazasının tip ve kalınlığına, zenginleştirme, maden - su oranına, sıcaklığa ve boşaltma yüzdesine bağlıdır. Bu suretle, reaktör projesinde önem verilen esneklik, geniş ölçüde plütonyum üretimi ayırmaya verilen değere bağlıdır. Paslanmaz çelik geçirilmiş Yankee reaktörü ve Zirkaloy geçirilmiş elemanlı Dresden reaktörünün herbir kilogram uranyum başına 4,5 - 4,6 gm. plütonyum veren plütonyum dönüştürgeci vardır. Şimdi büyük güç reaktörleri dönüştürme derecesi herbir kilogram uranyum başına 7 gm. plütonyum olacak şekilde projelendirilmektedir.

1962 yılının Temmuz ayı içinde plütonyum için AECnin geri alma değeri herbir gm. başına 30 dolar (270 TL.) dır. Arkasından gelen değer gm. başına 9,50 dolar (85.50 TL.) olacaktır. Bu değer uranyumun eş değeri madenin enerjisine dayanmaktadır. Bu sayıların 1970 e kadar tutulacağı umulmaktadır.; Böylece plütonyum kredisi uranyumun kilogramı başına 40 - 60 dolar (360-540» TL.) olacaktır. 1970 den sonra, Plütonyumun değeri gm. başına en az 3,50 dolar (31,50 TL.) kadar değişebilecektir. Çünkü eş değer enerji esasına göre gm. başına 9,50 dolar (85,50 TL.) zehirli maddelerin işlenmesi için bir gider eklenecektir. Bu sebepten, 1980 ve 1990 da, yüksek ölçüde plütonyum dönüştürülmesi için

kilogram başına 16 ile 60 dolara (144 İle 540 TL.) kadar plütonyum kredisinin değişeceği tahmin edilmektedir.

Gelecek 10 yıl içinde yavaş yavaş bir değişme olacağından ajanstan özel malzemenin tamamen satın alınması yerine kiralınmasını AEC tasviye etmektedir. Bugünkü kiralama oranı reaktöre yakıt doldurmaya karşı, biriktirme yeri boşaltmadan sonra soğutma, taşıma ve işlem için % 4,75 dir. Fabrikasyonda yakıt için kullanma doldurması normal olarak fabrikasyon giderlerinin bir parçasıdır.

Yukarıdaki orana dayanan kullanma doldurması Dresden istasyonunda Zlrkaloy geçirilmiş yakıt için kwh başına 0,20 mil(0,18 kuruş) Yankee fabrikasında paslanmaz çelik geçirilmiş yakıt için kwh başına 0,40 mil (0,36 kuruş) dir. Paslanmaz çelik geçirilmiş elemanlı 300 MW kapasiteli santralda kullanma doldurması kwh başına 0,30 mil (0,27 kuruş), eşdeğeri gelecek on yıl için uranyumun kilogramı başına 30 - 40 dolar (270-360 TL.) olacaktır.

1980 den 1990 kadar bir kendi sermayesine sahip tesis ve bir amme tesisinin (Belediyeler ve Kooperatifler) finansman farkı kullanma doldurmasına tesir edecektir. Kendi sermayesine sahip tesisler için kullanma\* doldurması % 4,75 den % 10 a veya paslanmaz çelik geçirilmiş yakıtın kilogramı başına 30-85-dolara (270-765) TL. değişebilecektir. Kooperatifler ve Belediyeler için faiz oranı % 2,5 dan % 4,75 e çıkacaktır. Bu değer Uranyumun kilogramı başına 16-40 dolara (144 - 360 TL.) varacaktır.

Eğer birçok etkenler hesaba katılırsa 1962 ve 1990 arasındaki yıllar için atom yakıtı glderlerinin önceden tahmin edilen ve tablo 2 de gösterilen değerlere ulaşabiliriz. Her iki iyimser ve kötümser tahmin, 1970 den sonra kullanma doldurmasının değişmesini olduğu kadar karıştırma tesislerinin tipine bağlılığı da göstermektedir.

Şekil 3 te 1962 ile 1990 yılları arasında atom yakıtı fiatı ile kömür fiatı karşılaştırılmaktadır. Ortalama değerden başka, tablo muhtemel iki takım değerleri de içine almaktadır. Biri % 98 İhtimalle (iki standart sapma) değeri % 68 ihtimal (bir standart sapma) üzerine oturtulmuştur. Bunlar bugünden 10 veya 20 yılın düşünülmesi suretiyle, ilgilenen herhangi bir kimsenin karar vermesini sağlayacak oldukça yakın tahminlerdir.

*Electrical World Dergisi'nin 1 Nisan 1963 sayısından çevrilmiştir.*

Tablo (I)

Yıl	Ortalama maden kömürü fiati \$/Ton ve (TL/Ton)		Ortalama Taşma fiati \$/Ton ve (TL/Ton)		Ortalama teslim fiati \$/Ton ve (TL/Ton)
	Kötümser	İyimser	Kötümser	İyimser	
1950	4,84	(43,56) Ortalama	3,09	(27,81) Ortalama	7,93 (71,37)
1960	4,73	(42,57) Ortalama	3,42	(30,78) Ortalama	8,15 (73,35)
1970	5,16	(46,44) 3,93 (35,37)	3,97	(35,73) 3,00 (27,00)	8,03 (72,27)
1980	5,50	(49,50) 4,21 (37,89)	4,52	(40,68) 2,52 (22,68)	8,38 (75,42)
1990	6,08	(54,72) 4,42 (39,78)	5,07	(45,63) 3,07 (27,63)	9,32 (83,88)

Tablo (II)

Yanma, tMW - gın metrik ton Uranyum başına	1962 15.000		1970 15.000		1980 20.000		1990 20.000	
	Kötümser	İyimser	Kötümser	İyimser	K6. İyim.	K6. İyim.	K6. İyim.	K6. İyim.
Fabrikasyon	125	100	115	64	103	50	93	60
Özel işleme bağlı tutuma	40	30	57	30	69	30	83	30
Değişme	160	125	160	100	160	85	160	77
Taşma	20	20	20	16	20	13	20	12
Kullanma doldurması	—	—	—	—	—	—	—	—
Yatırma Kurum	—	—	—	—	85	30	85	30
Anıme Kurumu	—	—	—	—	40	16	40	16
AEC Tesisi İdaresi	40	30	40	30	40	30	40	30
Plutonyum Kredisi	—	—	—	—	—	—	—	—
Sağlama ve ihtiyaç	—	—	—	—	16	60	16	60
AEC tesisi İdaresi	40	60	40	60	40	60	40	60