

KÖMÜR YAKITLI ENERJİ SANTRALLERİNDE BİRİM ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM MALİYETİ

Ferhat Arslan

Eren Holding,

Modern Enerji Elektrik Üretim A.Ş.,

Tekirdağ

arslanferhat4@hotmail.com

ferhat.arslan@modernenerji.com.tr

ÖZ

Enerji santrali proje yatırım kararlarının alınmasında birim elektrik enerjisi üretim maliyeti önem arz etmektedir. Yatırım kararı alınmadan önce mühendisler, projeleri teknik ve ekonomik açıdan analiz etmekten sorumludurlar. Enerji üretim maliyetlerinin belirlenebilmesi için; santralin ilk yatırım maliyeti, yakıt masrafları ve işletme-bakım maliyetlerinin analiz edilmesi gereklidir. Bu çalışmada, kömür yakıtlı enerji üretim santrallerinde birim elektrik enerjisi üretim maliyet hesaplarının nasıl yapılacağı anlatılarak yatırımların ekonomikliğinin değerlendirilebilmesi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji maliyeti, ekonomik analiz, yük faktörü

ELECTRICAL ENERGY PRODUCTION COST ANALYSIS OF COAL-FIRED ENERGY PLANTS

ABSTRACT

Electrical energy production cost is very important for energy plants projects investment decisions. Engineers responsible for analyzing project technically and economically, before the investment decision. To determine energy production costs, It is necessary to analyze the investment costs, fuel costs, operation and maintenance costs. In this study, how to make calculation of electrical energy production cost have been described of coal fired energy plants and the evaluation of economics of the investment have been provided.

Keywords: Energy cost, economical analysis, load factor

Geliş tarihi : 14.12.2015

Kabul tarihi : 14.04.2016

Arslan, F. 2016. "Kömür Yakıtlı Enerji Santrallerinde Birim Elektrik Enerjisi Üretim Maliyeti," Mühendis ve Makina, cilt 57, sayı 676, s. 49-55.

1. GİRİŞ

Ülkemiz, yerli enerji hammaddeleri içinde önemli bir potansiyele sahip olan düşük kaliteli linyit ve linyite dayalı termik santraller için çok önemli bir kaynaktır. Ülkemizde yaklaşık 1.3 milyar ton taşkömürü, 9 milyar ton linyit rezervi bulunmaktadır. Yürütülmekte olan projeler ve çalışmalar sayesinde bu rezerv 10 milyar tonu geçecektir. Marmara ve Trakya Bölgesi önemli kömür havzalarından biri olup, ülkemiz rezervlerinin yaklaşık %15'ine sahiptir. Çevreye duyarlı yeni yakma teknolojileri kullanılması koşuluyla, Marmara ve Trakya Bölgesi'nde bulunan linyit, ülkemiz enerji bütününe katkı sağlayacak özelliklere sahiptir [1]. Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne ait yayınlarda Türkiye kömür rezervleri ve özelliklerine ait bilgiler yer almaktadır.

Ülkemiz ekonomisini yakından ilgilendiren, yatırım ve üretim maliyetleriyle ekonomik gelişimi, sanayi üretimini ve toplumsal yaşamı olumsuz şekilde etkileyen elektrik enerjisinin temini ve üretimi ile ilgili projelerin yatırım kararları alınmadan önce, ülkemizin yararı açısından detaylı analizlerin yapılmasına ağırlık verilmesi büyük bir önem arz etmektedir [2].

Enerji santrali birim enerji üretim maliyeti, santralin üretim ömrü boyunca yapılan bütün harcamaları kapsar. Kömür yakıtlı enerji santrallerinde elektrik üretimine etki eden faktörler; ilk yatırım masrafları, yakıt masrafları ve işletme-bakım masraflarıdır. Literatürde bu masraflar ve hesaplama yöntemlerini içeren çalışmalar mevcuttur. Aybers ve Şahin [3], termik, hidroelektrik ve nükleer santrallerin birim enerji maliyetleri üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Ayrıca şebeke yük faktörünün elektrik enerjisi üretimindeki etkisini, verdikleri denklemlerle açıklamışlardır.

Bu çalışmada, kömür yakıtlı enerji santrallerinde birim elektrik enerjisi üretim maliyetleri ve enerji maliyetine etki eden faktörler anlatılarak elde edilen veriler, grafikler ve tablolar halinde sunulmuştur.

2. KÖMÜR YAKITLI ENERJİ SANTRALLERİNDE ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM MALİYETİ

Elektrik üretim sistemleri için yapılan masraflar, santralin inşaatına başlama tarihi ile ekonomik ömrün sonuna kadar olan dönemde farklı zamanlarda ve miktarlarda yapılır. Paranın zaman içindeki değeri değiştiğinden, bu periyoda yayılmış olan tüm masrafların karşılaştırılabilmesi için bir referans tarihinin belirlenmesi zorunludur. Genel olarak, santralin üretime başladığı tarih, referans tarihi olarak seçilir ve yapılan tüm yıllık yatırım, yakıt, işletme ve bakım masrafları bu tarihe göre ayarlanır. Bu masraflar toplamına ömür boyu masraflar adı verilir ve aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$C_{pw} = \sum_{t=-L}^n [C_{kt} + C_{ft} + C_{mt}] (1+r)^{-t} \quad (1)$$

C_{pw} : Referans tarihindeki ömür boyu masraflar (\$)

C_{kt} : t yılındaki yıllık yatırım masrafları (\$/yıl)

C_{ft} : t yılındaki yıllık yakıt masrafları (\$/yıl)

C_{mt} : t yılındaki yıllık işletme ve bakım masrafları (\$/yıl)

t : Masrafların yapıldığı yıl

L : Santralin inşaat süresi (yıl)

n : Santralin ekonomik ömrü (yıl)

r : İskonto oranı (%)

Denklem 1, -L ile n süresi arasında yapılan tüm masrafların işletmeye başlama tarihindeki (t = 0) değerini, yani şimdiki değerini verir. Belirlenen ömür boyu masraflar, santralin işletmeye başladığı tarih ile ekonomik ömrü sonuna kadar eşit masraflar serisine dönüştürülür ve aşağıdaki denklem ile hesaplanır [3].

$$C_{aw} = \frac{C_{pw}}{\sum_{t=1}^n (1+r)^{-t}} = \frac{\sum_{t=-L}^n [C_{kt} + C_{ft} + C_{mt}] (1+r)^{-t}}{\sum_{t=1}^n (1+r)^{-t}} \quad (2)$$

C_{aw} : Yıllık eşdeğer masraflar serisi (\$/yıl)

C_{pw} : Ömür boyu yapılan toplam masraflar (\$)

Santralin birim enerji üretim maliyetinin bulunabilmesi için, santralin ömrü boyunca üreteceği elektrik miktarının belirlenmesi gerekir. Yıllık üretilen elektrik miktarının bulunması için yük faktörü (L_f) kullanılır.

Yük faktörü; santralin bir yıl boyunca ürettiği elektriğin, o yıl içindeki kurulu güç ile tüm yıl üretim yapması durumundaki üreteceği elektriğe oranıdır ve aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$L_f = \frac{E_t}{8760 \times N_k} \quad (3)$$

E_t : t yılında santralin yıllık elektrik üretimi (kWh/yıl)

N_k : Santralin kurulu gücü (kW)

Santralin ömür boyu eşdeğer masraf serisi, ömür boyu elektrik üretimine bölünerek birim elektrik üretim maliyetleri hesaplanır. Üretim maliyeti (g), hesaplamalarda ömür boyu değerler kullanıldığı için, santralin ekonomik ömrü boyunca sabit bir değerde kalacaktır [4].

$$g = \frac{\sum_{t=-L}^n [C_{kt} + C_{ft} + C_{mt}] (1+r)^{-t}}{\sum_{t=1}^n E_t (1+r)^{-t}} \quad (4)$$

Diğer bir ifadeyle toplam masraflar;

$$C_{pw} = C_{k_{pw}} + C_y + C_{m_{pw}} \quad (5)$$

$$C_{Aw} = C_{pw} \cdot \left[\frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (6)$$

olarak hesaplanır.

$C_{k_{pw}}$: Santralin ömrü boyunca toplam yatırım masrafı

C_y : Santralin ömrü boyunca toplam yakıt masrafı

$C_{m_{pw}}$: Santralin ömrü boyunca toplam işletme ve

bakım masrafları

Birim elektrik enerjisi üretim maliyeti de aşağıdaki denklemle rahatlıkla hesaplanabilir.

$$g = \frac{C_{Aw}}{E} \quad (7)$$

2.1 İlk Yatırım Masrafları

Kurulacak enerji santralinin işletme aşamasına gelinceye ka-

Tablo 1. Kömür Yakıtlı Santrallerin Yatırım Bedelleri (M\$) [3]

Ülke	Güç MW	r = %5				r = %10			
		İnşaat	Faiz	Diğer	Toplam	İnşaat	Faiz	Diğer	Toplam
Belçika	1 x 750	1252	90	0	1342	1252	187	0	1439
Kanada	4 x 749	1167	110	243	1620	1167	239	149	1555
Danimarka	1 x 385	1005	104	0	1109	1005	218	0	1233
Finlandiya	2 x 500	816	93	81	990	816	107	82	1005
Fransa	2 x 500	1025	105	68	1198	1025	219	68	1312
Almanya	1 x 700	1495	127	63	1685	1495	259	62	1816
İtalya	4 x 610	1739	212	0	1951	1739	451	0	2190
Japonya	4 x 700	1932	165	0	2097	1932	480	0	2412
Hollanda	2 x 600	1072	120	0	1192	1072	254	3	1329
Portekiz	4 x 276	1454	181	112	1747	1454	390	112	1956
İspanya	1 x 500	1752	253	245	2250	1752	632	246	2630
İsveç	1 x 600	1418	195	282	1895	1418	408	282	2108
Türkiye	2 x 461,5	1128	131	108	1367	1128	274	155	1557
İngiltere	1 x 200	1823	145	0	1968	1823	226	0	2049
ABD	2 x 600	1223	284	264	1771	1223	615	237	2075
Çin	2 x 600	815	148	91	1054	815	318	91	1224
Çekoslovakya	1 x 524	1104	137	16	1257	1104	287	4	1395
Macaristan	3 x 400	1650	221	0	1871	1650	462	0	2112
Hindistan	4 x 190	1012	185	51	1248	1012	597	51	1660
Kore	2 x 455	902	108	90	1100	902	225	50	1177
Rusya	3 x 317	545	113	24	682	545	245	3	793

dar yapılan harcamaların tamamıdır. Tüm sistemlerin kapasiteleri ile maliyetleri arasında bir ilişki vardır. Bu ilişkinin ortaya çıkartılması, maliyet hesaplamaları için önemlidir. Özellikle farklı kapasitelerin seçilmesiyle ilgili ekonomik analizler yapılırken, kapasite-maliyet ilişkisi kullanılmak zorundadır.

Enerji santrallerinin tümünde kapasitenin artması ile beraber yatırım maliyetleri de artmaktadır. Fakat yatırım maliyetlerindeki artış, kapasite artışından daha azdır. Büyük kapasitelerde, kapasite ile beraber maliyet artış hızı daha da küçülmektedir [5].

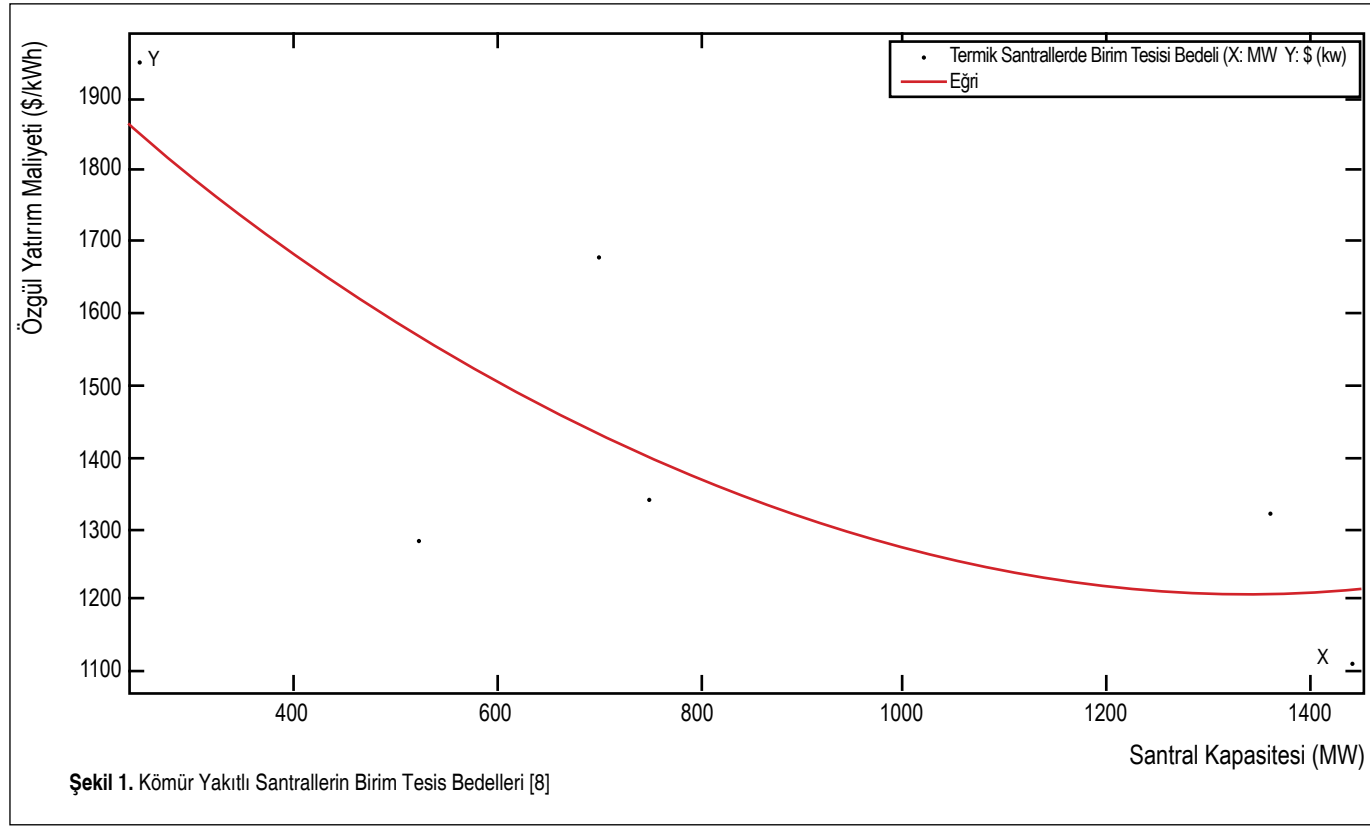
$$I_d = C_s \cdot xN \quad (8)$$

formülü ile aranan kapasitedeki santrale ait yatırım masrafı bulunabilir.

N : Enerji santralinin kapasitesi (kW)

C_s : Santrale ait özgül yatırım maliyeti (\$/kW)

Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir hususta, santralin inşaat süresi boyunca harcama dağılımlarına göre tablolar oluşturularak paranın zaman içindeki değerini etkileyen faktörleri de dikkate almaktır. Yani I_d yatırım masrafına inşaat süre-



Şekil 1. Kömür Yakıtlı Santrallerin Birim Tesis Bedelleri [8]

si boyunca oluşacak eskalasyon ve faiz etkisini dahil ederek santralin ömrü boyunca toplam yatırım masrafı olan Ck_{pw} değerini hesaplamaktır.

Farklı ülkelerdeki kömür yakıtlı elektrik üretim santrallerine ait ilk yatırım bedelleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde santrallerin kurulu güçlerinin değişimi yatırım maliyetlerini de etkilemektedir.

Şekil 1'de kömür yakıtlı santrallerde birim tesis bedelini (Cs) gösteren grafik, MATLAB programında eğri uydurma metoduyla, yatırımlarda karşılaştırma yapabilmek amacıyla çizilmiştir.

Grafığın X eksenindeki değerler santral kapasitesini (N) Megawatt olarak, Y eksenindeki değerler ise özgül yatırım masrafını (Cs) \$/kW olarak göstermektedir. Grafikte görüldüğü gibi, santralin kurulu gücü arttıkça, özgül yatırım maliyeti üstel olarak azalmaktadır.

2.2 Yakıt Masrafları

Kömür yakıtlı termik santrallerde yakıt masrafları elektrik enerjisi üretim maliyetinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Birim elektrik yakıt maliyeti; santralin karakteristik değeri olan termik verim, yakıtın karakteristik değeri olan alt ısı değer ve ekonomik faktör olan yakıt fiyatının fonksiyonu olup, sabittir.

Birim elektrik için gerekli yakıt miktarı olarak tanımlanan özgül yakıt tüketimi Denklem (9) ile hesaplanır.

$$b_e = \frac{3600}{\eta_t \cdot H_u} \quad (9)$$

b_e : Özgül yakıt tüketimi (kg/kWh)

H_u : Yakıtın alt ısı değeri (kJ/kg)

η_t : Termik verimi (%)

Ülkemizde Zonguldak bölgesinde çıkartılan taşkömürü, bitümlü kömür kategorisinde yer almakta olup, ısı değeri 6.200-7.200 kcal/kg arasında değişmektedir.

Türkiye'deki linyitler standartta belirtilen üst ısı değerinin oldukça altındadır. Ülkemiz linyit rezervleri kalorifik değerleri 1.000 kcal/kg ile 4.200 kcal/kg arasında değişiklik göstermektedir (Şekil 2). Örneğin en büyük rezervin bulunduğu Afşin-Elbistan Havzası'ndaki linyit kömürünün üst ısı değeri 1.000-1.400 kcal/kg, alt ısı değeri 900-1.250 kcal/kg'dır [6].

Tablo 2'de, Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü'nce belirlenen 2016 yılı kömür fiyatları verilmiştir.

Özgül yakıt tüketimi ile yakıt fiyatının çarpımından, birim enerji yakıt maliyeti elde edilir.

$$C_f = Fxb_e \quad (10)$$

C_f : Birim enerji yakıt maliyeti (\$/kWh)

F : Yakıt fiyatı (\$/kg)

Herhangi bir t yılındaki yıllık yakıt masrafı,

$$C_{f_t} = c_f \cdot xE \quad (11)$$

E : Santralin yıllık enerji tüketimi (kWh/yıl)

Hesaplamalarda yakıt masrafının geometrik olarak artış gösterdiği kabul edilirse, santralin ömrü boyunca toplam yakıt masrafı aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$C_y = \frac{c_{f_t}}{r - e_y} [1 - (1 + e_y)^n \cdot (1 + r)^{-n}] \quad (12)$$

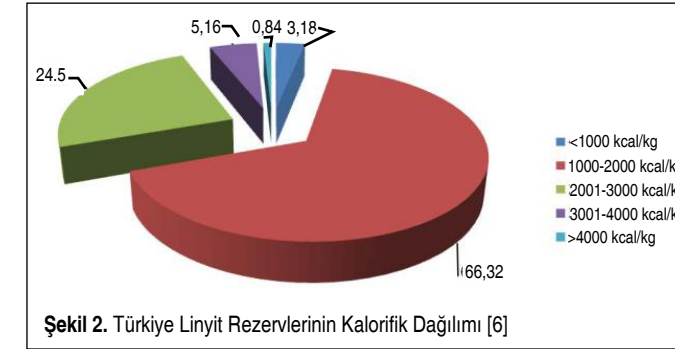
C_y : Santralin yakıt masrafı (\$)

r : İskonto oranı (%)

e_y : Eskalasyon oranı (%)

n : Santral ömrü (yıl)

C_{f_t} : Herhangi bir t yılındaki yıllık yakıt masrafı



Şekil 2. Türkiye Linyit Rezervlerinin Kalorifik Dağılımı [6]

2.3 İşletme ve Bakım Masrafları

Santrallerin üretim yapabilmesi için gerekli olan malzeme, işçilik, yönetim masrafları ile planlı ve zorunlu bakım için gerekli olan malzeme ve işçilik masrafları, işletme ve bakım masrafları olarak adlandırılır. Santral tipleri arasında farklılık gösteren bu masraflar, birim güç başına değer olarak (\$/kW-yıl) gösterilir [4].

Teknik karakteristikleri Tablo 3'te verilmiş olan kömür yakıtlı santrallerin işletme ve bakım masrafları görülmektedir.

Kömür yakıtlı santrallerde işletme masraflarının en büyük kısmı, kömür ve kül için taşıma ile depolama masrafıdır. Ayrıca bu masraflara su, yağ ve diğer maddeler, bakım ve tamir, personel aylıkları gibi masraflar da örnek olarak sayılabilir.

Santrallere ait t yılındaki işletme ve bakım masrafları (Cmt) aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$Cmt = cmt \cdot xN \quad (13)$$

Tablo 2. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Tarafından Üretilip Satılan KDV Hariç Kömür Fiyatları [7]

MÜESSESE İŞLETME KONTROL MÜDÜRLÜĞÜ		2016 OCAK TL/TON FİYATI
KÜTAHYA TAŞANLI (GLİ)	Tunçbilek Yıkamış +18 mm	326,00
	Tunçbilek Yıkamış +18 mm (Torbalı)	344,00
	Tunçbilek Yıkamış 10-18 mm	326,00
	Tunçbilek Yıkamış 10-18 mm (Torbalı)	344,00
	Tunçbilek Yıkamış 0,5-18 mm Arası	194,00
KLI	Keles Krible +40 mm	162,00
	Keles Krible +40 mm (Torbalı)	180,00
	Keles Krible 0 - 40 mm	43,00
MANISA SOMA (ELİ)	S. Kırakdere Yıkamış +18 mm	326,00
	S. Kırakdere Yıkamış +18 mm (Torbalı)	344,00
	S. Kırakdere Yıkamış 10 - 18 mm	326,00
	S. Kırakdere Yıkamış 10 - 18 mm (Torbalı)	344,00
	S. Kırakdere Yıkamış 0,5 - 18 mm Arası	189,00
	Briket (Torbalı)	321,00
	Kırakdere Krible +20 mm	367,00
	Kırakdere Krible +20 mm (Torbalı)	385,00
	Kırakdere Krible 0 - 20 mm	146,00
	Soma Deniz Yıkamış +18 mm	249,00
	Soma Deniz Yıkamış +18 mm (Torbalı)	267,00
	Soma Deniz Krible 0 - 18 mm	83,00
Soma Deniz Yıkamış 0,5 - 10 mm Arası	167,00	
ÇLI	Çan Krible +30 mm	251,00
	Çan Krible +30 mm (Torbalı)	269,00
	Çan Krible 0 - 30 mm Arası	151,00

cmt : t yılındaki yıllık özgül işletme ve bakım masrafları (\$/kW-yıl)

Cmt : t yılındaki işletme ve bakım masrafları(\$/kW)

N : Santral kapasitesi (kW)

Santralin ömrü boyunca toplam işletme ve bakım masrafları aşağıdaki denklem ile bulunabilir.

$$C_{m_{pw}} = C_{m_t} \cdot \left[\frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n \cdot i} \right] \quad (14)$$

Tablo 3. Kömür Yakıtlı Santrallerde İşletme ve Bakım Masrafları (\$/kWh-yıl) [3]

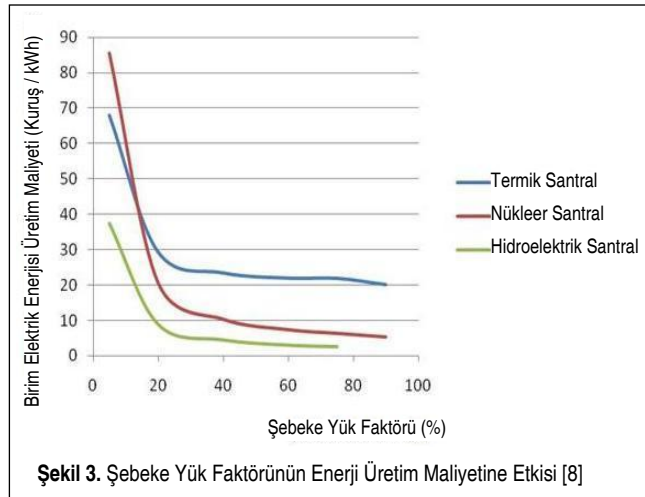
Ülke	Güç (MW _e)	O & M Masrafları	Sabit Masraflar (%) L _r =%75	O & M Masrafları Projeksiyonu			
				2000	2010	2020	2030
Belçika	1 x 750	32	NS	NS			
Kanada	4 x 749	28.3	35	1	1	1	1
Danimarka	1 x 385	47.6	60	1	1	1	1
Finlandiya	2 x 500	35.2	32	1	1	1	1
Fransa	2 x 500	50.6	93	1	1.16	1.36	1.56
Almanya	1 x 700	97.8	85	NS			
İtalya	4 x 610	53.7	70	1	1	1	1
Japonya	4 x 700	51.2	100	1	1	1	1
Hollanda	2 x 600	31	85	1	1	1	1
Portekiz	4 x 276	40.9	50	1	1	1	1
İspanya	1 x 500	37.8	78	1	1	1	1
İsveç	1 x 600	54.7	48	1	1	1	1
Türkiye	2 x 461.5	NS					
İngiltere	1 x 200	85	62	NS			
ABD	2 x 600	67.3	36	1	1	1	1
Çin	2 x 600	31.3	86	1	1.02	1.05	1.09
Çekoslovakya	1 x 524	44	67	1	1.09	1.16	1.16
Hindistan	4 x 190	26.6	90	1	1	1	1
Kore (1)	2 x 455	56.7	100	1	1	1	1
Rusya (2)	3 x 317	(35)	75	NS (3)			

$C_{m_{pw}}$: Toplam işletme ve bakım masrafları (\$)

3. ŞEBEKE YÜK FAKTÖRÜNÜN BİRİM ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM MALİYETİNE ETKİSİ

Yakıt masrafı, önceki bölümlerde bahsedildiği üzere, $C_{f_i} = c_f \cdot xE$ idi. Buna göre, L_f 'nin değişimi yıllık elektrik tüketimini (E), yıllık enerji tüketiminin değişmesi de yakıt maliyetini dolayısıyla birim elektrik enerjisi üretim maliyetini de değiştirecektir. Termik santrallerde olduğu gibi, nükleer santrallerde de L_f direk olarak yakıt masraflarını, dolayısıyla elektrik enerjisi üretim maliyetini etkilemektedir. Yenilenebilir enerji santrallerinde ise yakıt masrafı söz konusu olmadığından L_f 'nin değişiminden en az etkilenen bu santraller olacaktır.

Şekil 3'te, termik, nükleer ve hidroelektrik santraller için birim elektrik enerjisi üretim maliyetlerinin (g), şebeke yük faktörüne (L_f) göre değişimi verilmiştir.



4. SONUÇ

Bu çalışmada, kömür yakıtlı elektrik üretim santrallerinde birim elektrik enerjisi üretim maliyet hesaplarının nasıl yapılacağı incelenerek santralin ekonomik ömrü boyunca oluşan masraflar ve masraf detayları araştırılmıştır. Grafik ve denk-

lemlerde bu masraflara etki eden faktörler net bir şekilde görülmektedir.

Şebeke yük faktörünün birim elektrik enerjisi üretim maliyetlerini nasıl etkilediği de detaylı araştırılarak termik, nükleer ve hidroelektrik santraller de karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar literatürdeki bilgileri doğrulamaktadır.

Grafik incelendiğinde, kömür yakıtlı termik santral ve nükleer santral için eşit maliyet yük faktörü $L_f = \%15$ 'tir. $L_f < 15$ olduğunda nükleer santral, kömür yakıtlı termik santralden daha pahalı elektrik üretmeye başlar. Hidroelektrik santralde ise $L_f < 20$ olması takdirde, enerji üretim maliyetinde hızlı bir artış olmaktadır. Her üç santralde de yük faktörünün $\%20$ 'nin altına düşmesi durumunda maliyette hızlı bir şekilde artış olduğu açıkça görülmektedir [8].

Kömür yakıtlı enerji santrali proje yatırımları öncesinde bu hesaplamalar mutlaka yapılmalı ve elde edilen veriler değerlendirildikten sonra yatırım kararı verilmelidir.

SEMBOLLER

N	Güç
C_{pw}	Tesisin ömür boyu yaptığı toplam masraf
$C_f(t)$	Zamana bağımlı yakıt masrafı
$C_m(t)$	Zamana bağımlı işletme-bakım masrafları
C_{aw}	Eşdeğer ve üniform yıllık masraf
r	İskonto oranı
n	Tesis ömrü
t	Zaman
E	Yıllık enerji üretimi
i	Yıllık nominal faiz oranı
e	Yıllık eskalasyon oranı
g	Eşdeğer ve üniform birim enerji maliyeti
F	Yakıt fiyatı
I_d	Tesisin direkt inşaat bedeli

C_s	Özgül yatırım maliyeti
C_f	Birim enerji yakıt maliyeti
b_e	Özgül yakıt tüketimi
H_u	Yakıtın alt ısıl değeri
η_t	Termik verim
C_{mt}	Özgül işletme ve bakım masrafları
ey	Yakıt eskalasyonu
C_{aw}	Yıllık eşdeğer masraf serisi
C_{pw}	Ömür boyu yapılan toplam masraf

KAYNAKÇA

1. Sengüler, İ. 2007. "Ülkemiz Enerji Bütünleşmesinde Marmara ve Trakya Bölgesi Kömürlerinin Yeri," Marmara Enerji Forumu, 7-8 Eylül 2007, İstanbul.
2. Karakaş, K. 2002. "Doğalgaz ile Elektrik Enerjisi Üretimi ve Ekonomik Analizi," Yüksek Lisans Tezi, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
3. Aybers, N., Şahin, B. 1995. Enerji Maliyeti, Yıldız Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
4. Erdem, H. 2004. "Elektrik Üretim Sistemlerinde Kapasite Optimizasyonu," Sigma Dergisi, sayı 3, s.103-106.
5. William R., Park, P. E. 1973. Cost Engineering Analysis, John Wiley&Sons, New York.
6. Stratejik Planlama Koordinasyon Birimi. 2010. Linyit Sektör Raporu, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, Ankara.
7. Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü, 2015. "Kömür Satış Fiyatları," <http://www.tki.gov.tr/Dosyalar/Dosya/komurfiyat.pdf>, son erişim tarihi: 10.02.2015.
8. Arslan, F. 2010. "Enerji Santrallerinde Birim Elektrik Enerjisi Üretim Maliyetlerinin Karşılaştırılması," Y.T.Ü Makine Fakültesi Hidromekanik ve Hidrolik Makinalar Anabilim Dalı, Lisans Bitirme Tezi, İstanbul.