

Bileşik ısı-elektrik üretimi ve enerji tutumluluğu

Sevinç KICIMAN

UDK: 621.311.22

ÖZET

Bu yazıda, elektrik enerjisi üreten buhar santrallerinden atılan artık ısıdan yararlanılarak, yakıt veriminin yükseltilmesini ve dolayısıyla enerji kaynaklarının eniyi (optimum) kullanımını amaçlayan "bileşik ısı-elektrik üretimi" yöntemine değinilmekte; Türkiye'nin uzun dönem elektrik enerjisi planlamasında yer alan teknik santrallerin bileşik ısı-elektrik santralleri olarak kurulmasıyla kazanılabilecek yakıt tutumluluğu yararlan incelenmektedir.

SUMMARY

The most effective way for optimum use of fuel is to bene fit the waste heat of thermal power plants through combined heat and pover plants so as to increase the fuel efficiency.

This paper deals with the role of combination of heat and pover generation on energy saving by giving an example of Turkey 's long term electricity generation.

1. ENERJİ TUTUMLULUĞU

Enerjinin, insanlığın ilerlemesinde, ülkelerin ekonomik bağımsızlıklarının kazanılmasında ve sürdürülmesinde yavaşsalsal bir önemi vardır. Ancak, dünya nüfusundaki hızlı artış; gelişmiş ülkelerde insan gücünün yerini yüksek enerji girdili yöntemlerin alması, rahat yaşam koşullarına olan aşırı istem; gelişmekte olan ülkelerin gelişme hızları yeryüzünün geleneksel ve sınırlı enerji kaynaklarının hızla tüketildiğini ve yakın bir gelecekte bir noktada, artan enerji istemini artık karşılayamayacağını gösteren kanıtlardır.

Diğer yönden, nükleer füzyon, güneş, rüzgar, denizlerdeki gel-git ve dalga enerjileri gibi henüz gelişmelerinin başlangıç aşamasında olan enerji türlerinin yararlanılabilecek duruma gelmeleri için teknolojik gelişmelere ve dolayısıyla zamana gereksinme vardır.

Bilinen enerji kaynaklarından, yeni enerji kaynaklarına

Sevinç Kiciman, Elek. Yük. Müh., TEK

geçiş döneminde son derece özenle hazırlanacak ve enerjinin en iyi kullanımını amaçlayacak enerji programları bugünün dünyasının en önemli ve zorunlu gereksinmelerinden biridir.

Enerji artıklarının değerlendirilmesi ve enerji verimliliğinin artırılmasıyla enerji kaynaklarının en iyi (optimum) kullanılması olarak tanımlayabileceğimiz "en iyi tutumluluğu" özellikle kısa ve orta dönem için büyük bir önem taşımaktadır. Enerji tutumluluğunun uygulanabileceği en etkili alanlardan biri de termik santrallerin atık ısılarından yararlanılarak bileşik-ısı elektrik üretimi sağlamak ve dolayısıyla yakıt verimini en yüksek düzeye çıkarmaktır.

2. ATILAN ISININ YARARLI KULLANILIŞ ALANLARI

Atılan ısının, uygulama alanını saptayan en önemli parametre düşük veya yüksek nitelikli; bir başka deyimle düşük veya yüksek sıcaklıkta olmasına bağlıdır. Buhar santrallerinden atılan ısı çok sınırlı uygulama alanları bulunan 30°C dolaylarında ve düşük nitelikli bir ısıdır. Böyle bir atığın yararlı olabilmesi için sıcaklığın yükseltilmesi gereklidir. Bu amaçla buhar santrallerine

- ara-sıcaklık alma (extraction/condensing) veya
- geri basınç türbinleri (back-pressure)

eklenmektedir. Gaz türbinlerinde atılan ısı ise yüksek nitelikli olup ara donanımlara gerek göstermemektedir.

Atık ISI uygulamalarını düşük nitelikli ve yüksek nitelikli atık ısı olmak üzere iki grupta inceleyebiliriz.

a) Düşük Nitelikli Atık Isı Uygulaması

Buhar santrallerinde kondansörden geçirilmiş atık ısının da bazı koşullar altında uygulama alanları vardır.

- Isıtmada

Kondansörde sıcaklığı düşürülmüş su, ısı pompaları ilkesine göre ısıtmada kullanılabilir.

— Tarımda

Termik santralden atılan sıcak suyun en çok uygulanabileceği tarımsal alanlardan biri soğuk sulama suyuna karıştırılarak bitkilerin çok soğuk sudan görebileceği zararları ortadan kaldırmaktır. Bu amaçla, Eugene (Oregon) Mater and Electric Board tarafından 475.000 S'lık bir yatırımla 68 hektarlık bir sulama projesi uygulanmış ve bitkilerin büyüme ve gelişmele-

rinde hızlanma ve soğukta donmalarını önlemek gibi çok olumlu sonuçlar alınmıştır.

Bir başka uygulama seraların ısıtılmasıdır. Ayrıca yeterinden fazla sıcaklık isteyen ve büyümesinin her aşamasında farklı sıcaklıklar gerektiren pirinç tarlaları için sıcaklığı ayarlanabilen su sağlamak olanağı da vardır.

Tavukçulukta kullanılan binaların ısıtılması da düşük nitelikli atık ısının tarım alanındaki bir başka uygulamasıdır.

b) Yüksek Nitelikli Atık Isı Uygulaması

Buhar ve sıcak su halinde olabilen yüksek nitelikli ısı

- endüstriyel proses ısısı olarak,
- kentlerin merkezsel ısıtılmaları ve klima tesisleri için,
- artık arıtmada,
- su damıtılmasında

kullanılabilir.

Genellikle, bütünsel açıdan verimli olan yüksek nitelikli ısı uygulaması santral ile kullanıcılar arasında tümleşik tesisler gerektirmekte ve planlamada çok özenli olmak zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır.

Böyle bir sistemde, termik santralin aransı alma/kondansör (extraction/condensing) veya geri basınç (back/pressure) türbinleri ile donatımı gereklidir. Ara-ısı alma/kondansör tipinde proses buharı, türbinin uygun bir noktadan alınmakta veya geri basınç türbini halinde ise geri-basınç buharı olarak sağlanmaktadır.

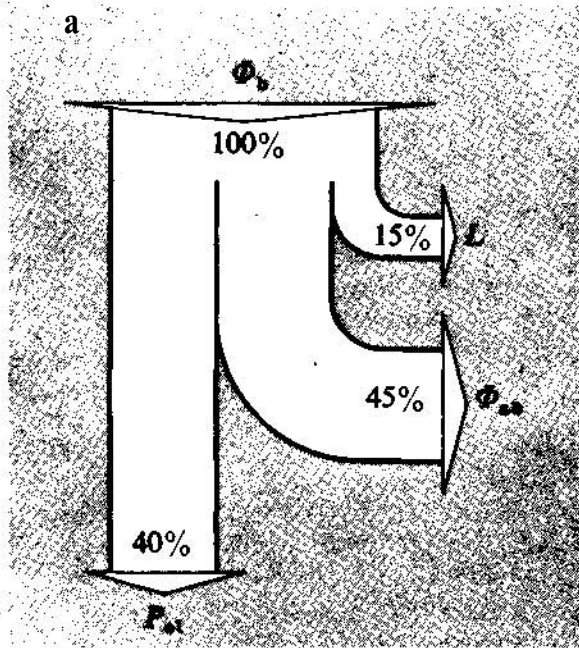
3. YÜKSEK NİTELİKLİ ISI UYGULAMASI VE BİLEŞİK ISI-ELEKTRİK SANTRALLARI

Bileşik ısı-elektrik santralden, yüksek nitelikli ısı uygulamasının en önemli örneğidir.

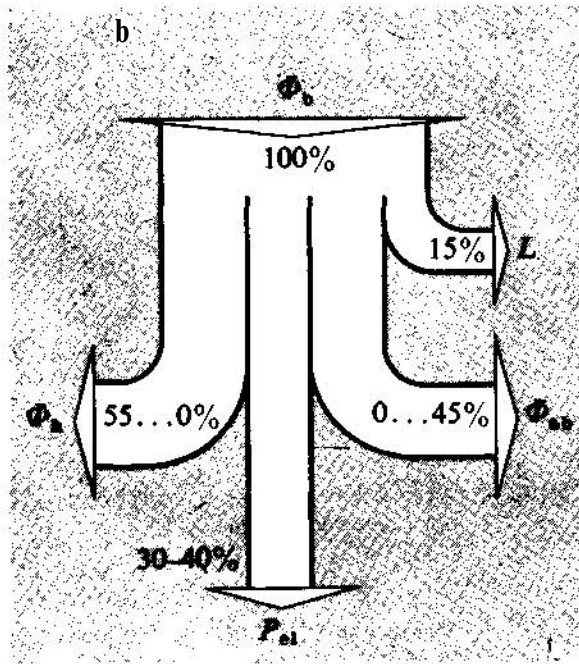
Enerji yaşamın vazgeçilmez bir öğesidir. Ancak yeryüzündeki enerji kayrakları doğrudan doğruya kullanılmakta ve bir "dönüşüm" gerektirmektedir. Gerek enerji tutumluluğu ve gerek çevre sorunlarına olumsuz etkisi olan dönüşüm sırasında çevre için olası en yüksek koruma ile enerjinin en ekonomik kullanılması arasında dengeli bir ilişki bulunmalıdır.

Termodinamik yasasına göre, ısının mekanik enerjiye veya mekanik enerji yoluyla elektrik enerjisine dönüşümü sırasında yaklaşık % 60 oranında kayıplar oluşmakta ve genellikle su soğutmalı olarak akarsulara veya soğutma

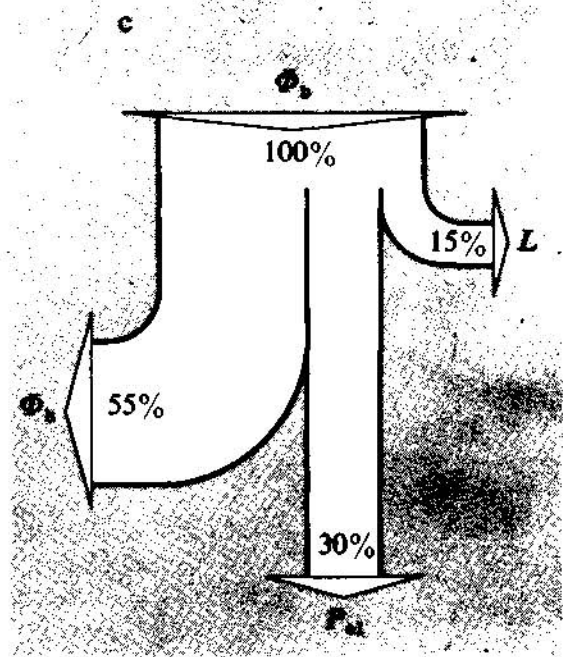
bacaları ile çevreye atılmaktadır (Şekil 1). Bu atık ısının uygun buhar koşullarında, buhar türbininden (ara-ısı alma türbini) veya türbin çıkışından sonra (geri-basınç türbini) buhar alınması ilkelerine göre yararlı hale getirilmesi ile kayıpların % 15 dolaylarına kadar düşürülmesi olancağı enerji tutumluluğunda önemli bir adım sayılmaktadır (Şekil 2).



1. a) Kondanse türbin



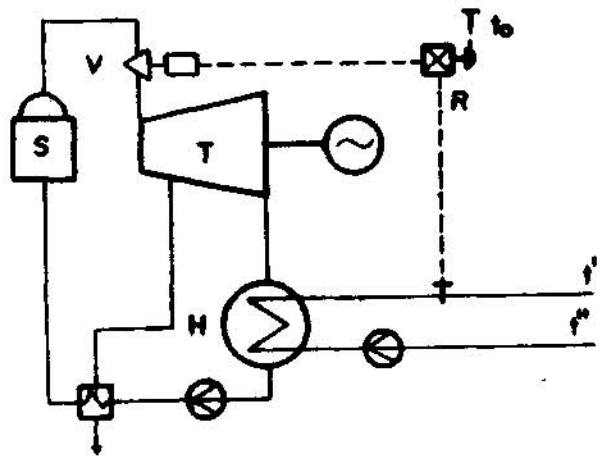
1. b) Ara buhar-alma türbini



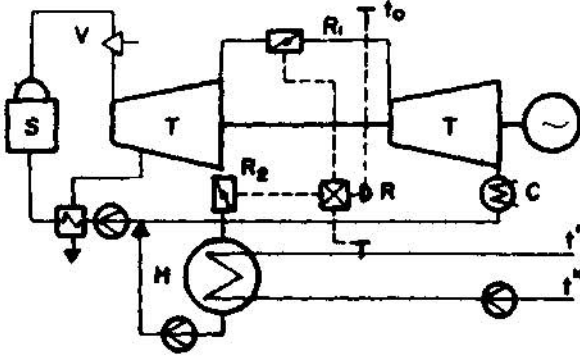
1. c) Geri-basınç türbini

- $\langle \phi_b \rangle$: YAKIT ISI GİRDİSİ
- $\langle \phi_{ab} \rangle$: ATIK ISI
- $\langle \phi_h \rangle$: ISI ÇIKTISI
- L : KAYIPLAR
- P_{e_i} : ELEKTRİK ÇIKTISI

ŞEKİL 1. SANKEY ÇİZGELERİ



2..a) Geri-basınç türbini



2 b) Ara basınç alma türbini

t_o : Çevre sıcaklığı	S : Buhar Generatörü
t' : Gidiş sıcaklığı	T : Türbin
t'' : Dönüş sıcaklığı	H : Isıtıcı Kondansör
C : Soğuk su kondansörü	V : Taze buhar vanası
R_1, R_2 : Kelebek vana	R : Governor

ŞEKİL 2 GERİ BASINÇ VE ARA BASINÇ ALMA TÜRBINLERİ

Bir merkezsel ısıtma santralinde yakıt ısıya dönüşmekte ve yakıtın ancak % 60-70'i yararlı hale geçebilmekte; % 30-40'ı ise kaybolmaktadır.

Bir elektrik santralinde ise yakıt ısıya, ısı mekanik enerjiye ve mekanik enerji de elektrik enerjisine dönüşmekte; yakıt verimi genellikle % 30-40 arasında değişmektedir. Yakıtın orijinal enerjisinin % 60-70'i ise çevreye (su veya hava) atılmaktadır.

Brüt termik verim

$$\eta_{TJ} = \frac{P_{el}}{\phi_{hg}} + \frac{\phi_h}{\phi_{hg}} = \frac{P_{el} + \phi_h}{\phi_{hg}}$$

olarak tanımlanabilir.

Burada

P_{el} : Elektrik çıktısı

ϕ_h : Isı çıktısı

ϕ_{hg} : Buhar generatörüne ısı girdisidir.

Elektriksel verim ise

$$\eta_{el} = \frac{P_{el}}{\phi_{hg}} \text{ veya}$$

Bu değer termik verim formülünde kullanılırsa

$$\eta_t = \eta_{el} \left(1 + \frac{\phi_h}{P_{el}} \right)$$

olacaktır. Buradan görüldüğü gibi elektrik çıktısına göre daha yüksek olan ısı çıktıları teknik verimin artmasına neden olacak; bir başka deyimle ısı çıktısının kullanılması ile termik verim artacaktır.

Kondanse buhar türbinlerinde % 30 dolaylarında olan termik verim ısı çıktısının elektrik çıktısına oranının (ϕ_h/P) artması ile yükselmekte ve oranın 1,5-2 arasındaki değerlerinde % 80 dolaylarında bir verim sağlanabilmektedir.

Yakıt tutumluluğunun ötesinde ayrıca:

- çevre kirlenmesi azaltılacak,
- yaşam düzeyi olumlu etkilenecek,
- ekonomik yönden yarar getirilecektir.

4. TÜRKİYE'NİN UZUN DÖNEM ELEKTRİK ENERJİSİ GEREKSİNİMİNİN KARŞILANMASI VE BİLEŞİK ISI-ELEKTRİK SANTRALLERİNİN SAĞLAYACAĞI YARAR

Ülkemizin elektrik enerjisi istemi, ekonomik yapının tarımdan endüstriye kaymasına ve gittikçe yükselen yaşam düzeyine paralel olarak hızla artmaktadır. 1978 yılında 3700 MW ve 22 milyar kWh olan istemin

4. Plan Döneminde % 14,4
5. Plan Döneminde % 9,5
6. Plan Döneminde % 8,0
7. Plan Döneminde % 6,7

artış hızlarıyla 1990'ların sonunda 200 milyar kWh'e ulaşacağı tahmin edilmektedir.

1983-2000 döneminde elektrik enerjisi istemini en iyi (optimum) ve güvenilir bir şekilde karşılayacak üretim tesislerinin planlamasında, dışa bağımlılığın azaltılması, özellikle hidrolik ve fosil yakıtları gibi özkaynaklarımıza dayalı elektrik enerjisi üretiminin "en düşük maliyetlerle sağlanması" ilkeleri ile koşullandırılmış "Doğrusal Programlama" yöntemi kullanılmıştır.

Matematisel modellere geçmeden önce tüm hidrolik ve fosil yakıt potansiyelimiz elektrik enerjisi yönünden değerlendirilmiştir.

Hidrolik potansiyelimiz 26 havzada gruplandırılmakta olup toplam 26016 MW ve 100.5 milyar kWh/yıl ekonomik bir potansiyel oluşturmaktadır.

Katı fosil yakıt potansiyelimiz ise linyitler ile bitümlü şistler olarak sınıflandırılmakta ve uzun dönemde kurulmak üzere 4100 MW'lık ek bir linyit kapasitesi ve 850 MW'lık bir bitümlü şist kapasitesinin eklenme olanağı vardır.

Termik olanak olarak nükleer ve akaryakıt seçenekleri

de gözönüne alınmış; ancak Doğrusal Programlama Modelimiz 1986 yılında işletmeye girmesi öngörülen 600 MW'lık ilk nükleer birimin dışında 1992'ye kadar nükleer birim seçeneğini almamış; 1992-1997 yılları arasında yaklaşık 5000 MW'lık ek nükleer kapasitenin kurulmasını öngörmüştür. Sonuçlar özel olarak Çizelge 1'de beşer yıllık dönemler halinde verilmektedir.

ÇİZELGE 1
1983-1997 Dönemi Elektrik Enerjisi Gereksinmesinin Karşlanması

		1983	1987	1992	1997
Tüketim	MW	7.960	12.560	20.870	32.620
	GWh	44.600	70.400	117.000	182.900
Hidrolik Üretim	MW	4.814	8.284	17.156	26.000
	GWh	19.636	31.486	57.134	100.000
	MW	5.842	8.648	12.448	15.000
Termik Üretim	GWh	34.604	49.019	73.710	90.000

Bu incelemeye göre elektrik enerjisi üretiminin kullanılacak Ulusal Enerji Kaynaklarımızın yıllara göre kullanılma oranları Çizelge 2'de özetlenmektedir.

Yapılan bu incelemenin en önemli sonucu, elektrik enerjisine çevrilebilecek, bilinen birincil enerji potansiyelimizin 1990'ların sonuna doğru tükeneceğinin belirlenmesidir. 1983-1992 döneminde işletmede olacak katı fosil yakıt santrallerinin yakıt miktarları ton ve taşkömürü eşdeğeri (TKE) olarak Çizelge 3'de; 1983-1992 döneminde işletmeye girecek katı fosil yakıt miktarları Çizelge 4'de verilmektedir. Bu çizelgelerden yararlanarak 1983-1992 döneminde işletmeye girecek katı fosil yakıt santrallerimizin bileşik ısı-elektrik santralleri şeklinde kurulmasıyla yakıt yararlarının ne olabileceği üzerinde bir irdeleme yapılabilir (Çizelge 5).

ÇİZELGE 2
Elektrik Enerjisi Üretebilecek Ulusal Enerji Kaynaklarının Yıllara Göre Kullanılma Oranları (%)

	1982	1987	1992	1997
Katı Fosil Yakıt Potansiyeli	40,1	58,9	73,2	100,0
Hidroelektrik Potansiyeli	16,8	37,6	78,0	100,0.

ÇİZELGE 3
Linyit Santrallerinin Yakıt Gereksinmesi (1983-1992)

		1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Yakıt	(Mil. Ton)	38,2	40,5	43,5	48,6	56,3	61,2	67,9	76,0	79,6	80,0
Linyit TKE	(Mil. Ton)	9,9	10,7	11,9	13,0	14,2	15,0	16,2	18,1	18,9	19,0

ÇİZELGE 4
1983-1992 Döneminde İşletmeye Girecek Linyit Santrallerinin Yakıt Gereksinmesi
(1983 -1992)

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
LİNYİT										
Yakıt (Mil. Ton)	-	2,3	5,3	10,4	18,1	23,0	29,7	37,8	41,4	41,8
TKE (Mil. Ton)	-	0,8	2,0	3,1	4,3	5,1	6,3	8,2	9,0	9,1

NOT: 1983 yılında işletmeye girecek linyit santral öngörülmemektedir.

ÇİZELGE 5
1983-1992 Döneminde İşletmeye Girecek Linyit Santrallerinin Bileşik Isı-Elektrik
Santralleri Olması Halinde Sağlanacak Yakıt Yararı

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
YAKIT YARARI										
Yakıt (Mil. Ton)	-	0,7	1,6	3,1	5,4	6,9	8,9	11,3	12,4	12,5
TKE (Mil. Ton)	-	0,2	0,6	0,9	1,3	1,5	1,9	2,5	2,7	2,7

Buna göre yakıtta % 60 verim alınması varsayımı ile 1983-1992 döneminde işletmeye girmesi öngörülen linyit santrallerinde sağlanacak yakıt yararı on yılı kapsayan 1983-1992 döneminde toplam 62.8 milyon ton linyit veya toplam 14.3 milyon ton taşkömürü eşdeğeri olacaktır.

1980-1982 yıllarında işletmeye girmesi öngörülen Elbistan A 14, Soma B 1-2, Yatağan 1-2, Çayırhan 1-2, Kangal 1-2, Çan 1-3, Orhaneli ve Yeni Çatalağzı-B Santralleri ısıtma veya endüstri buharı amacıyla bileşik ısı-elektrik santralleri şeklinde kurulacak şekilde planlanmış olsaydı bu değer 13 yılı kapsayan 1980-1992 döneminde 130 milyon ton yakıt yararına çıkabilecekti ki oldukça önemli ölçüde ısıtma veya endüstri buharı sağlayacaktı. Salt ısıtma olarak düşünülürse bu değer yaklaşık olarak yılda 7,5 milyon kişilik bir bölgenin ısıtılması anlamına gelmektedir.

5. SONUÇ

Yeryüzünün bilinen enerji kaynaklarının, hızla artan enerji istemini, yakın bir gelecekte artık karşılayamaya-

cağı gerçeği tüm dünya ülkeleri için olduğu gibi ülkemiz için de yaşamsal bir sorundur. Genel enerji yönünden yapılan çalışmalar, bilinen birincil kaynaklarımızın 1978-1992 yılları arasında ortalama % 8 oranında bir istem artışına yeterli olamayacağı gerçeğini ortaya koymuştur.

Elektrik enerjisi gereksinmemizin karşılanması için 2000 yılına kadar yapılan incelemeler ise, ulusal birincil enerji potansiyelimizin 1990'ların sonuna doğru tükeneceğini açıklamaktadır. Kovansiyonel olmayan enerji kaynaklarının kullanılmasının ise teknolojik gelişmeler için zaman gereksinimleri vardır.

Enerji sorunları için sürdürülen çalışmaların yalnızca enerji kaynaklarının kısıtlı kullanılmaları veya yeni enerji türlerinin bulunup geliştirilmesi gibi dar anlamda düşünülmemesi; enerji savurganlığının önlenmesi ve birincil enerji kullanımındaki verimliliği artıran teknolojik gelişmelerin de gözönüne alınması gerekir. Bu nedenle gerek katı fosil yakıt santrallerimiz ve gerek nükleer ünitelerimizin tasarımında yalnız "enerji amaçlı" davranmayıp; enerji tutumluluğuna, ekonomimize, sosyal yaşantımıza ve çevre sorunlarına olumlu etkileri olacak bileşik-ısı

elektrik üretimleri gözönüne alınmalıdır. Ancak, ekonomi, yakıt, çevre ve sosyal koşullar üzerinde önemli ve olumlu etkileri olan bu tür tümleşik tesislerin başarılı bir şekilde kurulup işletilebilmesi için uygulamada engellerin ve sorunların çözümlenmesi gerekmektedir.

örneğin, bu tür uygulamada ısı, (merkezi ısıtma ve/veya endüstri buharı olarak) ve elektrik enerjisi isteminin karşılanmasında ekonomik ölçütlerden uzaklaşılması gerekir. Bir bileşik ısı-elektrik santralının optimizasyonunda, birincil enerji fiyatı, buhar koşulları, yararlanılan buhar miktarı, çalışma süresi, özgül ısı ve güç istemleri, yedek ısı kapasitesi, türbin verimi, santralın büyüklüğü ve tipi, kWh/Kcal. değeri ve ısı iletim-dağıtım sisteminin uzunluğu önemli öğeler olmakta; ısı ve elektrik tarifelerini etkilemektedir. Bu öğelerin oluşturacağı koşullar genellikle teknik ve ekonomik kaynaklı olmakta ve her ülke için kendine özgü engeller oluşturmaktadır. Ayrıca bu tür tümleşik tesislerin yüksek kapital maliyetleri gerektirmesi de bazı finansman zorluklarına neden olmaktadır.

Bir diğer engel de kurumsal açıdan düşünülebilir. Bileşik ısı-elektrik santrallarının kurulması ve işletilmesi elektrik kurumları ile merkezi ısı kurumları veya belediyelere bağlı kuruluşlar arasında tam bir işbirliğini ve belki de ortak kurumların oluşturulmasını gerektirmektedir.

Yakıtın en yüksek verimde kullanılması yöntemlerinden biri olan bileşik ısı elektrik santrallarının ülkemiz gerçekleri, engelleri ve ekonomisi yönünden incelenerek zaman geçirmeden, özellikle bundan sonra ele alınacak santrallar için uygulanmasına özen gösterilmelidir.

Ayrıca, birçok ülkede mevcut termik santrallarda bazı değişiklikler yapılarak türbin tipi değiştirilerek tümleşik tesis kurma olanakları incelenmekte ve uygulamaya geçilmektedir. Bu durumun da özenle incelenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- (1) Anderson, D.; "Models for Determining the Least-Cost Investments in Electricity Supply", *Bell Journal of Economics and Management Science*, Cilt. 1, No. 1, 1972.
- (2) Kelly, P.; "The International Energy Agency's Experience with Energy Conservation", 10. Dünya Enerji Konferansı, 1977.
- (3) Manescu, N., N. Armencoiu, C. Dinculesu, N. Vasilescu, D. Rentea; "Achievements and Prospects of Combined Heat and Power Production in Romania", 10. Dünya Enerji Konferansı, 1977.
- (4) Schulte, H.; "The Combined Generation of Heat and Electricity As a Means of Saving Primary Energy", 10. Dünya Enerji Konferansı, 1977.
- (5) Almquist, P., S. Groop; "Nuclear Power Plants for Combined Production of Electricity", 10. Dünya Enerji Konferansı, 1977.
- (6) Nikkamen, A., M. Seppä; "Plans for the Combined Nuclear District and Electricity Production Concerning The Helsinki Metropolitan Area", IAEA, 1974.
- (7) Mikola, J.; "The Use of a Computer in Energy Division Calculations for the Long Term Optimisation of Combined Electricity and District Heat Supply"
- (8) Haase, M.; "Influence of the Combination of Power and Heat Generation on Power Plant Technology" Combustion, Ağustos 1978.
- (9) "Combined Heat and Power is core of Romanian Policy"; Energy International, Şubat 1977.
- (10) Schwarzenbac, A.; "Economical Design of District Heating Power Plants", Brown Boveri Review, Eylül 1977.
- (11) Mühlhauser, H.; "Steam Turbines in Conventional Combined District Heating and Power Stations", Brown Boveri Review, Eylül 1977.
- (12) Kıcıman, S.; "Bileşik Isı-Elektrik Santralları ve Elektrik Enerjisi Planlamasındaki Yeri", MMO Bilimsel ve Teknik Kongresi, 1977.
- (13) Kıcıman, S.; "Bileşik Isı Elektrik Santralları ve Enerji Tutumluluğu", 3. Genel Enerji Kongresi, Ankara 1978.
- (14) Kıcıman, S.; "Combination of Heat and Power Generation and Energy Saving", ECE Seminar on the Combined Production of Electric Power and Heat CECE/SEM 2/R.21, Hamburg, 1978.
- (15) Lind, C.E.; "Obstacles to Increased Combined Heat and Power Production", ECE Seminar on the Combined Production of Electric Power and Heat (ECE/Sem 2/R.4).
- (16) Kıcıman, S.; "Combined Heat and Power Generation and Energy Saving", Second Total Energy Congress, Kopenhag, 1979.