

TERMİK SANTRALLARDA JEOTERMAL ENERJİDEN YARARLANMANIN YAKIT TASARRUFUNA VE SANTRAL PERFORMANSINA ETKİLERİ

Ahmet DAĞDAŞ

Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 34349/İstanbul

Geliş Tarihi : 09.12.2004

ÖZET

Ülkemizin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamada termik santrallerin payı % 61'dir. Termik santrallarda kullanılan fosil yakıtların hızla tükenmesi, yakıt tasarrufunun önemini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada termik santrallarda kazan besleme suyunun, düşük sıcaklıklı jeotermal kaynaklardan yararlanarak ön ısıtılmasının, santral genel verimi ve yakıt tasarrufu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapılan analizlere göre bir termik santralde, jeotermal ön ısıtma ile sağlanacak verim artışı % 2-4 aralığında olmaktadır. Bu çalışmada incelenen ve klasik Rankine çevrimine göre çalışan bir kömür yakıtlı termik santralin, jeotermal ön ısıtma ile yıllık parasal yakıt tasarrufu yaklaşık olarak 1 milyon US\$ ve verim artışı da % 4.1 olmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Jeotermal, Santral, Ön ısıtma, Performans, Yakıt tasarrufu

THE EFFECTS OF UTILIZING GEOTHERMAL ENERGY IN THERMAL POWER PLANTS ON THE PLANT PERFORMANCE AND FUEL SAVING

ABSTRACT

The share of electricity production from thermal power plants for Turkey is about 61 %. Since the fossil fuels are rapidly consumed, the concept of fossil fuel saving is very important for humanity. In this paper, the effects of boiler feed water preheating by means of geothermal brine on overall performance and fossil fuel savings in thermal power plants are examined. According to the performed analysis, power plant thermal efficiency could be increased of 2-4 % via geothermal preheating. In this analysis, a hypothetical thermal power plant is considered and its performance is evaluated. According to analysis, 1 million US\$ in fossil fuel savings and 4.1 % increase in thermal efficiency could be achieved by the use of geothermal preheating.

Key Words : Geothermal, Power plant, Preheating, Performance, Fuel saving

1. GİRİŞ

Günümüzde elektrik üretim santrallerinin çoğu fosil yakıtları, nükleer enerjiyi ve jeotermal enerjiyi kullanmaktadır. Dünyada termal kaynaklı elektrik üretimi, toplam üretimin % 77'sini oluşturmaktadır. Kalan % 23 ise hidrolik santrallerden karşılanmaktadır (Demirbaş, 2004). Bilinen fosil yakıt rezervlerinin % 68.3'ü kömür, % 15.5'i petrol,

% 16.2'si doğalgazdır (petrol eşdeğeri temeline dayanarak). Bu kaynakların yaklaşık ömürleri ise, petrol için 41 yıl, doğalgaz için 62 yıl, kömür için de 230 yıl olarak belirtilmektedir (Kıncay ve Öztürk, 2003).

Türkiye'nin toplam elektrik üretim kapasitesi 1990 yılında 16318 MW iken 2002 yılında 31846 MW'a ulaşmıştır. 2002'deki kapasiteye göre toplam kurulu

gücün % 61'i termal kaynaklardan, kalan % 38,4'ü akarsu, rüzgar ve jeotermal enerjiden elde edilmektedir. 1985 yılına kadar linyit yakıtlı termik santraller, toplam kapasitedeki en büyük paya sahipti. O tarihten sonra doğalgaz yakıtlı santrallerin artmasıyla kömür yakıtlı santrallerin payı düşmüştür. 2002'de doğalgazlı santrallerin payı % 30,4 kömür yakıtlı santrallerin % 20,4 petrol yakıtlı santrallerin ise % 8,5 olmuştur (Hepbaşlı, 2005).

Son 10 yılda Türkiye'deki elektrik üretimi iki kattan fazla artmasına rağmen, ülkemizin enerji ihtiyacını karşılayamamaktadır. Sonuç olarak Türkiye bugün elektrik ithal eden bir ülke konumundadır. Bulgaristan ile imzalanan anlaşmaya göre 1999-2009 yılları arasındaki 10 yıllık sürede 33,7 milyar kWh elektrik alınacaktır. Alınan elektriğin birim fiyatı 3-3,5 cent/kWh'dır. Bu rakam, elektrik üretmek için yeni santral kurulması ile elde edilecek maliyetten daha ucuzdur (yaklaşık 4-5 cents/kWh) (Kıncay ve Öztürk, 2003; Hepbaşlı, 2005).

Ülkemizde EÜAŞ'a ait 17 adet, ortak kurumlara ait 3 adet olmak üzere toplam 20 adet termik santral bulunmaktadır. Bu santraller, bazı karakteristik özellikleri ile birlikte Tablo 1'de görülmektedir. Ayrıca EÜAŞ'a ait başlıca 43 adet hidroelektrik santral ve 1 adet jeotermal santral daha bulunmaktadır (Kıncay ve Öztürk, 2003; Anon., 2004).

Tablo 1. Türkiye'nin Termik Santralleri, Kurulu Güçleri, Buldukları Yerler ve Kullandıkları Fosil Yakıtlar

Termik Santral Adı	Kurulu Güç (MW)	Yeri	Yakıt
Ambarlı	630	İstanbul	Fuel-oil
Ambarlı	1350,9	İstanbul	Doğalgaz
Aliağa	180	İzmir	Dizel
Gökova	630	Muğla	Linyit
Yatağan	630	Muğla	Linyit
Yeniköy	420	Muğla	Linyit
18 Mart Çanakkale	320	Çanakkale	Linyit
Çayırhan	620	Ankara	Linyit
Çatalağzı-B	300	Zonguldak	Kömür
Afşin-A+B	1360	K.Maraş	Linyit
Orhaneli	210	Bursa	Linyit
Hopa	50	Artvin	Fuel-oil
Kangal	457	Sivas	Linyit
Seyitömer	600	Kütahya	Linyit
Tunçbilek A+B	429	Kütahya	Linyit
Engil	15	Van	Dizel
Bursa	1432	Bursa	Doğalgaz
Hamitabat*	1200	Kırklareli	Doğalgaz
Soma-A*	44	Manisa	Linyit
Soma-B*	990	Manisa	Linyit

* : EÜAŞ ve Bağlı ortaklıklara ait santraller.

Fosil yakıtların hızla tüketilmesi sonucunda yakın zamanda tamamen yeni tip enerji kaynaklarının kullanılması gerekecektir. Oysa bu güne kadar bulunan enerji kaynaklarının hiç birisi tam anlamıyla fosil yakıtlar kadar ekonomik ve verimli olamamıştır. Bu konudaki yoğun araştırmalar halen tüm hızıyla sürmektedir. Bu nedenle mevcut fosil yakıt kaynaklarının mümkün olduğunca verimli kullanılması çok önemli bir enerji politikası olmalıdır. Teorisi ve pratiği hazırlanan her türlü hibrid santral bu amaca hizmet etme düşüncesiyle tasarlanmaktadır.

Fosil yakıtlı sistemlerin yerine geçebilecek alternatif enerji sistemlerinin, mevcut konvansiyonel sistemlerle en kolay entegrasyonu sağlaması gerekmektedir. Aksi halde çok büyük ekonomik maliyetler ortaya çıkacak ve yeni enerji kaynaklarının fizibl olması pek mümkün olmayacaktır. Jeotermal enerji, yenilenebilir enerji tipleri içerisinde fosil yakıtlı konvansiyonel enerji sistemleri ile en kolay uyumu sağlayacak alternatiflerin başında gelmektedir. Çünkü konvansiyonel sistemlere ait tüm ekipmanları kolaylıkla kullanabilmektedir. Bu nedenle hem çevresel açıdan temiz, hem de teknolojik açıdan ekonomik olmaktadır.

Fosil yakıtlı konvansiyonel sistemlerle jeotermal enerjili sistemlerin birleştirilmesi ile oluşturulan hibrid sistemler, önemli termodinamik avantajlara sahiptir. Bu avantajlar; fosil yakıt tüketiminin azaltılması ve santral veriminin artırılması olarak belirtilebilir. Hibrid santraller, sistemi oluşturan santrallerin her birinden daha fazla avantaja sahip olmaktadır.

Konvansiyonel güç santralleri ile jeotermal enerji uygulamalarını birleştirebilmek için üç çeşit yöntem kullanılabilir. Bu yöntemler (Bruhn, 2002);

- 1) Jeotermal buharın, fosil yakıt kullanılarak kızdırılması. Bu amaç için genellikle gaz türbinli sistemler kullanılır. Gaz türbini egzost gazlarının ısısından yararlanılarak jeotermal buhar kızdırılır (Bidini et al., 1998; Dağdas ve ark., 2005).
- 2) Konvansiyonel buhar güç santrallerinde jeotermal enerjiden yararlanarak, kazan besleme suyunun ön ısıtılması
- 3) Jeotermal santraller ve fosil yakıtlı santrallerin birleştirilmesi ile elde edilen kombine santral uygulamaları

Bu üç yöntemden sadece kazan besleme suyunun jeotermal enerji ile ön ısıtılması yöntemi, düşük entalpili jeotermal kaynaklar için uygundur.

Bilindiği gibi Rankine çevrimine göre çalışan bir buhar santralında, türbinden çekilen ara buhar ile kazana girmekte olan besleme suyunun ön ısıtılması, santral performansını ve verimini artırmaktadır. Çünkü bu ön ısıtma prosesi ile türbine girmekte olan buharın sıcaklığı daha fazla olabilmektedir.

Bu çalışmada fosil yakıtlı bir buhar santralında kazana girmekte olan besleme suyunun ön ısıtılması, düşük sıcaklıklı jeotermal akışkan ile yapıldığında elde edilen yakıt tasarrufu ve santraldaki verim artışının ne mertebede olabileceği araştırılmıştır. Konvansiyonel sistemde, ön ısıtma için türbinden ara buhar çekilmemesi sonucunda, daha fazla gücün üretilmesi de mümkün olur. Yani bu proses sonucunda hem mevcut santralin güç üretimi daha fazla olacak hem de yakıt tasarrufu sağlanacaktır.

Ön ısıtma yapmak için kazandan önce bir ısı değiştiricisi kullanılır. Bu ısı değiştiricisine giren jeoakışkan, diğer taraftan giren kazan besleme suyuna enerjisini verir ve besleme suyu ön ısıtma yapılıır. Isı değiştiricisinin plakalı tip olması ısı transferi etkinliğini artıracaktır. Eğer jeotermal akışkan içerisinde yüksek oranda çözünmüş mineral bulunuyorsa, titanyum plakalı ısı değiştiricileri kullanmak uygun olacaktır. Bu tip ısı değiştiricilerin birim maliyeti yaklaşık olarak 250 \$/m²'dir (Dai and Liang, 1999).

2. MATERYAL VE METOT

Ülkemizde düşük sıcaklıklı bir çok jeotermal kaynağın bulunması ve bu kaynaklardan endüstriyel anlamda çok az yararlanılması, yeni tip kullanım yöntemlerinin geliştirilmesini gerektirmektedir. Bu amaçla jeotermal enerjinin termik santrallarda yararlanılması için bir ön ısıtma sistemi tasarlanmıştır. Analizler için bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bu programda termik santralin ve ön ısıtıcı olarak kullanılan ısı değiştiricisinin simülasyonu termodinamik denklemleri kullanarak hazırlanmış ve uygun seçilen işletme değerleri ile çalıştırılmıştır. Simülasyondan elde edilen sonuçlar tablo ve grafikler yardımıyla gösterilmektedir.

Analizlerde kullanılan bağıntılar aşağıdaki gibidir;

Santral türbininden alınan güç;

$$\dot{W}_{turbine} = \dot{m}_i \cdot (h_g - h_c) \quad (1)$$

Jeneratörden alınan güç;

$$\dot{W}_{jen} = \eta_{jen} \cdot \dot{W}_{turbine} \quad (2)$$

Pompada harcanan güç;

$$\dot{W}_{pompa} = \dot{m}_i \cdot v_6 \cdot \frac{(P_7 - P_6)}{\eta_{pompa}} \quad (3)$$

(Şekil 2'deki notasyona göre)

Santraldaki iç tüketim;

$$\dot{W}_{par} = \eta_{par} \cdot \dot{W}_{jen} \quad (4)$$

Santral net gücü;

$$\dot{W}_{net} = \dot{W}_{jen} - \dot{W}_{pompa} - \dot{W}_{par} \quad (5)$$

Kazanda fosil yakıt yakılarak verilen ısı;

$$\dot{Q}_g = \dot{m}_i \cdot (h_4 - h_3) \quad (6)$$

(Şekil 2'deki notasyona göre)

Kazanda tüketilen yıllık yakıt miktarı;

$$B = \frac{3600 \cdot H \cdot \dot{Q}_g}{Hu \cdot \eta_k} \quad (7)$$

Santralin yıllık yakıt tüketiminin parasal değeri;

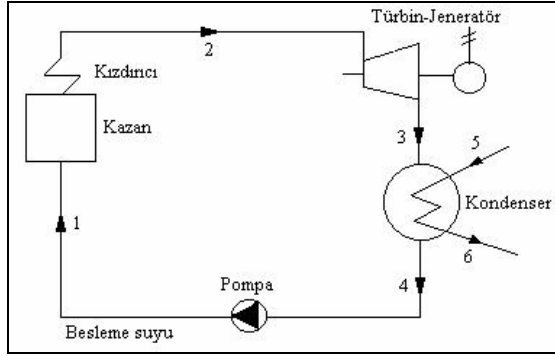
$$YYM = B \cdot F \quad (8)$$

Santral genel termik verimi;

$$\eta_{th} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{Q}_g} \quad (9)$$

3. KONVANSİYONEL TERMİK SANTRALIN PERFORMANS ANALİZİ

Rankine çevrimine göre çalışan konvansiyonel bir buhar-güç santralının şematik resmi Şekil 1'de görülmektedir. Santral bir kazan, buhar türbini, yüzey tipi yoğunlaştırıcı ve sirkülasyon pompasından oluşmaktadır. Santralda yakıt olarak kömür kullanılmaktadır. Bu seçimin temel sebebi ülkemizde en yaygın kullanılan yakıt tipinin kömür olması ve özellikle kömür kullanılan santrallara yakın konumlarda jeotermal kaynaklarımızın bulunmasıdır.



Şekil 1. Konvansiyonel termik santralin şematik resmi.

Tablo 2. Termik Santral Analizleri İçin Seçilen Değerler

Türbin giriş basıncı	15 MPa
Türbin giriş sıcaklığı	450 °C
Türbin çıkış basıncı	5 kPa
Türbin verimi	% 75
Pompa verimi	% 80
Besleme suyu debisi	100 kg/s
Yakıt alt ısı değeri (İthal kömür)	25000 kJ/kg
Jeneratör verimi	% 94
İç tüketim yüzdesi	% 10
Yakıt maliyeti (İthal kömür)	65 \$/ton
Soğutma suyu yoğusturucu giriş sıcaklığı	18
Soğutma suyu yoğusturucu çıkış sıcaklığı	26

Bu santralin performansını ve yakıt tüketimini belirlemek amacıyla hazırlanan bilgisayar programında kullanılan giriş değerleri Tablo 2'de görüldüğü gibidir.

Analiz sonuçlarına göre santraldan üretilen net güç yaklaşık 80 MW, santral termal verimi % 26.56 olurken, santralin yıllık yakıt tüketimi 406 591 ton ve yıllık yakıt maliyeti de 26 021 811 \$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 3).

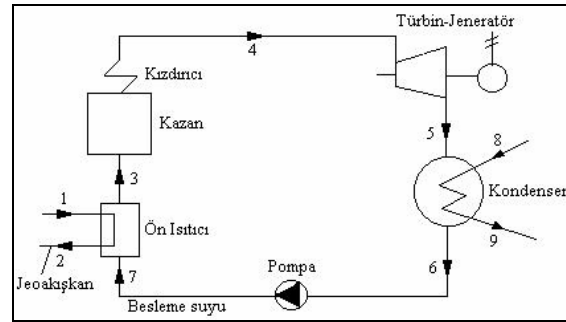
Tablo 3. Konvansiyonel Rankine Çevrimine Göre Çalışan Bir Termik Santral İçin Yapılan Analiz Sonuçları

Santral net gücü	79 667 kW
Türbin gücü	96 395 kW
Jeneratör gücü	90 611 kW
Pompa gücü	1884 kW
İç tüketim	9061 kW
Pompadan çıkan su sıcaklığı	33.81 °C
Kazana giren su sıcaklığı	33.81 °C
Soğutma suyu debisi	6135 kg/s
Santral I. kanun verimi	% 26.56
Özgül yakıt tüketimi	0.1694 kg/kWh
Yıllık özgül yakıt tüketimi	1355 kg/kW-yıl
Yıllık yakıt tüketimi	406 591 ton/yıl
Yıllık Yakıt Maliyeti	26 021 811 \$/yıl

4. JEOTERMAL ÖN ISITMALI TERMİK SANTRALIN PERFORMANS ANALİZİ

Bu bölümde Şekil 1'de görülen konvansiyonel termik santralin kazan besleme suyu, jeotermal enerjiden yararlanarak ön ısıtılmakta ve santral performansının nasıl değiştiği incelenmektedir. Bu amaçla tasarlanan model santralin şematik resmi Şekil 2'de görülmektedir.

Kazan besleme suyunun ön ısıtılması için kazandan önce bir plakalı ısı değiştiricisi kullanılmaktadır. Buna göre, bu ısı değiştiricisine giren 70 °C sıcaklık ve 80 kg/s debideki jeotermal akışkan enerjisini diğer taraftan girmekte olan 33.81 °C sıcaklık ve 100 kg/s debideki besleme suyuna aktarmaktadır. Jeotermal ön ısıtılmalı termik santralin performansını belirlemek için hazırlanan bilgisayar programında seçilen giriş değerleri de Tablo 4'te görülmektedir. Jeotermal akışkan debisi olarak seçilen 80 kg/s'lik değer, ülkemizdeki kaynaklardan rahatlıkla sağlanabilecek bir değerdir. Örneğin Kızıldere jeotermal sahasından çıkan akışkanın debisi 264 kg/s'dir. Sadece R1 kuyusunun debisininin 63 kg/s olduğu düşünülürse, seçilen değer pratik uygunluğunun olduğu kabul edilebilir. Diğer taraftan ön ısıtmada kullanılacak jeotermal akışkanın sıcaklığı da 70 °C olarak seçilmiştir. Bu sıcaklıkta akışkan üreten kaynaklarımız oldukça fazladır.



Şekil 2. Jeotermal Ön Isıtılmalı Termik Santralin Şematik Resmi

Yapılan analizlere göre ısı değiştiricisine giren kazan besleme suyunun sıcaklığı, jeotermal ön ısıtma sebebiyle 33.81 °C den 62.48 °C'ye çıkmaktadır. Jeotermal akışkanın ısı değiştiricisinden çıkış sıcaklığı ise 34.17 °C olmaktadır. Bu sıcaklıktaki jeotermal akışkan, aquakültür ve kaplıca gibi uygulamalarda da kullanılabilir (Dağdaş ve Öztürk, 2003).

Jeotermal ön ısıtılmalı santralde üretilen güçler aynı kalmaktadır, fakat kullanılan fosil yakıt miktarı azaldığı için santralin termal verimi artmaktadır. Bu

artış % 4.1 olmaktadır. Tablo 5, jeotermal ön ısıtılmalı termik santral için yapılan analizlerin sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 4. Jeotermal Ön Isıtılmalı Termik Santralin Performans Analizi İçin Seçilen Değerler

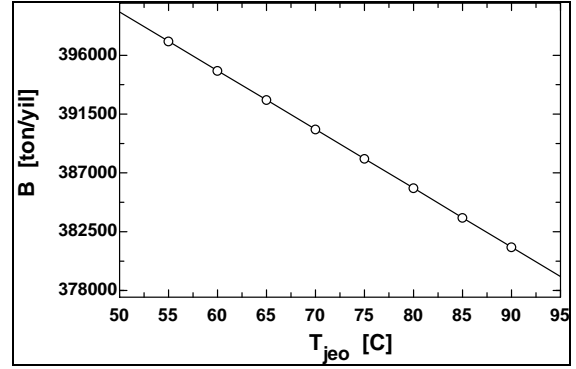
Jeoakışkanın ön ısıtıcıya giriş sıcaklığı	70 °C
Jeoakışkan debisi	80 kg/s
Ön ısıtıcı ısı transfer alanı	1000 m ²
Ön ısıtıcı ısı iletim katsayısı	5100 W/m ² °C
Türbin giriş basıncı	15 MPa
Türbin giriş sıcaklığı	450 °C
Türbin çıkış basıncı	5 kPa
Türbin verimi	% 75
Pompa verimi	% 80
Jeneratör verimi	% 94
İç tüketim yüzdesi	% 10
Sirkülasyon suyu debisi	100 kg/s
Yakıt alt ısı değeri (İthal kömür)	25000 kJ/kg
Yakıt maliyeti (İthal kömür)	65 \$/ton
Soğutma suyu yoğusturucu giriş sıcaklığı	18
Soğutma suyu yoğusturucu çıkış sıcaklığı	26

Tablo 5. Jeotermal Ön Isıtılmalı Termik Santral İçin Yapılan Analiz Sonuçları

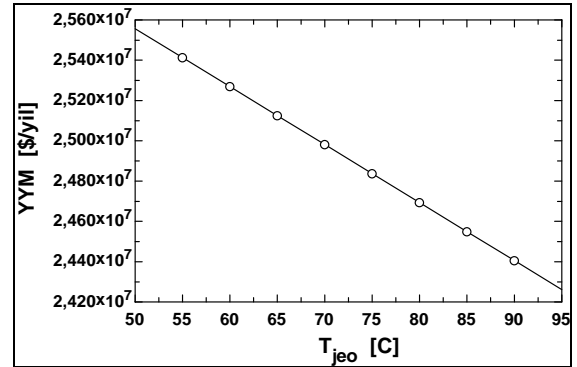
Santral net gücü	79 667 kW
Türbin gücü	96 395 kW
Jeneratör gücü	90 611 kW
Pompa gücü	1884 kW
İç tüketim	9061 kW
Pompadan çıkan su sıcaklığı	33.81 °C
Kazana giren su sıcaklığı	62.48 °C
Soğutma suyu debisi	6135 kg/s
Santral I. kanun verimi	% 27.66
Özgül yakıt tüketimi	0.1694 kg/kWh
Yıllık özgül yakıt tüketimi	1355 kg/kW-yıl
Yıllık yakıt tüketimi	390 337 ton/yıl
Yıllık Yakıt Maliyeti	24 981 595 \$/yıl
Yıllık Parasal Tasarruf	1 040 228 \$/yıl

Analiz sonuçlarına göre jeotermal ön ısıtma ile santralde sağlanan yıllık yakıt tasarrufu 16 254 ton olmaktadır. Bu yakıt tasarrufunun yıllık parasal değeri ise yıllık bazda yaklaşık 1 milyon \$'dır.

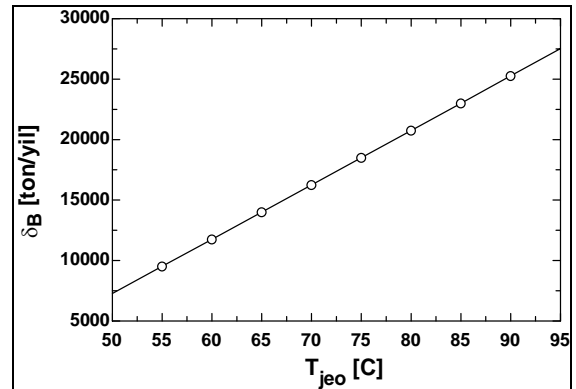
Ön ısıtma için kullanılan jeoakışkanın sıcaklığı arttıkça, santralde kullanılan yıllık yakıt miktarı ve yıllık tüketilen yakıt miktarının parasal değeri azalacak ve tasarruf edilen yakıt miktarı ile bu miktarın parasal değeri artacaktır. Bu değişimler sırasıyla Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5, ve Şekil 6'da görüldüğü gibi olmaktadır.



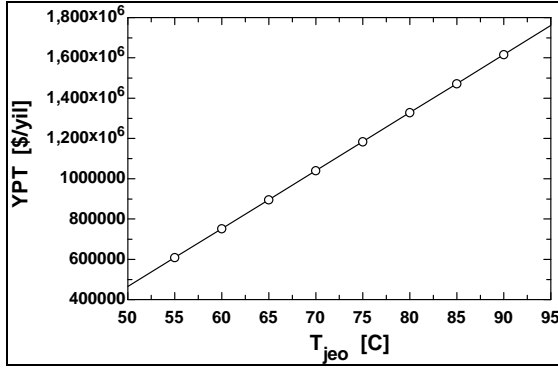
Şekil 3. Termik santralde tüketilen yakıt miktarının, jeotermal akışkan sıcaklığına bağlı değişimi



Şekil 4. Jeotermal ön ısıtılmalı santralde harcanan yakıtın yıllık parasal değerinin, jeoakışkan sıcaklığına bağlı değişimi

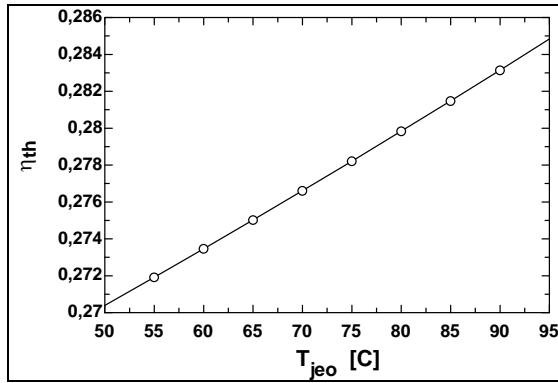


Şekil 5. Santralde tasarruf edilen yıllık yakıt miktarının jeoakışkan sıcaklığına bağlı değişimi



Şekil 6. Yıllık Parasal Tasarrufun Jeoakışkan Sıcaklığına Bağlı Değişimi

Elde edilen yakıt tasarrufu sebebiyle santral genel termik verimi de artmaktadır. Santral termik veriminin jeoakışkan sıcaklığı ile değişimi Şekil 7’de gösterildiği gibidir.



Şekil 7. Santral genel termik veriminin, jeoakışkan sıcaklığına bağlı değişimi

Jeotermal ön ısıtma ile sağlanacak parasal kazançların yanında daha az fosil yakıt kullanımının çevre kirliliğine olumlu katkısı da göz önüne alınmalıdır. Bu çalışmada yapılan analiz sonuçlarına göre, jeotermal ön ısıtma yapıldığı zaman, termik santralin yıllık yakıt tüketiminde 16254 ton/yıl tasarruf sağlanmaktadır. Bu yakıt tasarrufu sebebiyle, santralin çevreye yaydığı kirletici emisyon miktarları da azalacaktır. Kömür yakıtlı güç santrallerinin atmosfere saldıkları CO₂ emisyonu 1042 g/kWh’dir (Barbier, 2002). Bu değer referans alındığında, analizlerdeki konvansiyonel termik santralin %70’lık kapasite faktörü ile atmosfere saldırdığı CO₂ emisyonu 1 kg’lık yakıt başına 6.2 kg CO₂ olmaktadır. Yapılan analizlere göre jeotermal ön ısıtmalı santralin atmosfere saldırdığı yıllık CO₂ emisyonundaki azalma yaklaşık olarak 100 000 ton/yıl olarak belirlenmiştir Yani santraldan yayılan CO₂ emisyonu yaklaşık olarak % 4 oranında azalacaktır.

Fosil yakıtlı termik santrallerin özellikle ülkemizde neden oldukları hava kirliliği çok önemli boyutlardadır (Yatağan ve Gökova örnekleri gibi). Bu kirlilikten doğan ekolojik bozukluk ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerin ekonomik değeri düşünüldüğünde, fosil yakıt tüketiminde azalmayı sağlayacak her türlü önlem çok önemlidir.

Diğer taraftan ülkemizde termik santrallerin yoğun olarak bulunduğu batı bölgelerinde aynı zamanda zengin jeotermal kaynakların da olması, ön ısıtma uygulamalarının yaygın olarak yapılabilmesine imkan verir. Jeotermal ısıtma uygulamalarında ekonomik uzaklık 30 km civarındadır (Dickson and Fanelli, 1995). Ancak İzlanda’da bulunan bir uygulamada ise 60 km’lik uzaklığa rağmen jeotermal ısıtma sistemi yapılmış ve hala uygulanmaktadır (Ragnarsson ve Hrolfsson, 1998). Buna göre Özellikle turizm bölgelerimizde kurulu olan Yatağan, Kemerköy ve Yeniköy termik santrallerinde jeotermal ön ısıtma uygulaması ekonomik olarak yapılabilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada yaklaşık 80 MW güç üretebilen teorik bir termik santral için yapılan analizlerde, jeotermal ön ısıtma uygulamasının yıllık 1.04 milyon \$’lık bir yakıt tasarrufu yapabileceği belirlenmiştir. Bu tasarrufun jeotermal akışkan sıcaklığına bağlı değişkenliği ortaya çıkarılmıştır. Santralde tüketilen yakıtın azalması, termik verimde % 4.1’lik bir artış meydana getirmektedir.

Ülkemizdeki termik santrallara yakın konumda bulunan jeotermal kaynaklardan termik santral kazanına girmekte olan besleme suyunun ön ısıtılmasında yararlanılması yakıt tasarrufunun yanında, çevresel açıdan da önemli kazançlar sağlayacaktır. Bu amaçla jeotermal sahalarla yakın olan Seyitömer (Kütahya), Tunçbilek (Kütahya), Çan 18 Mart (Çanakkale), Orhaneli ve Bursa (Bursa), Yatağan, Kemerköy, Yeniköy (Muğla) gibi termik santrallerde bu tip uygulamaların kullanılabilirliği araştırılmalıdır. Böylece ülke ekonomisine katkı sağlanabileceği gibi, çevresel açıdan da çeşitli kazanımlar ortaya çıkacaktır. Ayrıca ısı değiştiricisinden çıkan jeotermal akışkandan, çeşitli kaplıca uygulamalarında ve aquakültürde yararlanılabilir.

6. SİMGELER

\dot{W} : Güç (kW)

\dot{m}	: Kütlesel debi (kg/s)
h	: Özgül entalpi (kJ/kg)
P	: Basınç (kPa)
η	: Verim
v	: Özgül hacim (kg/m ³)
\dot{Q}	: Isıl güç (kW)
H	: Yıllık işletme saati (h)
Hu	: Yakıt alt ısı değeri (kJ/kg °C)
B	: Yıllık yakıt tüketimi (ton/yıl)
YYM	: Yıllık yakıt tüketiminin parasal değeri (\$/yıl)
δ_B	: Yıllık yakıt tasarrufu (ton/yıl)
YPT	: Yıllık parasal tasarruf (\$/yıl)

7. ALT İNDİSLER

g	: giren
ç	: çıkan
jen	: jeneratör
par	: parazitik
jeo	: jeotermal
th	: termik
k	: kazan
i	: iş akışkanı

8. KAYNAKLAR

Anonim, 2004. EÜAŞ İstatistikleri, www.euas.gov.tr

Barbier, E. 2003. Geothermal Energy Technology and Current Status: An Overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 6, 3-65.

Bidini, G., Desideri, U., Maria, F., Baldacci, A., Papale, R., Sabatelli, F. 1998. Optimization of an

Integrated Gas Turbine-Geothermal Power Plant. *Energy Conversion and Management*. 39 (16-18), 1945-1956.

Bruhn, M. 2002. Hybrid Geothermal Fossil Electricity Generation from Low Enthalpy Geothermal Resources. *Energy*. 27, 329-346.

Dağdaş, A., Sevilgen, S., Erdem, H. 2005. Performance Analysis of Gas Turbine Integrated Geothermal Power Plant in Turkey: The Proposed Kızıldere Project. **Proceedings World Geothermal Congress 2005**, 24-29 April 2005 Antalya, Turkey 1-5.

Dağdaş, A., Öztürk, R. 2003. Jeotermal Enerjiden Aquakültür Uygulamalarında Yararlanmak. *TMMOB Tesisat Mühendisliği Dergisi*. 80, 25-33.

Dai, C., Liang J. 1999. Optimum Design and Running of PHEs in Geothermal District Heating. *Heat Transfer Engineering*. 20 (4), 52-61.

Demirbaş, A., Bakış, R. 2004. Electricity from Thermal and Hydropower Sources in Turkey: Status and Future Direction. *Energy Sources*. 26, 453-461.

Dickson, M., Fanelli, M. 1995. *Geothermal Energy*, John Wiley and Sons, England.

Hepbaşlı, A. 2005. Development and Restructuring of Turkey's Electricity Sector: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 9, 311-343.

Kıncay, O., Öztürk, R. 2003. Thermal Power Plants in Turkey. *Energy Sources*. 25, 135-151.

Ragnarsson, A., Hrolfsson, I. 1998. Akranes and Borgarfjörður District Heating System. *Geo-Heat Center Bulletin*. December, 19 (2), 10-13.