

Çates Lojmanları İçin Su Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Ekonomik Analizi

Suat Öztürk^a, Mustafa Eyriboyun^b, Keziban Çalık^c

^aEnformatik Bölümü, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi,

^bMakine Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi,

^cAKADEMİ Mühendislik ve Danışmanlık Ltd.

Özet: Bu çalışmada, ÇATES lojmanlarının ısıtılması için kullanılan mevcut kazan-radyatör sistemi ile Zonguldak Çatalağzı Termik Santralî'nin yoğunlaştırıcı soğutma suyunun atık ısısını kullanan ısı pompası sisteminin ekonomik analizleri yeni ekonomik verilerle birlikte gözden geçirilmiştir. Ayrıca, yıllık faiz oranı, TL/USD paritesi, elektrik ve kömür fiyatlarının son sekiz yıllık eğilimleri üzerine dayanan onbeş yıllık projeksiyonlar altında, bu değişkenlerin her iki sistemin toplam maliyetleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar, toplam maliyetler göz önüne alındığında, özellikle kömürün sürekli artan fiyatından dolayı, ısı pompası sisteminin kurulumlarından üç yıl sonra mevcut sistem ile başabaş olduğunu göstermektedir. Diğer değişkenler son sekiz yılın eğiliminde olması koşuluyla, eğer kömürün fiyatı her yıl %2'den daha çok azalırsa mevcut sistem daha ekonomik olmaktadır. Eğer elektriğin fiyatı her yıl %13'den daha çok artarsa, ısı pompası sistemi yapılabilir olmamaktadır. Bu artış başabaş noktasına ulaşma zamanını uzatmaktadır. Doların değerlenmeside başabaş noktasına ulaşma zamanını artırmaktadır. Faiz oranları başabaş noktasına ulaşma zamanı üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir.

Anahtar kelimeler: Isı pompası, Termik santraller, Maliyet analizi

Abstract: The economical analysis of the conventional system and the designed heat pump system using waste heat of Zonguldak Çatalağzı Thermal Power Plant's condensate cooling water for house heating have been revised with new economic data in this study. It has been also investigated the effects of nominal interest rates, prices of electricity and coal, and TL/USD exchange rates over the total costs of both systems with respect to fifteen year projection based on the trends of these variables in the last eight years. The results show that the heat pump system becomes head to head with the conventional system (boiler-radiators) in the total costs three years after their installations because of especially increasing prices of coal. Under the conditions that the other variables are in the trends of the last eight years, if coal's price decreases more than 2% per year, conventional system becomes more economic. If the price of electricity increases more than 13% per year, the heat pump doesn't become feasible. This increase extends the time to reach to head to head point. An increase in the value of dollar also prolongs the time to reach to head to head point. Interest rates do not have an important effect over the time to reach to head to head point.

Keywords: Heat pump systems, Thermal power plants, Economical analysis

1. Giriş

Modern yaşam, nüfus artışı ve gelişen endüstri enerjiye olan ihtiyacı yükseltmektedir. Enerji büyük oranda hidro karbon kökenli yakıt kaynaklarından tedarik edilmektedir. Enerji talebindeki artış hem fiyatları hem de maliyetleri artırmaktadır. Bu yakıtların geniş ölçekli kullanımı çevre kirliliğine ve sera gazlarından dolayı iklim değişikliklerine neden olmaktadır [1]. Bu şartlar, sistemlerdeki enerji kayıplarını minimize etme, enerjiyi daha ekonomik ve verimli kullanma ve yeni enerji kaynaklarını aramaya bizleri zorlamaktadır.

Atık enerjiyi geri kazanma ve doğal ısı kaynaklarının enerjilerini kullanmanın yollarından biri ısı pompalarını kullanmaktır [2]. Isı pompaları ısı enerjisini nehir, deniz, hava veya toprak gibi düşük sıcaklıklı ısı kaynaklarından alır ve alınan ısıyı yükselttikten sonra ısıtılacak olan mekana iletir. Isı pompaları soğutma işlemleri içinde kullanılabilir. Gelişmiş ülkelerde ısıtma için çokça kullanılan ısı pompası tipleri kompresyon, absorpsiyon ve ejektörlerdir [3]. Elektrikli bir ısı pompası 200 kW'lık çevre veya kayıp ısıyı 100 kW'lık güç kullanarak 300 kW'lık yararlı ısıya dönüştürebilir. Ayrıca, diğer kaynakları kullanarak ısı üretmenin maliyeti ısı pompası ile ısı üretmenin maliyetinden daha yüksektir. Isı pompaları kullanıldığı zaman, doğal kaynaklar korunmuş, çevre kirliliği azaltılmış ve ekonomik kazanımlar elde edilmiş olunur [4].

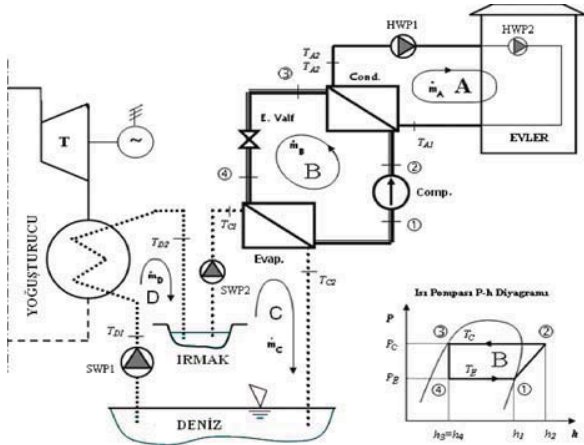
Isı pompası sistemlerinin olumsuz yönleri arasında yüksek ilk yatırım maliyetleri ve uzun geri ödeme zamanları göze çarpmaktadır [5]. Bir ısı pompasının ekonomik bir avantaj sağlayıp sağlamadığını değerlendirmek için ısı pompasının ilk yatırım ve işletme maliyetleri, onarım maliyetleri ve işletme verimliliği göz önüne alınmalıdır. Diğer sistemlerle karşılaştırıldığında bir ısı pompasının daha ekonomik ve rekabetçi olması için performans katsayısı (COP) [6] ve işletme zamanı [2] yüksek olmalıdır. Atmosferik hava, havalandırma havası, toprak ve kaya ısı pompaları tarafından ısı kaynağı olarak kullanılabilir [7].

Bu çalışma, Türkiye'nin son sekiz yıl içinde ekonomik değişkenlerinin eğilimleri altında, Çalık tarafından dizayn edilmiş ısı pompası sisteminin mevcut ısıtma sistemi ile kurulumlarından 3 yıl sonra maliyetler açısından başabaş olduklarını göstermektedir. Son sekiz yılda TL/USD paritesi, kömür fiyatı ve faiz oranlarının eğilimleri aynı olması koşuluyla, eğer elektriğin fiyatı, takip eden 15 yıl içinde her yıl %13'den daha çok artarsa, ısı pompası sistemi mevcut sisteme göre yapılabilir olmaz. Elektriğin fiyatındaki artış başabaş noktasına ulaşma zamanını artırır.

Diğer değişkenlerin son sekiz yıl içindeki eğilimlerinde olmaları koşuluyla, eğer kömürün fiyatı %2'den daha çok azalır, mevcut sistem daha ekonomik olur. Diğer değişkenler son sekiz yıldaki eğilimlerinde olmaları koşuluyla, Dolar TL'ye karşı değer kaybederse, başabaş noktasına ulaşma zamanı kısalır. Faiz oranlarındaki değişimler başabaş noktasına ulaşma zamanını değiştirmemektedir.

2. Zonguldak Çatalağzı Termik Santrali (ÇATES)

Çatalağzı Zonguldak'tan 15 km uzakta Karadeniz kıyısında küçük bir kasabadır. 150 MW gücünde iki üniteden oluşan termik santrale (ÇATES) sahiptir. Karadeniz suyu alçak basınç türbininden çıkan ıslak buharı yoğunlaştırmak için kullanılır ve ıslak buhar ısısını alan deniz suyu Karadeniz'e geri dökülür. Atılan deniz suyunun ortalama sıcaklığı 25 °C ve debisi 18000 m³/h'tür [2]. Mart ayında, deniz suyu sıcaklığı yaklaşık olarak 8°C'dir. Bu durumda atık ısı 18.000.000 kg/h x 1 kcal/kg°C x (25-8) °C = 306.000.000 kcal/h (355.814 kW)'dir .



Şekil 1. ÇATES için tasarlanan ısı pompası sistemi.

Isı pompası ve ÇATES evleri arasında yer altına gömülü 1150 m uzunluğunda alüminyum izolasyonlu çelik boru (80 mm OD), ısı pompası buharlaştırıcısı ve nehir arasında 60 m uzunluğunda bakır borular (88mm OD) kullanılmıştır. Ayrıca, farklı çap ve uzunlukta çeşitli borular, vanalar v.s. ısı pompası sistemi tasarımında kullanılmıştır.

Bu ekonomik analiz çalışmasında, grafik çizimleri, eğilim denklemleri ve tüm hesaplamalar DPLOT ve EXCEL programlarında yapılmıştır. Her iki sistemin ekonomik analizi için Bugünkü Değer ve Gelecek Değer Metodları [8] kullanılmıştır.

Son sekiz yılın TL/USD paritesi [9], elektrik fiyatları [10] ve kömür fiyatları [11]'nin eğilim denklemleri sırasıyla;

$Y = -0.01506X + 31.56$, $Y = 0.004281X - 8.498$, and $Y = 21.35X - 42650$ 'dir. Gelecek onbeş yıl için proje edilen parite, elektrik ve kömür fiyatları bu denklemler kullanılarak hesap edilmiştir. Mühendislik ekonomisinin hesapları için ilk yatırım maliyeti, işletim harcamaları ve onarım harcamaları dikkate alınmıştır.

3. İlk Yatırım Maliyetleri

Isı pompası sistemi ile mevcut ısıtma sisteminin ilk yatırım maliyetleri sırasıyla 131711\$ ve 26109\$'dir [12]. Toprak altına gömülü özel izolasyonlu boruların toplam maliyeti ısı pompası sisteminin ilk

yatırım maliyetinin %53.5'ini oluşturmaktadır. İzole edilmiş borular 30 yıllık ekonomik ömre sahiptir.

Su ısısını kullanan ısı pompalarının en büyük dezavantajı, izole edilmiş boruların arasına yerleştirildiği ısı merkezi ile ısı kaynağı arasındaki mesafedir [6]. Bu mesafe arttıkça yatırım maliyetleri de artmaktadır.

4. İşletim Harcamaları [2]

Isı pompası sistemi bileşenlerinin toplam gücü 136.8 kW'dır. Eğer yıl içinde ısıtma zamanı 6 ay ve günlük ısıtma süresi 10 saatse, yıllık ısıtma zamanı 6x30x10=1800 saattir. Buradan ısı pompası sisteminin yıllık işletim harcaması, 136.8 kW x 1800 h = 246240 kWh olarak elde edilir. Mevcut sistemin yıllık işletim harcaması, HWP2'nin yıllık işletim harcaması ve yıllık kömür miktarının maliyetinin toplamıdır. HWP2'nin yıllık işletim harcaması, 0.8 (kW) x 1800 (saat) = 1440 kWh'dir. Yıllık kömür miktarı 255 ton'dur.[2]

5. Bakım Harcamaları

Isı pompası sisteminin bakım harcamaları özel izole edilmiş boruları (30 yıllık ömür) içermez. Her iki sistemin parçalarının ortalama ekonomik ömrü 15 yıl olarak alındığından, gelecek 15 yıl için projeksiyon ve hesaplamalar yapılmıştır.

Her iki sistemin bakım harcamaları ilgili sistemin ilk yatırım maliyetinin %5'i olarak alınmış ve gelecek 15 yıl için GD metodu ile hesap edilmiştir. Hesaplamalarda nakit akışı için US Dolar'ı üzerinde yıllık nominal faizler kullanılmıştır.

Tablo 1. Mevcut Kazan-Radyatör Sistemi için Nakit Akışları.

Kazan-Radyatör Sistemi için Nakit Akışı (İlk Yatırım Maliyeti=26109\$)									
Yıllar	Kömür (\$/Ton)	Kömür İhtiyacı (Ton)	Toplam (\$)	Bakım (\$)	Elektrik (\$/kWh)	Elektrik İhtiyacı (kWh)	Toplam (\$)	Toplam İşletim Harcamaları (\$)	BDM (\$)
2009	242	255	61748	1366	0.10253	1440	148	63262	60437
2010	263	255	67193	1430	0.10681	1440	154	68776	123208
2011	284	255	72637	1497	0.11109	1440	160	74293	187986
2012	306	255	78081	1567	0.11537	1440	166	79814	254469
2013	327	255	83525	1640	0.11965	1440	172	85338	322379
2014	348	255	88970	1717	0.12393	1440	178	90865	391488
2015	370	255	94414	1797	0.12822	1440	185	96395	461469
2016	391	255	99858	1881	0.1325	1440	191	101930	532194
2017	412	255	105302	1969	0.13678	1440	197	107468	603431
2018	434	255	110747	2061	0.14106	1440	203	113011	674997
2019	455	255	116191	2157	0.14534	1440	209	118557	746722
2020	477	255	121635	2258	0.14962	1440	215	124109	818452
2021	498	255	127079	2364	0.1539	1440	222	129665	890047
2022	519	255	132524	2474	0.15818	1440	228	135226	961378
2023	541	255	137968	2588	0.16246	1440	234	138201	1031023

Tablo 2. Isı Pompası Sistemi için Nakit Akışları.

Isı Pompası Sistemi için Nakit Akışları (İlk Yatırım=131711-70543=61167.1543\$)						
Yıllar	Elektrik (\$/kWh)	Elektrik İhtiyacı (kWh)	Toplam (\$)	Bakım (\$)	Toplam İşletim Harcamaları (\$)	BDM (\$)
2009	0.102529	246240	25247	3201	28448	27178
2010	0.106810	246240	26301	3350	29651	54240
2011	0.111091	246240	27355	3507	30862	81150
2012	0.115372	246240	28409	3671	32080	107872
2013	0.119653	246240	29463	3843	33306	134377
2014	0.123934	246240	30518	4022	34540	160636
2015	0.128215	246240	31572	4210	35782	186624
2016	0.132496	246240	32626	4407	37033	212320
2017	0.136777	246240	33680	4613	38293	237704
2018	0.141058	246240	34734	4829	39563	262758
2019	0.145339	246240	35788	5055	40843	287467
2020	0.149620	246240	36842	5291	42134	311819
2021	0.153901	246240	37897	5538	43435	335802
2022	0.158182	246240	38951	5797	44748	359407
2023	0.162463	246240	40005	6055	46064	379567

Her iki sistemin projekte edilen toplam maliyeti Tablo 3'de verilmiştir. Isı pompası ve mevcut sistemin toplam maliyetlerinin yaklaşık olarak üçüncü yılda başa baş olduğu görülmektedir. Üçüncü yıldan sonra, mevcut sistemin toplam maliyeti ısı pompasının maliyetini geçmekte ve beşinci yılda diğer sistemin toplam maliyetinin iki katı olmaktadır.

Tablo 3. 15 Yıllık Projeksiyona Göre Toplam Maliyetler.

Yıllar	Kazan-Radyatör Sistemi			Isı Pompası Sistemi		
	BD (\$)	İlk Yatırım (\$)	Toplam (\$)	BD (\$)	İlk Yatırım (\$)	Toplam (\$)
2008	0	26109	26109	0	131711	131711
2009	60437	26109	86546	27177	131711	158888
2010	123208	26109	149317	54240	131711	185951
2011	187986	26109	214095	81149	131711	212860
2012	254469	26109	280579	107872	131711	239583
2013	322379	26109	348489	134377	131711	266088
2014	391458	26109	417568	160635	131711	292346
2015	461469	26109	487579	186624	131711	318335
2016	532194	26109	558304	212320	131711	344031
2017	603431	26109	629541	237703	131711	369414
2018	674997	26109	701106	262757	131711	394468
2019	746722	26109	772831	287467	131711	419178
2020	818452	26109	844562	311819	131711	443530
2021	890047	26109	916157	335802	131711	467513
2022	961378	26109	987487	359406	131711	491117
2023	1031023	26109	1057132	379566	131711	511277

6. Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizleri yapılarak, parametrelerin elemanları veya parametrelerdeki imkanlı değişimlerin bir projenin sonucunu nasıl etkiler olduğunun bilinmesi istenir. Bu çalışmada, hesaba alınan parametreler nominal faiz oranları, kömür ve elektrik fiyatları ve TL/USD paritesidir. Mevcut ve ısı pompası sistemlerinin bugünkü değerleri, $i=2, 4, 6, 8$ için Tablo 4 ve Tablo 5 içinde verilmiştir. Faiz oranlarındaki değişimler, başa baş noktaya ulaşma zamanını değiştirmediklerinden dolayı, sonuçlar üzerinde önemli farklar yaratmamıştır.

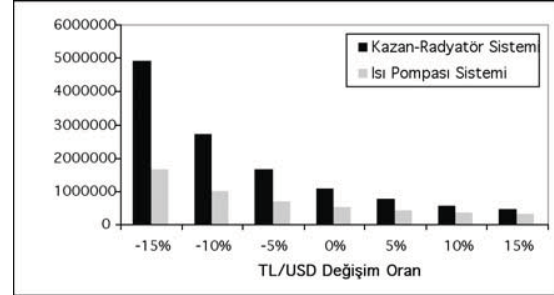
Tablo 4. Farklı Faiz Oranları için Kazan-Radyatör Sisteminin Bugünkü Değerleri.

Yıllar	$i=2$	$i=4$	$i=6$	$i=8$
2009	62021	60829	59681	58576
2010	128127	124417	120892	117541
2011	198136	190464	183271	176518
2012	271873	258689	246491	235184
2013	349166	328831	310261	293263
2014	429851	400643	374317	350524
2015	513770	473896	438426	406770
2016	600766	548376	502378	461840
2017	690691	623882	565989	515601
2018	783400	700228	629094	567947
2019	878752	777241	691548	618794
2020	976611	854759	753227	668080
2021	1076846	932633	814019	715757
2022	1179331	1010722	873830	761797
2023	1282017	1087461	931496	805363

Tablo 5. Farklı Faiz Oranları için Isı Pompası Sisteminin Bugünkü Değerleri.

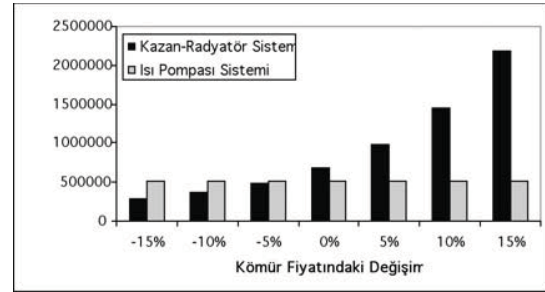
Yıllar	$i=2$	$i=4$	$i=6$	$i=8$
2009	27890	27353	26837	26340
2010	56390	54768	53227	51762
2011	85473	82205	79140	76262
2012	115111	109628	104551	99842
2013	145277	137003	129440	122510
2014	175948	164301	153789	144276
2015	207099	191493	177587	165155
2016	238707	218553	200822	185163
2017	270750	245458	223488	204320
2018	303205	272186	241814	222645
2019	336054	298717	263330	240162
2020	369277	325034	284269	256894
2021	402854	351120	304634	272866
2022	436768	376961	324426	288101
2023	466492	399175	341119	300712

TL/USD paritesi değişirken, bu değişimin sistemlerin toplam maliyetlerini nasıl etkilediği Şekil 2 içinde gösterilmiştir. Örneğin, US Dollar'ın değeri TL karşısında her yıl %5 artarken, mevcut sistem ve ısı pompası sisteminin toplam maliyetleri 15 yıl sonunda sırasıyla 744888 \$ ve 411651 \$ olmaktadır.



Şekil 2. Sistemlerin Maliyetleri Üzerinde TL/USD Paritesindeki Değişimlerin Etkileri.

US Dolları'nın gelecek 15 yılda değerlenmesi, başa baş noktasına ulaşma zamanı uzamakta değer kaybetmesi ise bu süreyi kısaltmaktadır. Eğer doların değeri her yıl %30 veya ondan daha çok artarsa, ısı pompası sistemi yapılabılır olmamaktadır. Eğer kömürün fiyatı her yıl belli bir oranda azalır, bu doğrudan mevcut sistemin toplam maliyetini etkileyecektir. Toplam maliyetler Şekil 3'de verilmiştir. Örneğin, kömürün fiyatı her yıl %5 artarsa, mevcut ve ısı pompası sisteminin toplam maliyetleri 15 yılın sonunda 979861 \$ ve 511277 \$ olmaktadır.



Şekil 3. Değişen Kömür Fiyatlarının Sistemlerin Toplam Maliyetleri Üzerine Etkisi.

Kömürün fiyatı her yıl %2'den daha çok azalır ısı pompası sistemi yapılabılır olmaz. Ayrıca, başa baş noktasına ulaşma zamanı kömür fiyatındaki azalışla birlikte artmaktadır. Başa baş noktasına ulaşma zamanının uzaması, izole edilmiş boruların onarımı 30 yıl sonunda ek maliyetler getireceğinden dolayı, ısı pompası sisteminin makul olmamasına neden olur.

Isı pompası sistemi mevcut sisteme göre çok daha fazla elektrik tükettiğinden dolayı, elektrik fiyatındaki değişimler ısı pompasının toplam maliyetini daha çok etkilemektedir. Örneğin, elektrik fiyatı her yıl %5 artarsa, mevcut ve ısı pompası sistemlerinin toplam maliyetleri 15 yıl sonunda 1057514 \$ ve 576652 \$ olmaktadır. Şekil 4'te gösterildiği gibi elektriğin fiyatı her yıl %13'den daha çok artarsa, ısı pompası sistemi yapılabılır olmaz. Elektrik fiyatındaki artış başa baş noktasına ulaşma zamanını da uzatmaktadır.

Yıllar	i=%2	i=%4	i=%6	i=%8
2009	27890	27353	26837	26340
2010	56390	54768	53227	51762
2011	85473	82205	79140	76262
2012	115111	109628	104551	99842
2013	145277	137003	129440	122510
2014	175948	164301	153789	144276
2015	207099	191493	177587	165155
2016	238707	218553	200822	185163
2017	270750	245458	223488	204320
2018	303205	272186	241814	222645
2019	336054	298717	263330	240162
2020	369277	325034	284269	256894
2021	402854	351120	304634	272866
2022	436768	376961	324426	288101
2023	466492	399175	341119	300712

Şekil 4. Elektrik Fiyatındaki Değişimlerin Sistemlerin Toplam Maliyetleri Üzerine Etkisi.

7. Sonuçlar

Artan enerji ihtiyacı enerjiye olan talebi yükseltmekte ve kit enerji kaynaklarından dolayı enerjinin maliyetini yukarı çekmektedir. Hidro-karbon kökenli mevcut enerji kaynakları büyük oranda çevre kirliliğine de neden olmaktadır. Bu şartlar altında, hem yeni enerji kaynakları hem de enerjiiyi daha verimli kullanmanın yolları araştırılmaktadır.

Yoğuşturucuların soğutma suları, fabrikaların baca gazları v.b. gibi yollarla ısı enerjisi çevreye atılmakta ve israf olmaktadır. Isı pompaları atık enerjiiyi tekrar kazanma ve kullanmak için bilinen yollardan biridir. Isı pompaları hem soğutma hem de ısıtma amaçlı kullanılabilir. Isı pompaları kullanılarak doğal kaynaklar korunur, çevre kirliliği azaltılır ve ekonomik faydalar sağlanır. Yüksek ilk yatırım maliyetleri ve elektrik gereksinimleri ısı pompalarının ana dezavantajları arasındadır. Isı pompasının ilk yatırım maliyeti, işletme ve bakım harcamaları ve işletim verimleri, sistemin yapılabilir olup olmadığını değerlendirmek için dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada, mevcut kazan-radyatör ve dizayn edilmiş ısı pompası sisteminin ekonomik analizleri, Türkiye'nin değişen ekonomik şartları altında, gözden geçirilmiş ve ısı pompasının yapılabilir olup olmadığını araştırmıştır. Çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibidir. Birinci, ısı pompası sistemi, son sekiz yılın (2001-2008) ekonomik değişkenlerinin eğilimlerine dayanan 15 yıllık projeksiyona göre, her iki sistemin kurulumundan 3 yıl sonra kazan-radyatör sistemi ile birlikte toplam maliyetler bakımından başabaş olmaktadır. İkinci, TL/USD paritesi, kömür fiyatı ve faiz oranları son sekiz yılın eğiliminde olmaları koşuluyla, eğer elektriğin fiyatı izleyen 15 yılda her yıl %13'den daha çok artarsa, ısı pompası sistemi yapılabilir olmaz. Üçüncü, diğer değişkenler son sekiz yılın eğiliminde olmaları koşuluyla, eğer kömürün fiyatı izleyen 15 yılda her yıl %2'den daha çok azalrsa, kazan-radyatör sistemi daha ekonomik olur. Dördüncü, faiz oranları başabaş noktasına ulaşma zamanını dikkate değer bir şekilde etkilememektedir.

Kaynaklar

1. Mahapatra K., Gustavsson L., Influencing Swedish Homeowners to Adopt District Heating System, Applied Energy, (2008), doi:10.1016/j.apenergy.2008.03.011.
2. Çalık, K., "Zonguldak Çatalağzı Termik Elektrik Santralının Kondens Soğutma Suyu Atık Isısından Konut Isıtılmasında Yararlanılması, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 143 sayfa, 2003.
3. Slesarenko, V. V., Heat Pumps as a Source of Heat Energy for

- desalination of Seawater, Desalination 139 (2001) 405-410.
4. Esen H., Inalli M., Esen M., Technoeconomic Appraisal of a Ground Source Heat Pump System for a Heating Season in eastern turkey, Energy Conversion & Management, 47 (2006) 1281-1297.
 5. Cube, L.H., Heat Pump Technology, Butterworth, England, 1981.
 6. Stene J., Residential CO2 Heat Pump System for Combined Space Heating and Hot Water Heating, International Journal of Refrigeration, 28 (2005) 1259-1265.
 7. Berntsson, T., Heat Sources Technology, Economy and Environment, International Journal of Refrigeration, 2002; Vol:25, pg 428-438.
 8. Okka, O., Engineering Economy, Ankara, Turkey, 2000.
 9. Central Bank of The Republic of Turkey Web Site, www.tcmb.gov.tr, 2008.
 10. Turkish Electric Distribution Anonim Company Web Site, www.tedas.gov.tr, 2008.
 11. TTK (Turkish Hard Coal Enterprise), TTK Web Site, www.taskomuru.gov.tr, 2008.
 12. The Ministry of Public Works and Settlement of The Republic of Turkey, 2008 Unit Prises.

Yazarlar

Suat Öztürk 1975'de Almanya'da doğdu. 1996'da Hacettepe Üniversitesi Zonguldak Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Milli Eğitim Bakanlığı yurt dışı yüksek lisans bursu ile 1999-2001 yılları arasında Amerika'da, Florida Üniversitesi Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde ilk yüksek lisansını yaptı. 2001'de Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Enformatik Bölümü'nde öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2006-2008 yılları arasında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde ikinci yüksek lisansını tamamladı. 2009'da Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde doktora yapmaya başladı. Halen Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Enformatik Bölümü'nde öğretim görevlisi ve bölüm sorumlusu olarak çalışmaktadır.

Keziban Çalık 1977'de Rize'de doğdu. 1994 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'ne girdi ve 1998'de bölüm birincisi olarak mezun oldu. 2000-2005 yılları arasında ZKÜ Makine Mühendisliği Bölümü Enerji Bilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak çalıştı. 2001-2003 yılları arasında ZKÜ Makine Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans yaptı. 2005 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü'nde doktora başladı. 2005-2009 yılları arasında GN Mühendislik ve Danışmanlık Ltd. firmasında Teknik Denetmen olarak çalıştı. 2009'da AKADEMİ Mühendislik ve Danışmanlık Ltd. firmasında Mekanik Proje Tasarımcı ve Yönetici olarak çalışmaya başladı.

Yrd. Doç. Dr. Mustafa Eyriboyun 1959 Zonguldak'ta doğdu. 1982 yılında ZKÜ Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nü bitirdi. Yıldız Teknik Üniversitesi'nde 1985'te yüksek lisans, 1997'de doktora eğitimini tamamladı. 1983'de araştırma görevlisi olarak girdiği Zonguldak Karaelmas Üniversitesi'nde halen yardımcı doçent olarak çalışmaya devam etmektedir. 1985-1986'da Antalya, Denizli, Burdur, Isparta illerini kapsayan bölgedeki askeri inşaatlarda bir yıl kontrol mühendisi olarak askerlik yaptı. 1996 yılında Japon hükümeti bursu ile Osaka'da düzenlenen üç ay süreli klima mühendisliği kursuna katıldı.