



ISSN:1306-3111
e-Journal of New World Sciences Academy
2008, Volume: 3, Number: 2
Article Number: A0080

NATURAL AND APPLIED SCIENCES
CIVIL ENGINEERING

Received: September 2007
Accepted: March 2008
© 2008 www.newwsa.com

Rüştü Güntürkün
Hasan Şahin
University of Dumlupınar
gunturkun@dumlupinar.edu.tr
Kutahya-Türkiye

**BİNA ISITILMASINDA JEOTERMAL ENERJİ İLE SOMA LİNYİT KÖMÜRÜ VE
FUEL-OİLİN EKONOMİK YÖNDEN KARŞILAŞTIRILMASI**

ÖZET

Bu çalışmada; Simav ilçesinde 100 m² alana sahip bir daireli ve 4 katlı bir konut örnek alınarak, bu konutun Soma linyit kömürü, fuel-oil ve jeotermal enerji gibi üç farklı enerji kaynağı ile ısıtılabilmesi için gerekli ilk yatırım ve yıllık ısınma maliyetleri incelenmiştir. Ayrıca, binaların ısıtılmasında jeotermal enerjiden faydalanılmasının ekonomik olup olmadığı araştırılmıştır. Bunun için 100 m²'lik bir dairenin ısıtılmasında kullanılan yakıtların ekonomik analizi yapılmıştır. Yapılan ekonomik analiz sonucunda, jeotermal enerji ile ısınmanın diğer alternatif enerji kaynaklarına göre daha ekonomik olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Alternatif Enerji Kaynağı, Ekonomik Analiz,
Jeotermal Enerji

**THE COMPARISON OF SOMA LIGNITE COAL AN FUEL-OIL WITH GEOTHERMAL
ENERGY FOR HEATING BUILDINGS**

ABSTRACT

In this study, a house that has four storeys and one hundred square meters flat was taken as a sample. This house can be heated with three different alternatives as Soma lignite coal, fuel oil and geothermal and first necessary investment expenses and annual heating costs for these different energy sources have been investigated. In addition, It have been researched that heating buildings with geothermal energy is economical or not. For that economic analysis of different sources for heating a building of a hundred square meters has been done. According to the result of this economic analysis, heating buildings with geothermal energy is more economical than heating with other energy sources.

Keywords: Alternative Energy Sources, Economic Analysis,
Geothermal Energy



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ülkelerin ekonomik açıdan giderek gelişmeleri, enerjiye olan ihtiyaçları da hızla arttırmaktadır. Bu nedenle ülkeler, bir yandan alışılmış enerji kaynaklarından daha ekonomik yararlanma yollarını, diğer yandan da yenilenebilir enerji kaynaklarından daha kapsamlı olarak faydalanma şekillerini araştırmaktadırlar. Gerçekten de araştırmacılar, son yıllarda jeotermal, güneş, rüzgâr ve gel-git gibi yenilenebilir enerji kaynakları ile daha fazla ilgilenmekte ve söz konusu kaynaklardan, daha ekonomik olarak yararlanmak için araştırmalar yapmaktadırlar.

Ülkelerin ekonomik, kültürel ve bilimsel seviyeleri onların ürettikleri ve kullandıkları enerji miktarı ile ölçülürler. Yaklaşık 6 milyar nüfusa sahip dünyamızda sanayileşmiş ülkelerde yaşayan 1 milyar nüfus kullanılan toplam enerjinin yaklaşık %60'ını tüketirken, gelişmekte olan ülkelerde yaşayan 5 milyar nüfus sadece %40'ını tüketmektedir. İleri uygarlık düzeyinde olan memleketlerde üretim ve hizmetlerin kalitesi yüksek, miktarı ve çeşidi çoktur. Bu memleketler zengin, mamur ve çevre sorunlarını büyük oranda çözmüşlerdir. Buna göre de teknoloji ve sanat da ileri olmalarıyla bu memleketlerin insanların refah seviyesi, hayat seviyesi yüksektir. Tabiatıyla da, geri kalan memleketlerin arzusu, ileri memleketlerin seviyesine erişmektir [1].

Dünya enerji tüketimi; nüfus artışına, sanayileşmeye ve teknolojik gelişmelere paralel olarak, baş döndürücü bir hızla artmakta ve 21.Yüzyıla girerken adeta enerji soğuran bir toplum ortaya çıkmaktadır. Günümüzde, Dünya enerji gereksiniminin %84'ü kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlarla, geriye kalan %16'sı da başta hidrolik ve nükleer enerji olmak üzere, hayvan, bitki atıkları, rüzgâr, güneş, jeotermal gibi kaynaklardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtların Dünya'da bilinen rezerv dağılımları petrol eşdeğeri olarak %68 kömür, %18 petrol, %14 doğal gaz olarak hesaplanmaktadır [2].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Jeotermal enerji yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, kimyasallar içeren sıcak su, buhar ve gazlardır. Yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmez bir enerji kaynağı olması; Bulunduğu ülkeler için bir özkaynak teşkil etmesi; temiz ve çevre dostu olması; yanma teknolojisi kullanılmadığı için sığırına yakın emisyonla sebebiyet vermesi; konutlarda, tarımda, endüstride, sera ısıtmasında ve benzeri alanlarda çok amaçlı ısıtma uygulamaları için ideal şartlar sunması; rüzgâr, yağmur, güneş gibi meteoroloji şartlarından bağımsız olması; kullanıma hazır niteliği; fosil enerji veya diğer enerji kaynaklarına göre çok daha ucuz olması[3]; arama kuyularının doğrudan üretim tesislerine ve bazen de reenjeksiyon alanlarına dönüştürülebilmesi; yangın, patlama, zehirlenme gibi risk faktörleri taşımadığından güvenilir olması; %95'in üzerinde verimlilik sağlaması; diğer enerji türleri üretiminin (hidroelektrik, güneş, rüzgâr, fosil enerji) aksine tesis alanı ihtiyacının asgari düzeylerde kalması; konutlara fuel-oil, mazot, kömür, odun taşınması gibi problemler içermediği için yerleşim alanlarında kullanımının rahatlığı; gibi nedenlerle büyük avantajlar sağlamaktadır.

Türkiye, ithal edilen yakıtlarda enerji ihtiyacının yarısından fazlasını karşılayan bir ülke olması ve hava kirliliğinin ülkemizde önemli bir sorun olduğu düşünülürse jeotermal enerji ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye'nin temiz ve sürekli enerji geleceği için çekici bir çözüm olacağı açıktır. Türkiye'de yaklaşık olarak 61000 konut jeotermal akışkanla ısıtılmakta olduğu, toplam 665 MWt konut ısıtması ve 565000 m² sera ısıtılmasında faydalandığı ve kanıtlanmış jeotermal ısıtma kapasitesi, var olan jeotermal



kuyulardaki verilere göre 3132 MWh'tır. Günümüzdeki uygulamalar jeotermal enerjinin, diğer fosil ve yenilenebilir enerji kaynakları ile kıyaslandığında Türkiye için daha ucuz ve temiz olduğuna değerlendirilmiştir [4].

Modern ısıtmada kullanılan temel prensip, eski Romalılardan kalan merkezi ısıtma tekniğine dayanmaktadır [5]. Günümüzdeki ısıtma devrelerinin bu teknikten farkı, kullanılan sıcak akışkanların cinsi ve sistemin büyüklüğüdür. Akışkan cinsi açısından günümüzde sıcak su, kaynar su, hava, sıcak yağ veya buhar kullanılabilir. Sistemlerin boyutu açısından ise bireysel (kat kaloriferi), merkezi, bölge veya bileşik (kojenereasyon) adı verilen şekillerde sınıflandırmak mümkündür. Ayrıca, bütün bu sistemlerden radyatör, konvektör, yerden, duvardan ısıtma gibi değişik ısıtıcı eleman uygulamaları yapılabilir.

Bütün bu sistemlerde birincil enerji kaynağı olarak, katı, sıvı ve gaz yakacaklar kullanılabilir. Kullanılan sistemlerin ve yakacakların birbirilerine göre çeşitli üstünlük ve sakıncaları bulunabilir. Bu nedenle her değişik uygulamada en uygun sistemin, ısıtıcı akışkanın ve ısıtıcı elemanın seçilebilmesi için bir mühendislik ve ekonomik analizin yapılması gereklidir [5].

Günümüzde Dünya'da, enerji ihtiyacının büyük bir kısmı hidrolik enerji ve fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Önümüzdeki yıllarda bu fosil yakıtların bitmesi ve bunların yerini yeni enerji kaynaklarının alması beklenmektedir. Jeotermal enerji de bunlardan biridir ve gün geçtikçe gelişmektedir. Jeotermal enerji üretim maliyeti, diğer enerji kaynaklarına oranla düşüktür. Bu maliyet, entegre kullanımlar söz konusu olduğunda, daha da düşmektedir. Şöyle ki 110 MWe kapasiteli bir santralden üretilen elektriğin şebekeye satış bedeli 4 cent/kWh'dir [6]. Dünya'da jeotermal enerjinin, %42'si hamam ve yüzme havuzlarında, %32'si konut ısıtmacılığında, %12'si jeotermal ısı pompalarında, %6'sı balık üretme çiftliklerinde, %5'i endüstriyel kullanımda, %2'si diğer kullanımlarda, %1'den azı da seralarda, kar eritmede ve havalandırmada kullanılmaktadır [7].

Kömür; Dünya enerji ihtiyacının önemli bir kısmını oluşturan katı yakıttır. Katı yakıtlar arasında da en önemlileri taşkömürü ve linyittir. Türkiye'de taşkömürü rezervi Kuzey-Batı Anadolu karbonifer havzasında bulunmaktadır. Bu havzada 2001 yılı sonu itibarıyla 428 milyon tonu görünür olmak üzere, toplam 1.126 milyar ton taşkömürü rezervi vardır. Toros dağlarında ve Diyarbakır ili sınırları içerisinde günümüzde işletilmeyen ve 20 milyon ton olarak kestirilen bir ek taşkömürü rezervinden söz edilmektedir. Türkiye'de 7.339 milyar ton görünür olmak üzere, toplam 8.075 milyar ton linyit rezervi bulunmaktadır [8]. Ülkemizde kömür rezervlerinin artırılması için kömür oluşumları arama ve projelendirme çalışmalarını yeni bir düzenleme ile yeniden başlatmak gerekmektedir.

Bireysel ısıtma yöntemi, merkezi sistem ısıtma yöntemine göre ekonomik olmamasına rağmen, bu sistemin kendi başına bağımsız olması en büyük üstünlüğüdür. Bu nedenle, bir apartman dairesinde oturan ülkemiz insanları tarafından çok tercih edilmektedir. Özellikle doğal gazın kullanılması durumunda bu sistemin gelecekte daha da yaygınlaşması beklenmektedir [5].

Bölgesel ısıtma, teknik açısından en ekonomik sistemdir. Özellikle doğal gaz dışında, kömür veya ağır fuel-oil gibi yakacakların kullanılması durumunda, yanmanın ve akışkan sıcaklıklarının tek bir merkezde hassas olarak kontrolü ancak bu sistemle yapılabilir. Hastaneler, kışlalar, konut siteleri, üniversite kampusları bu ısıtma tekniği için uygundur [5].

Konuya bu açıdan bakıldığında, Dünya'da enerji ihtiyacının hızla artışı, geleneksel enerji kaynaklarının dışında, yeni enerji

kaynaklarının araştırılmasına neden olmuştur. Söz konusu yeni enerji kaynaklarının biri de jeotermal enerjidir. Enerji kaynaklarının ekonomik olarak kullanılabilirliğinin temelinde, enerji üretim maliyetleri yer almaktadır. Bu çalışmada, modern işletmeciliğinin koşulu olarak ele alınan uygun karar alma sürecinde kullanılan güvenilir yöntemler, ekonomik analiz yöntemleri altında incelenmektedir. Kütahya'nın Simav ilçesinde jeotermal enerji, kömür ve kalorifer yakıtı ile konut ısınmasında, ilk yatırım maliyetleri ile birim ısıtma giderleri belirlenmiş ve bu giderlerin yıllara göre değişimleri incelenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

3.1. Materyal (Material)

Bu çalışmada, binaların ısıtılmasında jeotermal enerjiden faydalanılmasının ekonomik olup olmadığı incelenmektedir. Günümüzde genellikle doğal gaz, kalorifer yakıtı, kömür ve jeotermal enerji ile konut ısıtılması yapılmaktadır. Bunlardan doğal gaz ve jeotermal enerji, kömürle ısıtmadan daha az kullanılmaktadır. Bu çalışmada, bina ve sera ısıtılmasında geleneksel ısıtma yöntemlerinden kalorifer yakıtı ve kömürü ile yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerji kullanılarak yapılan ısıtmanın ekonomik olarak karşılaştırılması yapılmıştır.

Çalışmada, Simav bölgesinde konutlar yaklaşık 90-110 m² arasında değiştiğinden, 100 m² daireli ve 4 katlı bir konut örnek alınmıştır. Örnek alınan konutun genel özellikleri; ısı yalıtımına ilişkin özellikleri; çift camlı, pencere ve kapıları plastik doğramadan oluşmaktadır. Binada jeotermal enerji ile ısıtma için kalorifer tesisatının kurulduğu ve üst katta yalıtım yapıldığı varsayılmıştır. Buna göre, ısı geçirgenlik katsayıları dikkate alınmış ve ısı kaybı yaklaşık 55952 kcal/h dolayındadır [14]. Ayrıca, daire içinde ısıtılmayan mahallerin (WC, koridor, giriş) ısı kayıpları hesap edilerek diğer ısıtılan mahallere eklenmiştir. Isıtılması düşünülen daire, 100 m²'lik betonarme bir yapıdır.

Çalışmada 100 m²'lik konutun; Soma linyit kömürü, kalorifer yakıtı ve jeotermal enerji kaynakları ile ısıtılabilmesi için ilk yatırım maliyetleri ve yıllık ısınma maliyetleri belirlenmiştir. Kütahya-Simav ilçesinde Simav Belediyesi kayıtlarına göre 2004 yılında jeotermal enerji, kömür ve kat kaloriferi ile ısıtılan konut ve sera alanları Tablo 1'de verilmiştir [9].

Tablo 1. Simav'da jeotermal enerji, kömür ve kat kaloriferi ile ısıtılan toplam konut ve sera alanı

(Table 1. Geothermal energy in Simav and the total square metre of heated houses and greenhouse by central heating using coal or fuel-oil)

Enerji kaynağı	Isıtılan alan (m ²)		
	Konut	Sera	Toplam
Jeotermal enerji	261230	105276	366506
Kömür	660000	-	660000
Kat kaloriferi	30000	-	30000
Toplam	951230	105276	1056506

Tablo 1'de görüldüğü gibi, ilçede toplam konut alanının %69'ü kömür kullanarak ısıtılırken, %27'si jeotermal enerji ve %3'ü kat kaloriferi ile ısıtılmaktadır. Toplam 105276 m² olan sera alanının tamamı jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Toplam ısıtma alanlarının yaklaşık %34'ünde jeotermal enerji kullanılırken, %62'si kömür ile ısıtılmakta ve %3'ü de kat kaloriferi ile ısıtılmaktadır.

3.2. Metot (Method)

Seçilen örnek konut, her biri 100 m² dairesel ve dört katlı bir konut olup jeotermal enerjili ısıtma sistemi ile ısıtılmaktadır. Aynı konuta kat kaloriferi ve kömür kazanlı ısıtma sistemi kurulması halinde, bu sistemlerin birbirine göre ilk yatırım ve yıllık ısınma giderleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmayı yaparken jeotermal enerji, kömür ve kalorifer yakıtlı kat kaloriferi ile ısıtma sisteminin ekonomik ömrü 10'ar yıl olarak alınmıştır. Kıyaslama süresi boyunca yakacak fiyat artış oranları için tahmin yöntemlerine göre iki ayrı varsayım hazırlanmıştır. Her iki varsayım için analizler yapılarak sonuçlar yorumlanmıştır. Bu varsayımlar aşağıda verilmiştir.

Varsayım 1: Geçmiş 10 yıla ait gerçekleşen yakacak fiyatlarına göre, 1995 yılı baz alınarak TÜFE cinsinden hesaplanan fiyat endeksleri ile aynı dönemde gerçekleşen enflasyon oranlarına ait endeksler kullanılarak hesaplanan reel fiyat değişim oranlarının gelecek 10 yıl içinde de geçerli olacağı kabul edilmiştir. Bu amaçla hesaplanan endeksler ve reel değişim oranları (RDO) Tablo 2'de verilmiştir.

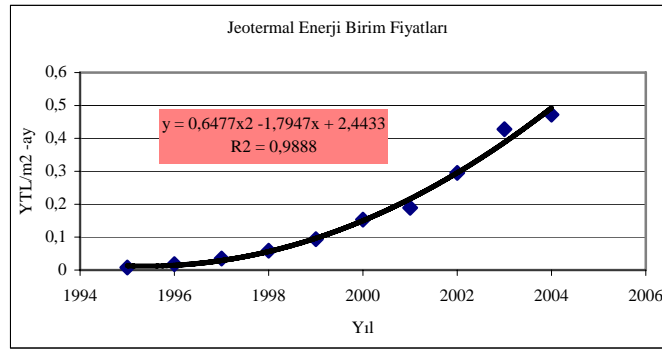
Varsayım 2: Geçmiş 10 yıla ait gerçekleşen yakıt bedelleri cari fiyatları değerlerine ilişkin üstel regresyon eşitlikleri kullanılarak gelecek 10 yıla ait birim yakıt bedelleri tahminleri kullanılmıştır. Geçmiş 10 yıla ait üstel regresyonla elde edilen jeotermal enerji, odun, Soma linyit kömürü ve kalorifer yakıtı için gerçekleşen birim fiyatlar Şekil 1,2,3 ve 4'de verilmiştir.

Tablo 2. 1995-2004 yılları arası yakacak fiyat artış oranları
(Table 2. The increase rates of prices for coal and fuel between 1995 to 2004)

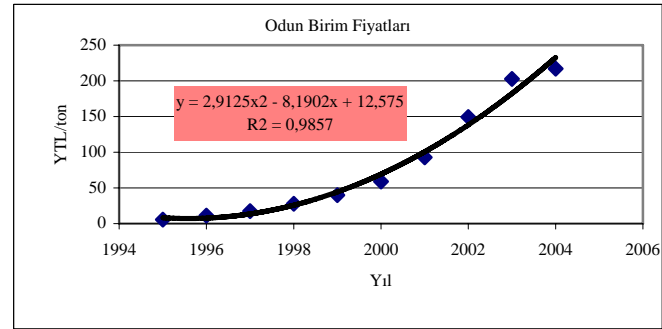
Yıl	Enerji Kaynağı							
	Jeotermal Enerji ⁽¹⁾		Odun ⁽²⁾		Soma Linyit Kömürü ⁽²⁾		Kalorifer yakıtı ⁽²⁾	
	(YTL/m ² -ay)	Endeks	(YTL/ton)	Endeks	(YTL/ton)	Endeks	(YTL/l)	Endeks
1995	0.008	100	5.7	100	6.8	100	0.012	100
1996	0.018	225	10.9	191	12.4	182	0.028	233
1997	0.035	438	16.2	284	24.2	356	0.059	492
1998	0.059	738	27.9	489	36.8	541	0.072	600
1999	0.094	1175	42.0	737	54.1	796	0.174	1450
2000	0.153	1913	58.1	1019	72.8	1071	0.206	1717
2001	0.189	2363	89.2	1565	144.0	2118	0.488	4067
2002	0.295	3688	153.2	2688	183.7	2701	0.668	5567
2003	0.428	5350	181.6	3186	205.5	3022	0.750	6250
2004	0.472	5900	211.8	3716	210.0	3088	0.960	8000
BFDO ⁽³⁾	-	0.50	-	0.44	-	0.41	-	0.55
RDO ⁽⁴⁾	0.02		-0.02		-0.04		0.05	

⁽¹⁾ : Simav Belediyesi Verileri dikkate alınarak hesaplanmıştır.
⁽²⁾ : Devlet İstatistik Enstitüsü verileri [10] ve Simav'daki perakende kömür satış fiyatlarından hesaplanmıştır.
⁽³⁾ : Birim fiyat değişim oranı (BFDO) olup geometrik değişim oranı olarak hesaplanmıştır $g=(L_n/L_0)^{(1/n)}-1$ [11].
⁽⁴⁾ : Reel değişim oranı olup ortalama genel enflasyon oranı ve BFDO dikkate alınarak hesaplanmıştır $(d=(j-)/(1+g))$ [11].

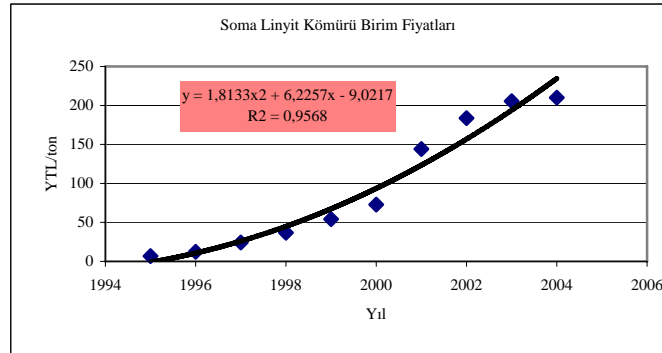
Tablo 2'de görüldüğü gibi, reel (gerçek) olarak birim jeotermal enerji bedeli ortalama yıllık %2 oranında artarken, birim odun bedeli yıllık %2 oranında azalmış, birim kömür bedelleri %4 oranında azalmış ve birim kalorifer yakıt bedeli ise %5 oranında artmıştır.



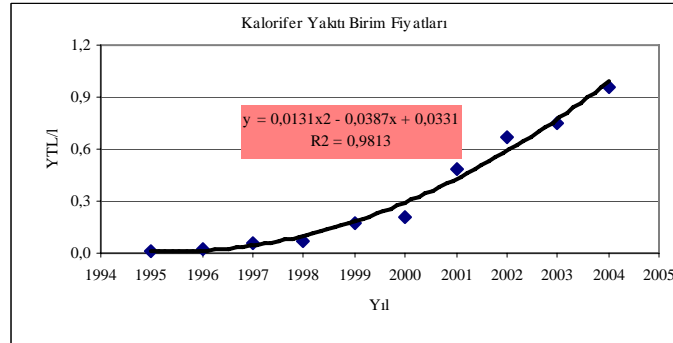
Şekil 1. Jeotermal enerji birim fiyatlarının yıllara göre değişimi
(Figure 1. The change in unit prices of geothermal energy according to years)



Şekil 2. Odun birim fiyatlarının yıllara göre değişimi
(Figure 2. The change in unit prices of wood according to years)



Şekil 3. Soma linyit kömürü birim fiyatlarının yıllara göre değişimi
(Figure 3. The change in unit prices of soma lignite coal)



Şekil 4. Kalorifer yakıtı birim fiyatının yıllara göre değişimi
(Figure 4. The change in unit prices of fuel-oil according to years)

Şekiller incelendiğinde enerji kaynakları olan; jeotermal enerji, Soma linyit kömürleri ve kalorifer yakıtı için geçmiş yıllara ait fiyat değişimleri, bunlara bağlı olarak belirlenen regresyon eşitlikleri ve regresyon eşitliği iyilik katsayıları (regresyon katsayıları) (R^2) görülmektedir. Gelecek 10 yıldaki (2005-2014 yılları arası), yıllık ısıtma maliyetlerinin hesaplanmasında, 2004 yılı yakacak fiyatları ve kıyaslama süresi boyunca yakacak fiyat artış oranları dikkate alınmıştır. Kıyaslama süresi boyunca yakacak fiyat artışlarının hesaplanmasında her iki varsayımda yer alan yakacak birim fiyatları esas alınmıştır. Gelecek yıllara ait yakacak fiyatlarının tahminlerinde, geçmiş 10 yıla ait gerçekleşen yakacak fiyatlarından yararlanılmıştır. Bu amaçla, 1995 yılını temel alan 1995-2004 yılları arasında jeotermal enerji, odun, kömür ve kalorifer yakıtı gibi yakacak fiyat artış oranları kullanılmıştır.

3.3. Isıtma Sistemlerinin İlk Yatırım Giderleri (First Investment Expenses of Heating System)

Materyal olarak seçilen binanın ısıtılması için gerekli olan ilk yatırım giderinin hesaplanmasında, sistemde kullanılan tüm elemanlar ve bunların ABD \$'ı bazında satın alma bedelleri dikkate alınmıştır. Jeotermal enerji ile merkezi ısıtma sisteminde yıllık tamir bakım ve yakacak masrafları yok denecek kadar azdır. Ancak, ısıtılan konutun büyüklüğüne göre birim alan başına (m^2) Simav Belediyesi'ne abonman ücreti ödenmektedir. Bunlara ek olarak, jeotermal enerji ile ısıtma için ilk katılım bedeli 300 \$/daire ve başlama ücreti 24 \$/daire alınarak ilk yatırım bedeli bulunmuştur. Bulunan bu değerler Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 3. Jeotermal enerjili ile ısıtma için gerekli olan ilk yatırım maliyeti
(Table 3. The first necessary cost price of heating by geothermal energy) [12]

Malzeme	Miktarı (Adet)	Birim maliyeti (ABD \$/birim)	Toplam Maliyet (ABD \$)
Eşanjör (60000kcal/h)*	1	1075	1075
Panel radyatör	40 m	45	1800
Boyler (125 L)	4	202	808
Sıcak su pompası	1	176	176
Fiber vana 2"	6	29	174
Çek valf 2"	4	16	64
Termostatik vana	1	62	62
Kapalı genişleme dep.	1	32	32
Termometre	3	6	18
Emniyet ventili	1	4	4
Manometre	2	4	8
Pislik tutucu	2	4	8
Diğer ekipmanlar	-	180	180
Tesisat Maliyeti			4409
KDV (%18)			794
İşçilik maliyeti (% 20)			882
Toplam Tesisat maliyeti		\$/bina	6084
		\$/daire	1521
Simav Belediyesi Abonelik şartları	Katılım payı (3 \$/m ²)	100 m ²	300
	Bağlama Ücreti	\$/daire	24
Toplam yatırım maliyeti		1845 \$/ daire	2399 YTL/daire

*Simav ilçesinde halen 4 katlı konut için yaygın kullanılan eşanjör tipidir.

Tablo incelendiğinde, jeotermal enerji ile ısıtmanın 1845 \$/daire olduğu görülmektedir. Toplam yatırım maliyeti, Simav Belediyesi abonelik şartları ve tesisat maliyetinden oluşmaktadır. Abonelik şartları, katılım payı ve bağlama ücretini içermekte olup daire başına 324 \$'dır. Toplam tesisat maliyeti, konut için 6084 \$'dır. Bu tesisat maliyeti, malzeme bedeli ve işçilik giderinden oluşmaktadır. İşçilik gideri toplam malzeme bedelinin %20'si kadar olup 882 \$'dır.

Tablo 4. Kömür ile ısıtma sistemi için gerekli olan ilk yatırım maliyeti [12]

(Table 4. The first necessary cost price of heating by coal [12])

Malzeme	Miktarı (Adet)	Birim fiyatı (ABD \$/birim)	Toplam Maliyet (ABD \$)
Panel radyatör	40 m	45	1800
Kazan (60000 kcal/h)	1	1351	1351
Boylar (125 L)	4	202	808
Sıcak su pompası	1	176	176
Fiber vana 2"	6	29	174
Açık genleşme deposu	1	100	100
Diğer ekipmanlar	-	100	100
Çek valf 2"	4	16	64
Termostatik vana	1	62	62
Termometre	3	6	18
Manometre	2	4	8
Pislik tutucu	2	4	8
Emniyet ventili	1	4	4
Toplam Tesisat Maliyeti			4673
KDV (% 18)			841
İşçilik maliyeti (% 20)			934
Toplam yatırım maliyeti		6448 \$/bina	
		1612 \$/daire	
		2096 YTL/daire	

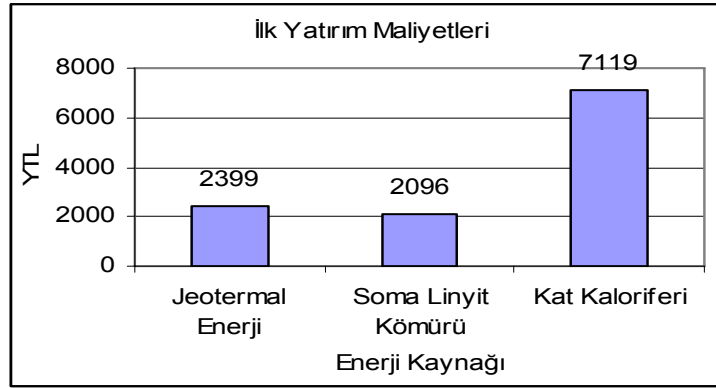
Tablo 5. Kat kaloriferi ile ısıtma sistemi için ilk yatırım maliyeti

(Table 5. The first necessary cost price of heating by fuel oil [12])

Malzeme	Miktarı (Adet)	Birim fiyatı (ABD \$/birim)	Toplam Maliyet (ABD \$)
1/2"Kromajlı radyatör musluğu	20	60	1200
Kat kalorifer kazanı	1	1000	1000
PKKP 600 Tipi radyatör	10 m	90	900
Yakıt deposu (1500 l'lik)	1	400	400
Radyatör konsolu ve parçaları	30	3	90
Denge deposu	1	81	81
1" Siyah boru	25 m	3	75
1/2" Radyatör rekoru	20	3	60
1/2" Siyah boru	20	2	40
1.1/4" Siyah boru	10 m	4	40
1.1/4" Şiber vana ve rekoru	2	17	34
3/4" Siyah boru	14 m	2	28
Mazot filtresi ve adaptörleri	1	15	15
Mazot deposu seviye göstergesi	1	5	5
Toplam Tesisat Maliyeti		3968	
KDV (%18)		714	
İşçilik maliyeti (%20)		794	
Toplam yatırım maliyeti		5476 \$/daire	
		7119 YTL/daire	

Tablo da görüldüğü gibi, kömür ile ısıtma sisteminde, jeotermal enerji sisteminde bulunan eşanjörün yerine kazan yer almaktadır. Kömür

ile ısıtma yapılabilmesi için gerekli olan tesisat maliyetinin 100 m²'lik bir daire için 1612 \$ olduğu görülmektedir. Toplam tesisat maliyeti, gerekli olan malzeme bedeli ve işçilik giderinden oluşmaktadır. Toplam işçilik bedelinin 934 \$ olduğu görülmektedir. Tablo incelendiğinde, 100 m²'lik bir daire için toplam tesisat maliyetinin 3968 \$ ve toplam yatırım maliyetinin de daire başına 5476 \$ olduğu görülmektedir. Bu tesisat maliyeti gerekli malzeme ve işçilik bedelinden oluşmaktadır. Gerekli işçilik bedeli 794 \$'dır.



Şekil 5. Jeotermal enerji, kömür ve kat kaloriferi için ilk yatırım maliyetleri
(Figure 5. First investment expenses for geothermal energy, coal and fuel oil)

Şekil 5 incelendiğinde, 100 m²'lik bir daire için ilk yatırım maliyeti en düşük kömür ile ısıtma daha sonra sırasıyla jeotermal enerji ve kat kaloriferi olduğu görülmektedir. Bunlardan jeotermal enerji ile ısıtmanın ilk yatırım maliyeti 2399 YTL ve kat kaloriferi ile ısıtmanın maliyeti 7119 YTL olarak hesaplanmıştır.

3.4. Yıllık Maliyetlerin Hesaplanması (Yearly Cost Accounting)

Yıllık maliyetler, yıllık sabit giderler ve yıllık değişken giderlerden oluşmaktadır. Yıllık değişken giderler; yıllık yakacak gideri, enerji gideri, işgücü gideri ve tamir-bakım giderinden oluşmaktadır.

Yıllık sabit giderlerinin belirlenmesinde ise, ilk yatırımın amortisman ve faiz giderleri ile vergi sigorta ve koruma giderlerinden oluşan diğer sabit giderler dikkate alınmıştır. Yıllık amortisman giderinin hesaplanmasında doğru hat amortisman yöntemi kullanılmıştır. Yıllık faiz giderinin hesaplanmasında; nominal faiz oranı ve genel enflasyon oranı dikkate alan reel faiz oranı kullanılmıştır. Nominal faiz oranı ve genel enflasyon oranı için ülkemizde son yıllarda gerçekleşen değerler dikkate alınmıştır. Diğer sabit giderlerin hesaplanmasında, ilk yatırım bedelinin yaklaşık %2'si esas alınmıştır. Reel faiz oranı ve yıllık giderlerin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır[11].

$$g = \left(\frac{L_n}{L_0}\right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (1)$$

$$d = \frac{1+i}{1+g} - 1 = \frac{i-g}{1+g} \quad (2)$$

$$YIG = YDG + YSG \quad (3)$$

$$YDG = YYG + YEG + YİG + YTBG \quad (4)$$

$$YSG = AG + FG + DSG \quad (5)$$



$$AG = \frac{P-S}{n} \quad (6)$$

$$FG = \left(\frac{P+S}{2}\right)d \quad (7)$$

$$DSG = 0.02 P \quad (8)$$

Eşitliklerde;

g = Yıllık genel enflasyon oranı (ondalık),

L_n = n. periyot fiyatı (YTL),

L_0 = Başlangıç fiyatı (YTL),

i = Yıllık piyasa veya nominal faiz oranı (ondalık),

d = (RFO) Gerçek (reel) faiz oranı (ondalık) olup, gelecek ilk 5 yıl için yıllık ortalama %10, ikinci 5 yıl için %8 olarak kabul edilmiştir.

YIG = Yıllık ısınma gideri (YTL/yıl),

YDG = Yıllık değişken gider (YTL/yıl),

YSG = Yıllık sabit gider (YTL/yıl),

YYG = Yıllık yakıt gideri (YTL/yıl),

YEG = Yıllık enerji gideri (YTL/yıl)

YİG = Yıllık işgücü gideri (YTL/yıl),

YTBG = Yıllık tamir bakım gideri (YTL/yıl),

AG = Amortisman gideri (YTL/yıl) olup, doğru hat amortisman yöntemiyle hesaplanmıştır.

FG = Faiz gideri (YTL/yıl),

P = Yatırım şimdiki değeri (YTL) olup, 2004 yılı yatırım bedelleri %10 arttırılarak 2005 yılı için ayarlanmıştır.

S = Hurda değer (YTL),

n = Yatırım ömrü (yıl),

DSG = Diğer sabit giderler (YTL/yıl) olup vergi, sigorta ve koruma giderinden oluşur.

Jeotermal enerji ile ısınma için yıllık ısınma gideri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$YIG_j = (BT + EG + YTBG) + (AG + FG + DSG) \quad (9)$$

Eşitlikte;

YIG_j = Jeotermal enerji ile yıllık ısınma gideri (YTL/yıl),

BT = Belediye tarifesini olup, birim tarife bedeli (YTL/m²-ay) esas alınarak hesaplanmıştır. Yaz dönemine rastlayan haziran, temmuz ve ağustos aylarında ısınmaya ihtiyaç olmadığı için Simav Belediyesi birim tarife bedelinin %50'si almaktadır [9].

YEG = Yıllık elektrik gideri (YTL/yıl) olup, yıllık elektrik tüketimi jeotermal enerji için aşağıdaki eşitlikte hesaplanmıştır.

$$YEG = (BET) (BEB) (YÇS) \quad (10)$$

Eşitlikte;

YEG = Yıllık elektrik gideri (YTL/yıl),

BET = Birim elektrik tüketimi (kWh/h) olup, her bir pompa için 0.15 kWh/h'tır [9].

BEB = Birim elektrik bedeli (YTL/kWh) olup, 2004 yılı için 0.16 YTL/kWh'tır [10]. Diğer yıllar için her yıl %5 oranında artış dikkate alınarak hesaplanmıştır.

YÇS = Yıllık çalışma süresi (h/yıl) olup, 2880 h/yıl olarak alınmıştır.

YTBG = Yıllık tamir bakım gideri (YTL/yıl) olup, yıllık yakıt giderinin %10'u olarak alınmıştır.

Jeotermal enerji dışındaki diğer enerji kaynakları için yıllık yakıt tüketimi aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır [13].

$$B_y = \frac{Q_k Z_g Z_y}{2H_u \eta_u} \quad (11)$$

Eşitlikte;

B_y = Yıllık yakıt tüketimi (ton/yıl),

Q_k = Kazanın ısı kapasitesi (kcal/h),

Z_g = Günlük çalışma süresi (h/gün),

Z_y = Yıllık çalışma süresi (gün/yıl),

H_u = Yakıtın alt ısıl değeri (kcal/ton) olup, yakıt cinsine göre Tablo 6'da verilmiştir [13].

η_u = Kazanın verimi olup, kömür ve kat kaloriferi için kazan verimleri Tablo 6'da verilmiştir [13].

Enerji kaynakları ile ısınma için (11) eşitliği ile hesaplanan yıllık yakıt tüketimi değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Enerji kaynakları yıllık yakıt tüketim değerleri
(Table 6. Yearly fuel consumption values of energy sources)

Enerji Kaynağı	Birim fiyat (YTL/ton) ⁽³⁾	Z_g	Z_y	H_u	η_u	B_y
Soma linyit Kömürü ⁽¹⁾	210	16	180	5500	0.65	5.6
Kalorifer Yakıtı ⁽²⁾	960	16	180	9700	0.80	2.2

⁽¹⁾ Kömür kazan için kazan ısı kapasitesi, $Q_k=55952$ kcal/h-bina dikkate alınmıştır [14].

⁽²⁾ Kat kaloriferi için kazan ısı kapasitesi $Q_k=12001$ kcal/h-daire (1.kat) dikkate alınmıştır [14].

⁽³⁾ Simav'da perakende kömür satış fiyatları dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Çizelge incelendiğinde, 100 m² büyüklüğünde bir daireye düşen yakıt miktarlarının; Soma linyit kömürü için sırasıyla 5.6 ton/yıl olduğu görülmektedir. Kömür ile ısıtma için her yıl tutuşturucu olarak yaklaşık 1 ton/daire odun kullanılacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca, 100 m² daireyi kat kaloriferi ile ısıtmak için 6 aylık yakıt miktarı da 2.2 ton kalorifer yakıtı (kal-yak) olarak hesaplanmıştır.

Kalorifer kazanını yakmak için kaloriferci ücreti de 350 YTL/ay olarak alınmış ve her yıl %10 oranında artış yapılacağı kabul edilmiştir. Bu verilere göre, Soma linyit kömürü için yıllık ısınma gideri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$YIG_k = (YKG + YOG + YEG + YİG + YTBG) + (AG + FG + DSG) \quad (12)$$

Eşitlikte;

YIG_k = Kömürle yıllık ısınma gideri (YTL/yıl),

YKG = Yıllık kömür gideri (YTL/yıl),

YOG = Yıllık odun gideri (YTL/yıl),

YEG = Yıllık elektrik gideri (YTL/yıl),

$YİG$ = Yıllık işgücü (kaloriferci) gideri (YTL/yıl),

$YTBG$ = Yıllık tamir bakım gideri (YTL/yıl)'dir.

Kat kaloriferi ile ısınma için yıllık ısınma gideri ise aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$YIG_f = (YYG + YEG + YTBG) + (AG + FG + DSG) \quad (13)$$

Eşitlikte;

YIG_f = Kat kaloriferi ile yıllık ısınma gideri (YTL/yıl),

YYG = Yıllık yakacak gideri (YTL/yıl),



YEG = Yıllık elektrik gideri (YTL/yıl),
YTBG = Yıllık tamir bakım gideri (YTL/yıl)'dir.
Gelecek 10 yıllık dönemde yatırım alternatiflerinin karşılaştırılmasında aşağıda belirtilen, net şimdiki değer (NŞD) ve yıllık eşdeğer miktar (YEM) yöntemleri kullanılmıştır [11].

$$N\dot{S}D = \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+i)^t} - C_o \quad (14)$$

$$YEM = A_t - C_o \quad (A/P, i, n) \quad (15)$$

Eşitliklerde;

NŞD = Net şimdiki değer (YTL),

A_t = t. periyodundaki nakit akışı (YTL),

C_o = Projenin ilk yatırım bedeli (YTL),

YEM = Yıllık eşdeğer miktar (YTL/yıl)

(A/P, i, n) = Sermaye geri dönüş faktörüdür.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

4.1. Isınma Giderlerinin Karşılaştırılması (Comparison of Heating Expenses)

Materyal olarak seçilen konutun 100 m²'lik dairesinin ısıtılmasında farklı enerji kaynakları olan jeotermal enerji, Soma linyit kömürü ve kat kaloriferi ile ısıtma için 2005-2014 yılları arasında her bir varsayım için hesaplanan ısıtma giderleri Tablo 7'de verilmiştir. Bu enerji kaynakları için net şimdiki değer (NŞD) ve yıllık eşdeğer miktarı (YEM) yöntemi kullanılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Hesaplamalar yapılırken faiz oranı %10 olarak alınmıştır.

Net şimdiki değer ve yıllık eşdeğer yöntemleri ile alternatif enerji kaynaklarının her biri şimdiki değere indirgenmektedir. Geriye doğru düzenleme esas alındığı için negatif nakit akışı etkisindedir. Net şimdiki değer ve yıllık eşdeğer miktarı yöntemlerine göre hesaplanan değerler tablo 7'de verilmiştir. NŞD yöntemine göre 10 yıllık bir zaman diliminde tablo 7'de görüldüğü gibi her bir alternatif enerji kaynağının şimdiki değere indirgenmesiyle jeotermal enerji, Soma linyit kömürü ve kat kaloriferi için sırasıyla 7745, 17121 ve 30520 YTL değerleri elde edilmiştir. Bu değerler incelendiğinde de en düşük değer jeotermal enerji ile ısıtma ve bundan sonra sırasıyla; Soma linyit kömürleri ve kat kaloriferi olduğu görülmektedir. YEM yöntemine göre de en düşük değere sahip olan enerji kaynağının yine jeotermal enerji, bundan sonra sırasıyla; Soma linyit kömürleri ve kat kaloriferi ile ısıtma olduğu Tablo 7'de görülmektedir.



Tablo 7. Her iki varsayım için farklı enerji kaynaklarının ısıtma giderlerinin net şimdiki değerleri (NŞD) ve yıllık eşdeğer miktarları (YEM)

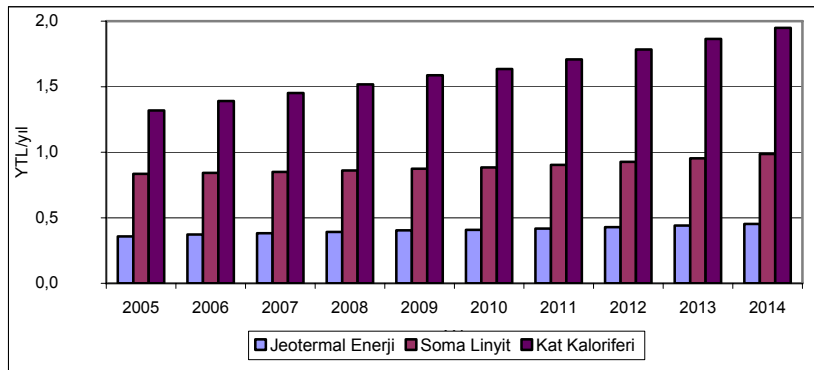
(Table 7. Net present values (NPV) of different energy sources expense for both assumptions and yearly equivalent amount)

100 m ² daire için yıllara göre ısıtma giderleri (YTL/yıl)						
Yıl	Varsayım					
	1			2		
	Jeotermal Enerji	Soma Linyit Kömürü	Kat Kaloriferi	Jeotermal Enerji	Soma Linyit Kömürü	Kat Kaloriferi
2005	1031	2405	3798	1180	2971	3682
2006	1071	2428	4004	1360	3412	4409
2007	1099	2448	4181	1544	3879	5100
2008	1130	2478	4370	1744	4382	5860
2009	1163	2517	4570	1961	4923	6689
2010	1173	2546	4710	2171	5480	7514
2011	1204	2602	4918	2415	6091	8462
2012	1236	2669	5137	2676	6742	9477
2013	1270	2748	5368	2954	7433	10561
2014	1306	2840	5613	3248	8164	11712
NŞD (%10)	7745	17121	30520	13183	33164	45076
YEM (%10)	1689	3161	6240	2574	5771	8608
Endeks	100	187	369	100	224	334

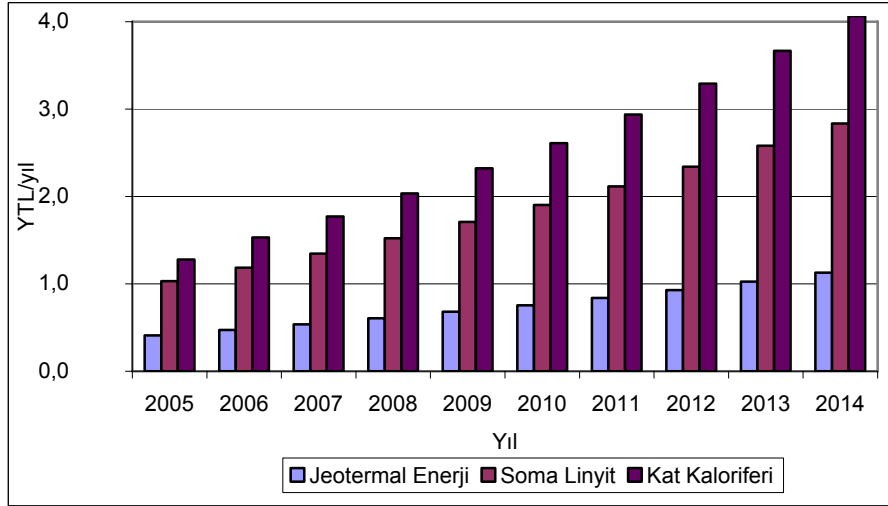
Gelecek 10 yıllık dönemde, jeotermal enerji, Soma linyit kömürü ve kat kaloriferi kullanılarak ısıtılan konutların her iki varsayım için birim ısınma giderleri Tablo 8'de, birim ısınma giderlerinin yıllara göre değişimleri ise Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir.

Tablo 8. Her iki varsayım için 100 m²'lik daire için birim ısınma giderleri
(Table 8. Unit heating expense of a 100 m² flat for both assumptions)

Yıl	Enerji Kaynağı (YTL/h-m ²)					
	Varsayım 1					
	Jeotermal Enerji	Değişim (%)	Soma Linyit Kömürü	Değişim (%)	Kat Kaloriferi	Değişim (%)
2005	0.36	100.0	0.84	100.0	1.32	100.0
2006	0.37	102.8	0.84	100.0	1.39	105.3
2007	0.38	105.6	0.85	101.2	1.45	109.8
2008	0.39	108.3	0.86	102.4	1.52	115.2
2009	0.40	111.1	0.87	103.6	1.59	120.5
2010	0.41	113.9	0.88	104.8	1.64	124.2
2011	0.42	116.7	0.90	107.1	1.71	129.5
2012	0.43	119.4	0.93	110.7	1.78	134.8
2013	0.44	122.2	0.95	113.1	1.86	140.9
2014	0.45	125.0	0.99	117.9	1.95	147.7
Ort.	0.41	112.50	0.89	106.07	1.62	122.80
Yıl	Enerji Kaynağı (YTL/h-m ²)					
	Varsayım 2					
	Jeotermal Enerji	Değişim (%)	Soma Linyit Kömürü	Değişim (%)	Kat Kaloriferi	Değişim (%)
2005	0.41	100.0	1.03	100.0	1.28	100.0
2006	0.47	114.6	1.18	114.6	1.53	119.5
2007	0.54	131.7	1.35	131.1	1.77	138.3
2008	0.61	148.8	1.52	147.6	2.03	158.6
2009	0.68	165.9	1.71	166.0	2.32	181.3
2010	0.75	182.9	1.90	184.5	2.61	203.9
2011	0.84	204.9	2.11	204.9	2.94	229.7
2012	0.93	226.8	2.34	227.2	3.29	257.0
2013	1.03	251.2	2.58	250.5	3.67	286.7
2014	1.13	275.6	2.83	274.8	4.07	318.0
Ort.	0.74	180.24	1.86	180.10	2.55	199.30



Şekil 6. Varsayım 1 için enerji kaynaklarının birim ısınma giderlerinin yıllara göre değişimi
(Figure 6. For assumption 1 the change of unit heating expenses for energy sources according to years)



Şekil 7. Varsayım 2 için enerji kaynaklarının birim ısınma giderlerinin yıllara göre değişimi

(Figure 7. For assumption 2 the change of unit heating expenses for energy sources according to years)

Çizelge ve Şekiller incelendiğinde, birim ısıtma giderleri arasında, enerji kaynağı ve yıllara göre önemli değişimler söz konusudur. Her iki varsayımda da görüldüğü gibi, enerji kaynaklarından jeotermal enerji ile ısınma en ucuz ısınma şekli olup, kullanımı da diğer enerji kaynaklarına göre daha ekonomiktir.

Varsayım 1 için, 2005 yılında 100 m² için 0.36 YTL/h olan jeotermal enerji birim ısınma bedeli, 2014 yılında %25 oranında artarak 0.45 YTL/h değerine yükselirken, Soma linyit kömüründe bu artış %17.9 olmuştur. Bu durumda Simav yöresinde jeotermal enerji ile konut ısıtmasında Soma linyit kömürü ve kat kaloriferine göre önemli ölçüde ekonomik avantajlar söz konusudur. 10 yıllık ortalama birim ısıtma bedelleri dikkate alındığında, Soma linyit kömürü için 0.89 YTL/h ve kat kaloriferi için 1.62 YTL/h olan birim ısınma giderleri, jeotermal enerji için ortalama %12.5 oranında artarak 0.41 YTL/h değerine ulaşmıştır.

Varsayım 2 için, jeotermal enerji ile birim ısıtma bedeli, 2005 yılında 0.41 YTL/h iken, 2014 yılında %175.6 artarak 1.13 YTL/h değerine yükselmiştir. Ancak, aynı konut Soma linyit kömürü ile ısıtılır ise 2005 yılında 1.03 YTL/h ve 2014 yılında da %174.8 artarak 2.83 YTL/h olacaktır. Yine aynı konutu, kat kaloriferi ile ısıtılır ise 2005 yılında 1.28 YTL/h olur. Diğer bir ifadeyle gelecek 10 yıllık dönemde, Simav yöresinde jeotermal enerji konut ısıtılması en düşük değerlere sahip olduğu söylenebilir. Ve ortalama %80 oranında artarak 2014 yılında birim ısınma bedelinin 1.13 YTL/h olacağı tahmin edilmektedir. 2012 yılında jeotermal enerji ile ısınma 0.93 YTL/h iken, kalorifer yakıtı ile ısınma 3.29 YTL/h olmaktadır. 2005-2014 yılları arasında jeotermal enerji ile konut ısıtma; kat kaloriferi ve kömür ile ısıtmaya göre çok daha ekonomik olmaktadır. Artışların varsayılan şekilde devam etmesi jeotermal enerjinin ne kadar ekonomik olduğunu göstermektedir.

Simav, kış mevsimini yaklaşık 6 ay olarak geçirmektedir. Bu sürede ki kalorifer yakıtı ve kömür ile ısınma maliyeti, jeotermal enerji ile yapılan ısınma maliyetinden daha fazladır. Jeotermal enerji ile ısınmada, 12 ay boyunca ısınma ücretini ödeme zorunluluğu vardır. Diğer ısınma sistemlerinde böyle bir zorunluluk yoktur. Ancak, yazın konut ısıtmasına gerek duyulmamaktadır. Sistemin yaz aylarında



çalıştırılmaması jeotermal enerji için en büyük gideri oluşturan elektrik giderinin azalmasına neden olacaktır.

Yaz aylarında ısıtma yapılmamasına rağmen, aynı kış döneminde olduğu gibi yakıt bedeli ödenmektedir. Bu da diğer ısınma sistemlerine göre bir dezavantaj oluşturmaktadır. Bu dezavantaj, jeotermal enerji ile konut ısıtması günde 16 saat ve yılda 6 ay yaparak ortadan kaldırılabılır. Ancak, boylerlerin 24 saat ve 365 gün çalıştırılması gerekmektedir.

Isıtma sistemlerinde, kat ısıtmasının yanında sıcak su kullanımı da vardır. Jeotermal enerjide sıcak su kullanımı ortalama 60 °C civarında ve 24 saat boyunca kullanılmaktadır. Diğer enerji sistemlerinde ise bu durum kazan ateşinin belirli derecede yakılmasına, kat kaloriferinde ise sıcaklığı koruyabilecek belirli bir litre yakıtın yakılması ile elde edilebilir. 12 aylık verilen ısınma ücretinde, ısınmanın yanında 24 saat verilen sıcak su ücreti de bu bedele dahildir. Yani verilen bu ücret fazla gibi görünse de 12 ay boyunca sıcak su kullanımı yapılabilir. Diğer enerji türleri ile böyle bir kullanımın bu fiyata sağlanması söz konusu değildir. Bu da jeotermal enerji ile ısınmanın bir avantajıdır.

Jeotermal enerji ile ısınma belediye tarafından sağlanmakta ve bir aylık kullanım ücreti kullanma şekline göre değişmemektedir. Yani aylık ısınma ücretinin fiyatı bellidir. Günün her saati ısıtma yapıldığından, binanın mevcut ısısı korunmaktadır. Bu ise kullanımda konfor ve rahatlık sağlamaktadır. Böylece daha ucuza, konforlu ve temiz bir ısınma elde edilirken, çevreye verilen zarar minimumdur. Yıllık fiyat artışlarına bakıldığında, kat kaloriferi ve kömür ile ısıtmanın jeotermal enerji ile ısıtmaya göre daha fazla olduğu görülmektedir.

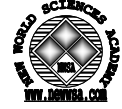
5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND SUGGESTIONS)

Bu çalışmada, jeotermal enerji ile konut ısıtılmasının teknik ve ekonomik yönü incelenmiştir. Jeotermal enerjiden yararlanılarak yapılan bina ısıtılmasının, çağdaş yaşam koşulları gözletildiğinde daha ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır. Türkiye'de son yıllarda çok sayıda jeotermal enerji alanı keşfedilmiştir. Bu çalışmada, bunlar hakkında da bilgi verilmiştir.

Ayrıca çalışmada, jeotermal enerji ile yapılan ısıtmanın bina ömrüne eşit olduğu göz önüne alınmadan, yalnızca 10 yıl için kıyaslama yapılmıştır. 30 yıllık bir dönem düşünülürse, jeotermal enerji ile ısıtmanın ne kadar ekonomik olacağı şüphesizdir. Zaten, çağdaş yaşam koşullarına uygunluk açısından düşünüldüğünde kömür, diğer ısıtma sistemlerine göre daha fazla hava kirliliği yarattığı ve maliyetinin yüksek olması bakımından ısınmada tercih edilir bir seçenek olmaması gerekir.

Bugün yurt geneline bakıldığında konutların ısıtılması genellikle, fuel-oil, doğal gaz, kömür ve jeotermal enerji ile yapılmaktadır. Jeotermal enerji, doğal bir enerji kaynağı olduğundan dışarıya bir bağımlılığı yoktur. Artan petrol fiyatları ve nakliye masrafları göz önüne alınırsa, jeotermal enerji dışındaki yakıt türleri ile konutların ısıtılması oldukça pahalıya mal olmaktadır. Bu enerji ile ısıtma yapılan konutlarda, 24 saat ısınma ve sıcak su kullanımı mevcuttur. Çalışmada elde edilen verilere göre jeotermal enerji ile konutların ısıtılması oldukça ucuza mal olmaktadır.

Bu çalışmada, 100 m²'lik bir yapının ısıtılabilmesi için değişik ısıtma metotlarının ilk yatırım giderleri ve yıllık işletme giderleri hesaplanmaktadır. İlk yatırım giderleri açısından en ekonomik enerji kaynağı; kömür ile ısıtma, ikinci alternatif enerji kaynağı ise jeotermal enerji ile merkezi ısıtma, son alternatif ise kat kaloriferi ile ısıtmadır. Yıllık işletme giderleri kıyaslandığında ise en



ekonomik enerji kaynağının jeotermal enerji ile ısıtma olduğu sonucuna varılmıştır. Bundan sonra sırasıyla; Soma linyit kömürü ve kat kaloriferi diğer alternatif enerji kaynaklarını oluşturmaktadır. Yıllık yakacak fiyatlarının, geçmiş 10 yıllık eğilimle artacağı düşünüldüğünde 10 yıllık bir sürede, jeotermal enerji merkezi ısıtma sistemi, kömür ve kat kaloriferi ile ısıtmaya göre daha ekonomik olmaktadır.

Simav-Eynal sahasında bulunan jeotermal akışkanın sıcaklığı merkezi ısıtma için oldukça yüksektir. Jeotermal akışkanın enerjisinden tam olarak yararlanılmadığı için bu yörede kurulacak entegre tesis ile elektrik üretiminin yanı sıra, atık ısı ile Simav ilçesinin ısıtılması, endüstriyel kullanım, sera ve termal tesislerin ısıtılması yapılabilecektir. Ucuz ve temiz bir enerji olan jeotermal kaynakların öncelikli olarak devreye alınması, bu kaynağın bulunduğu yörelerimize ve ülkemize önemli ölçüde ekonomik ve sosyal katkı sağlayacaktır.

Bu önemli avantajların ardından Türkiye’de jeotermal enerji ile konut ısıtılmasının daha ucuza sağlanabileceğini söyleyerek, bu enerji alanlarına sahip bölgelerde yatırımların yapılması teşvik edilmelidir. Böylece hem kendi insanımıza en iyi hizmet sunulmuş, hem de ülkemizin doğal kaynakları değerlendirilmiş olacaktır. Türkiye, jeotermal enerji zenginliği açısından dünyanın yedinci ülkesi olup, bu enerjisinin ısı ve elektriksel kullanımını geliştirmek zorundadır. Bunun için, jeotermal enerjinin gelişimini hızlandıracak yasal düzenlemelerin bir an önce yürürlüğe girmesi sağlanmalıdır. Türkiye’de, toplam 170 jeotermal alana karşılık açılan kuyu sayısı 200 olup, dünya standartlarına göre çok azdır. Ülkemizde jeotermal potansiyelinin ortaya konulması için jeotermal sondaj kuyularının sayısı arttırılmalıdır. Yeni sahaların bulunması, kapasite çalışmalarının devamı ve reenjeksiyon amacıyla M.T.A, üniversiteler ve özel kuruluşlara araştırma-geliştirme, uygulama projeleri ve yatırımlar için destek sağlanması büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Veziroğlu, T.N., (2000). Enerji, Eğitim ve Türkiye’nin Ekonomik Kalkınması, Konferans Raporu, Ankara.
2. Vogel, C., (1999). Coals Role in Electrical Power Generation: Will it Remain Competitive The Proceedings of the Technical Conference on Coal Utilization and Fuel Systems, Coal and Slurry Technology Association, pp:13-24.
3. Güntürkün, R., Şahin, H., (2007), Farklı enerji kaynaklarının konut ısıtmasında ekonomik analizi, TMMOB Jeotermal Kongresi 21-24 Kasım 2007, Ankara.
4. Kaygusuz, K. and Kaygusuz, A., (2004). Geothermal energy in Turkey the sustainable future, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 8, ss:545-563.
5. Genceli, O.F. ve Parmaksızoğlu, G., (2003). TMMOB Makine Mühendisleri Odası Kalorifer Tesisatı, MMO Yayınları, Yay No:352, Ankara.
6. Devlet Planlama Teşkilatı Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı 2001, Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu, <http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/enerjiha/oik620.pdf> Ankara, (16.02.2005).
7. Lund, W.J. and Feeston, H.D., (2000). World-Wide Direct Uses Of Geothermal Energy 2000, Geothermics 30, ss:29-68.
8. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2005). www.enerji.gov.tr (16.02.2005)
9. Simav Belediyesi Eynal Kaplıcaları İşletme Müdürlüğü Verileri (2004), Simav/Kütahya.



10. Devlet İstatistik Enstitüsü Web Sitesi, <http://www.die.gov.tr> (16.02.2005).
11. Tuzcu, S., (2004). Sözlü görüşme, Makine Mühendisi, Simav/Kütahya.
12. Işık, A., (2000). Mühendislik Ekonomisi, Bizim Büro Basımevi, İkinci baskı, Simav/ Kütahya, ss:276.
13. Kural, O. ve Özcan, A.N., (1982). Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt:5. Say:1, ss:18.,
14. Şahin, H., (2005). Simav İlçesinde Farklı Enerji Kaynakları İle Bina Isıtılmasının Ekonomik Analizi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.