

KERESTE KURUTMADA KULLANILAN ENERJİ KAYNAĞININ MALİYETE ETKİLERİ

Murat ÖZALP, Mustafa ORDU

Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, 43500, Simav/Kütahya, mozalp@dpu.edu.tr

Geliş Tarihi: 13.01.2010 Kabul Tarihi: 09.07.2010

ÖZET

Günümüzde enerji ihtiyacının büyük bir kısmı hidroelektrik enerji ve fosil enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynağı olan Jeotermal enerji, fosil yakıtlarına alternatif bir enerji kaynağı durumundadır. Bu çalışmada jeotermal enerjinin kereste kurutma işleminde kullanılması durumunda kurutma maliyetine etkisi araştırılmıştır. Yapılan araştırmalar ve maliyet analizleri sonucunda jeotermal enerjinin diğer enerji türleri ile karşılaştırılması yapılmış ve karşılaştırmalar sonucunda jeotermal enerjinin kereste kurutma maliyetini en düşük maliyetin yaklaşık % 19'una kadar düşürebileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kereste kurutma, jeotermal enerji, kereste kurutma maliyeti, kurutma fırını

THE EFFECTS TO COST OF USED ENERGY SOURCE IN THE LUMBER DRYING

ABSTRACT

Today a large part of the energy needs of hydroelectric power and fossil energy sources are provided. Geothermal energy is a source of renewable energy, alternative energy sources to fossil fuels is the case. In this study, the use of geothermal energy in the case of the lumber drying process, the cost of drying was investigated. As a result of research and cost analysis of geothermal energy has been compared with other types of energy and geothermal energy as a result of comparing the cost of the lumber drying the lowest cost can be reduced to approximately 19% was observed.

Key Words: Lumber drying, geothermal energy, cost of the lumber drying, klin drying.

1. GİRİŞ

Ağaç malzemeye nitelik kazandıran çalışmaların başında, uygun şartlarda kurutma gelmektedir. Kurutma; maksada uygun olmayan fazla suyun ağaç malzemenin uzaklaştırılmasıdır [1]. Ağaç malzemenin anizotrop bir yapıda olması, yani farklı kesitlerde farklı özellikler göstermesi nedeniyle kurutma sırasında istenmeyen şekil değişiklikleri olmaktadır. Kurutma işlemi ile ağaç malzemenin kalitesinin düşmesi engellenerek kullanım alanına göre rutubetin düşürülmesi gerekir.

Higroskopik bir yapısı olan ağaç malzemenin özellikleri, içindeki rutubet miktarına göre değişir. Ağaç malzemenin havanın sıcaklığı ve bağıl nemine göre ulaştığı rutubete 'denge rutubeti' denir. Ağaç malzeme kullanılacağı yerdeki havanın sıcaklık ve bağıl nemi ile denge sağlayacak şekilde kurutulması gerekir. Kullanım yerlerine göre ağaç malzemenin istediği denge rutubet oranları; Kreozot ile emprenye edilecek telefon, telgraf, Elektrik direkleri ve traverslerde %25, Karkas yapılar ve açıkta kullanılacak ağaç malzemelerde % 16-22, Fıçı Tahtalarında %17-20, Taşıt araçları, uçaklar, gemi güvertelerinde % 15 -16, Spor aletleri, açıkta kullanılan aletler ve bahçe mobilyalarında %12-16, Dış pencere ve kapılarda %12-15, Soba ile ısıtılan yerlerde kullanılacak

mobilyalarda %10-12, Kaloriferle devamlı ısıtılan yerlerde kullanılacak mobilyalarda %6-10, Parkelerde % 6-8, Radyo Televizyon yapımında % 6-8, Kaplama ve Kontrplâklarda %6-8, Yonga Levhalarda % 7-8, Lif Levhalarda % 5-7 şeklindedir. Kullanılacağı yere göre verilen rutubet değerleri sağlanmazsa ağaç malzeme boyutlarında genişleme, daralma meydana gelir ki; buna 'odunun çalışması' denir. Ağaç malzemenin çalışması sonucunda çatlama, çarpılma, eğilme, çekme vb. kusurlar oluşmaktadır. Ağaç malzemenin kurutulması aşağıda belirtilen teknik özelliklerini etkilemektedir [2].

- Kurutulmuş ağaçların çivi ve vida tutma kapasiteleri yüksektir.
- Rutubet miktarı düşük ağaç malzemenin boyanma, verniklenme ve cilalanma yeteneği artar.
- Ağaç malzemenin empenye edilebilmesi için rutubetinin %25'e kadar düşürülmesi gereklidir.
- Bükme işlemi yapmak için rutubetin %25'in altına düşmemesi ve bükme işlem bittikten sonra rutubetin %5-%8'e düşünceye kadar kurutulması gereklidir.
- Ağaç malzemenin biçme, planyalama, tornalama, şekil verme, delme ve zımparalama gibi işlemlerden önce kurutulması yüzey kalitesini yükseltmekte, talaş kaybını azaltmaktadır.
- Rutubet miktarının fazla olması ağaç malzemenin ağırlığını artırmakta bu da taşıma ve istifleme giderlerini yükseltmektedir.

Kerestelerin teknik olarak kurutulması sırasında büyük oranda ısı enerjisine ihtiyaç vardır. Günümüzde birçok alanda yaygınlaşan enerji tasarrufuna yönelik araştırmalar kereste kurutmada da büyük önem kazanmaya başlamıştır[3].

Ağaç malzemenin ısı enerjisiyle kurutulmasında, doğal ve teknik kurutma metotları kullanılmaktadır. Isı enerjisi ile kurutmada ilk önce ağaç malzemenin içinde bulunan su ısıtılarak buhar haline getirilmekte ve odun dokularındaki bu su buharı uygun metotlarla ağaç malzemedden dışarı atılmaktadır.

Doğal kurutmada, istenilen rutubet miktarını elde etmek için uzun süre gerekmekte ve ağaç malzeme doğal kurutma süresince mantar ve böcek tahribatlarına karşı korumasız kalmaktadır [4]. Doğal kurutma sonucu ağaç malzemenin rutubetini, rutubetli bölgelerde %15, kurak bölgelerde %12'nin altına indirmek mümkün değildir. Hâlbuki kalorifer ve soba ile ısıtılan iç mekânlarda kullanılan ağaç malzemenin rutubeti %8 hatta %6'ya kadar düşmektedir. Doğal kurutma ile kurutulmuş ağaç malzemedden imal edilmiş mobilya, lambri, parke ve kapı gibi değerli malzemeler ısıtılan iç mekânlarda kullanıldığında rutubet kaybı nedeniyle çalışmakta, birleşme yerleri açılmakta böylece büyük bir deformasyona uğramaktadır [5].

Teknik kurutma kısa zamanda istenilen rutubet derecesini sağlmasına rağmen yakıt ve işletme masrafları yüksektir [6]. Ancak bu masraflar doğal kurutmanın dezavantajları göz önüne alındığında teknik kurutma daha cazip duruma gelmektedir.

Teknik kurutmanın ekonomisini ortaya koyan en önemli unsur toplam kurutma süresidir. Teknik kurutma süresini etkileyen faktörler ise; ağaç türü (yoğunluk), başlangıç rutubeti, kereste kalınlığı, kurutmada uygulanan şartlar, ağaç malzemenin boyu ve şekli, kerestenin biçiliş yönü, kurutma da yaşanan kesintiler, kurutma fırını yapısı ve kurutmada kalite istekleridir[5].

Türkiye'de, 12.9 milyon m³/yıl tomruk kapasitesine sahip 8890 adet kereste fabrikası bulunmakta ve bunların yıllık kereste üretim kapasitesi 5 milyon m³ ü bulmaktadır. Yaptıkları bir araştırma sonuçlarına göre ülkemizde mevcut kurutma fırınlarının kapasitesinin 15.000 m³ 'den daha fazla olmadığını ifade etmişlerdir[77]. Bu kapasite ile 24 saat şarj yapıldığı taktirde kurutulan ağaç malzeme miktarı 360.000 m³/ yıl olacaktır[88]. Buna rağmen ülkemizin toplam kurutma kapasitesi ise 150.000 m³/yıl civarındadır. Çalışmada ayrıca endüstriyel kereste kurutma uygulamalarında ülkemizde klasik kurutma fırınlarının %95'e varan oranda yer aldığı, geri kalan %5 lik oranın vakumlu ve kondenzasyonlu fırınların oluşturduğu tespit edilmiştir[9].

Enerji giderlerinin azaltılması için kerestenin ilk önce %20-%30 rutubete kadar doğal olarak kurutulması daha sonra da istenilen rutubet derecesine kadar teknik olarak kurutulması önerilmektedir [10]. Klasik kurutmada fırınların ısıtılmasında %10-%25 elektrik enerjisi ve %90-75 termik enerji kullanılmaktadır [11].

Yapılan çalışmada jeotermal enerji ile klasik kereste kurutma, klasik ısıtma sistemlerinden katı yakıt, fuel-oil elektrik ile ilk yatırım ve işletme giderleri açısından karşılaştırılmıştır. İlk yatırım giderleri diğer sistemlerden yüksek olan jeotermal enerji ile kereste kurutma yapan fırının işletme maliyetinin avantajlılığı nedeniyle kısa süre sonra yatırımı geri ödedikleri görülmüştür[3].

Literatür incelemelerinde, ülkemizde jeotermal enerji ile kereste kurutma üzerine bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu araştırmada ülkemizde jeotermal enerji ile kereste kurutma işleminin yapılabileceği jeotermal kaynaklar araştırılmış ve kaynakların ısı değerleri ve yıllık ortalamaları incelenmiştir. Elde edilen verilerle ağaç malzemenin kurutulması sırasında gerekli ısı miktarları karşılaştırılmış ve jeotermal enerji ile ülkemizde kereste kurutma yapılabilecek yerler tespit edilmeye çalışılmıştır.

Jeotermal enerji ile kereste kurutmada, jeotermal akışkandan elde edilen ısı, ısıtıcılar içerisinde geçerken kurutma odasına ısı yaymakta ve bu ısı vantilatörler tarafından kereste istifi üzerine verilmektedir [12]. Bu işlem klasik kurutma fırınlarındaki sıcak sulu ısıtma sistemleriyle büyük bir benzerlik göstermektedir. Mevcut sıcak su kullanan klasik kereste kurutma fırınları, fırının yapısında çok az değişiklik yapılarak gerekli elemanların ilavesi ile jeotermal enerji kullanır hale getirilebilir.

Çalışmanın amacı; kereste kurutmada kullanılan enerji kaynağının maliyete etkilerini araştırmaktır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir. Ayrıca herhangi bir akışkan içermemesine rağmen bazı teknik yöntemlerle ısısından yararlanan, yerin derinliklerindeki "Sıcak Kuru Kayalar" da jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir[13]. Ülkelere göre farklılıklar gösterse de Jeotermal sahalar rezervuar sıcaklıklarına göre başlıca 3 grupta toplanabilir;

* Yüksek entalpili sahalar; 150°C'den daha yüksek sıcaklığa sahip sahalar

* Orta entalpili sahalar; 70-150°C arası sıcaklığa sahip sahalar

* Düşük entalpili sahalar; 20-70°C arası sıcaklığa sahip sahalar[14].

Düşük ve orta sıcaklıklı sahalar, bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında başta ısıtmacılık olmak üzere (sera, bina, zirai kullanımlar), endüstride (yiycek kurutulması, kerestecilik, kâğıt ve dokuma sanayinde, dericilikte, soğutma tesislerinde), kimyasal madde üretiminde (borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su, akışkandaki CO₂ den kurubuz eldesinde) kullanılmaktadır. Ancak, orta entalpili sahalarındaki akışkanlardan da elektrik üretimi için teknolojiler geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur. Yüksek entalpili sahalarından elde edilen akışkan ise, elektrik üretiminin yanı sıra entegre olarak diğer alanlarda da kullanılabilir.

Jeotermal enerji, yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmeyen, ucuz, güvenilir, çevre dostu, yerli ve yeşil bir enerji türüdür[13].

Jeotermal enerji birçok enerji kaynağına göre çeşitli avantajlara sahiptir. Bu avantajları;

- Yenilenebilir oluşu; hidrolik çevrimle devamlı beslenme olduğundan tükenmeyen yenilenebilir kaynaklardır. Beslenmeden az miktarda üretim yapılırsa tükenmez. Ayrıca jeotermal rezervuarın kapasitesi reenjeksiyon (jeotermal akışkanın yeraltına geri basılması) yöntemi ile rezervuar ikincil olarak beslenerek devamlı üretim sağlanabilir.
- Yatırım maliyetleri diğer enerji kaynaklarına göre çok ekonomiktir. Büyük yatırımlar gerektirmeyip, yapılan yatırımlar kısa sürede kendini geri ödemektedir.
- Jeotermal enerji, üretim ve kullanımında yüksek teknolojiye ihtiyaç göstermemektedir.
- Birçok amaca dönük iş yapabilecek tesisler bir arada entegre olarak kullanılabilir.

2.2. Metod

2.2.1. Kereste kurutma süresinin hesaplanmasında kullanılan formüller

a) Isıtma periyodunda geçen süre;

$$Z_1 = e \times 0,1$$

[1]

Burada;

e = kereste kalınlığı (mm)

Z₁ = Isıtma periyodundaki geçen süre (saat)

b) Kurutma periyodunda geçen süre;

İki aşamada gerçekleşir; başlangıçtan LDN noktasına kadarki evre I. evre, LDN'den sonuç rutubetine kadarki geçen süre II. Evredir. Esas kurutmanın yapıldığı evre II. evredir. Kurutma periyodunda geçen süre I. ve II. evrelerin toplamıdır.

$$Z_{k1} = \frac{1}{\alpha} \cdot (\ln r_b - \ln r_{ldn}) \cdot \left(\frac{e}{25}\right)^{1.5} \cdot \frac{65}{Tk_1} \cdot \left(\frac{1.5}{Vh}\right)^{0.6}$$

[2]

$$Z_{k2} = \frac{1}{\alpha} \cdot (\ln r_{ldn} - \ln r_s) \cdot \left(\frac{e}{25}\right)^{1.5} \cdot \frac{65}{Tk_2} \cdot \left(\frac{1.5}{Vh}\right)^{0.6}$$

[3]

Burada;

r_b = Kerestelerin başlangıç rutubeti (%)

r_{ldn} = Lif doyunluğu noktaları rutubeti (%)

T_{k1} = 1. Evrede kullanılan kurutma sıcaklığı (°C)

T_{k2} = 2. Evrede kullanılan kurutma sıcaklığı (°C)

V_h = Fırındaki hava hızı (m/sn)

$$Z_k = Z_{k1} + Z_{k2}$$

[4]

Burada;

Z_k = Kurutma periyodunda geçen toplam süre (saat)

c) Dengeleme periyodu ;

Dengeleme periyodunda geçen süre aşağıdaki formülle hesaplanır;

$$Z_d = Z_k \cdot f_d$$

[5]

Burada ;

Z_d = Dengeleme periyodunda geçen süre (saat)

Z_k = Kurutma periyodunda geçen toplam süre (saat)

f_d = Dengeleme faktörü

Dengeleme faktörü değerleri çizelge 1 'de verilmiştir

Çizelge 1: Dengeleme Faktörü değerleri

Fırın Tipi	f _d	
Kargir	V _h > 2m / sn	0,2 - 0,45
	V _h ≤ 2 m / sn	0,1 - 0,30
Metal	0,2 - 0,6	

Not: Çizelgedeki değerlerin seçiminde Özenli kurutma yapılmışsa büyük, özensiz kurutma yapılmışsa küçük değerler alınır.

3. BULGULAR

3.1. Kurutma Fırını Genel Özellikleri

Yapılan çalışmada 240 m³'lük kurutma fırını baz olarak alınmıştır. 240 m³'lük fırının genel özellikleri ise; Fırının içten içe boyutları uzunluk 400 cm, genişlik 1200 cm, yükseklik 500 cm' dir. Toplam iç hacim 240 m³'dür. Fırının yapısı metaldir. Fırın içerisinde sirkülasyon işlemi, fırının tavan kısmına yerleştirilen vantilatörler tarafından sağlanmaktadır. Fırının ortalama hava hızı 1,5m/s' dir. Fırın bilgisayarlı sistemle otomatik olarak kumanda edilmektedir.

240 m³ hacmindeki bu fırında 2 cm kalınlığındaki keresteler, 2 cm latalar kullanılarak kurutulacağı düşünülerek bir seferde ne kadar kereste kurutulabileceği aşağıda belirlenmiştir.

$$\begin{aligned} V_{Bi} &= \text{İstifteki boşluk hacmi} & Bi &= \text{İstifteki boşluk oranı} \\ V_B &= \text{Boşluk hacmi} & e_l &= \text{Lata kalınlığı} \\ V_i &= \text{İstif hacmi} & e_k &= \text{Kereste kalınlığı} \\ V &= \text{Hacim} \\ V_k &= \text{Kereste hacmi} \\ \\ V_B &= 240 \cdot 0.4 = 96 \text{ m}^3 & Bi &= eL / eL + eK \\ V &= V_i + V_b & Bi &= 2 / 2 + 2 \\ 240 &= V_i + 96 & Bi &= 1 / 2 \\ V_i &= 144 \text{ m}^3 & Bi &= \% 50 \\ \\ V_{Bi} &= V_i - V_i \cdot Bi & V_i &= V_k + V_{Bi} \\ V_{Bi} &= 144 - 144 \times 0,5 & 144 &= V_k + 72 \\ V_{Bi} &= 144 - 72 & V_k &= 72 \text{ (m}^3\text{)} \\ V_{Bi} &= 72 \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned} \quad [6]$$

Yapılan işlemlere göre 240 m³ hacmindeki fırının içerisinde 72 m³'lük kereste kurutulabilmektedir.

3.1.1. Kereste kurutma süresinin hesaplanması

Maliyet analizinin yapılabilmesi için kurutma süresinin bilinmesi gereklidir. Süreye bağlı olarak enerji maliyeti bulunabilir. Bununla ilgili bir örnek aşağıda verilmiştir.

Örnek : 20 mm kalınlığındaki kayın kereste %60 başlangıç rutubetinden %12 sonuç rutubetine kadar özenli kurutulmuştur; T₁ = 50 °C, T₂ = 70 °C, δ_o = 680 kg/m³, LDN = %29'dur. Fırın tipi metaldir. V_h = 1,5 m/sn' dir. Toplam kurutma süresini hesaplayınız?

Isıtma periyodunda geçen süre;

$$Z_1 = e \cdot 0.1$$

$$Z_1 = 20 \cdot 0.1 = 2 \text{ (saat)}$$

Kurutma periyodunda geçen süre;

$$Z_{k1} = \frac{1}{\alpha} \cdot (\ln r_b - \ln r_{dm}) \cdot \left(\frac{e}{25}\right)^{1.5} \cdot \frac{65}{Tk_1} \cdot \left(\frac{1.5}{Vh}\right)^{0.6}$$

$$Z_{k1} = 40 \cdot (\ln 60 - \ln 29) \cdot (20/25)^{1.5} \times 65/50 \times (1.5/1.5)^{0.6}$$

$$Z_{k1} = 40 \times 0,7 \times 0,7 \times 1,3 \times 1$$

$$Z_{k1} = 25 \text{ (saat)}$$

T₂ = 70 °C sıcaklıkta lif doygunluğunu %29' dan %12' ye indirmek için geçen süre;

$$Z_{k2} = 40 \times (\ln 29 - \ln 12) \times (20/25)^{1,5} \times 65/70 \times (1.5/1.5)^{0,6}$$
$$Z_{k2} = 40 \times 0,9 \times 0,7 \times 0,92 \cdot 1$$
$$Z_{k2} = 23 \text{ (saat)}$$

$$Z_k = Z_{k1} + Z_{k2} = 25 + 23 = 48 \text{ saat}$$

Dengeleme periyodu;

$$Z_d = Z_k \times f_d$$

$$Z_d = 48 \times 0,6$$

$$Z_d = 29 \text{ saat}$$

Toplam kurutma süresi;

$$Z_T = Z_1 + Z_k + Z_d = 2 + 48 + 29 = 79 \text{ saat}$$

3.1.2. Maliyet analizi enerji ihtiyacı

- 1 m³ kayın kerestenin kurutulabilmesi için 6000 Kcal' lik enerji ihtiyacı olduğu varsayılırsa
- Bizim elimizde 72 m³ kayın kereste bulunduğundan
- 6000 Kcal x 72 m³ = 432000 Kcal/m³, lük enerjiye ihtiyaç vardır.

Kömür (tunç bilek linyit kömürü)

Maliyet analizi yapmak için kullanılan materyallerden kömür ile ilgili 2009 yılı fiyatları Çizelge 2 de verilmiştir.

Çizelge 2: Ocak 2009 tarihinden itibaren kömür fiyatları[15]

K Ö M Ü R Ü N C İ N S İ	BİRİM TL/TON	FİYATI	K D V %18 (TL)	KDV'Lİ FİYATI (TL)
+18 mm. DÖKME	193,00		34,74	227,74
+18 mm. TORBA	203,00		36,54	239,54
10-18 mm. DÖKME	193,00		34,74	227,74
10-18 mm. TORBA	203,00		36,54	239,54
0,5-18 mm. TOZ	114,00		20,52	134,52

Çizelge 2'de verilen verilere göre;

- 1 kg kömür'ün 1 saatte verdiği kalori 4500 Kcal/h' tır.
432000 Kcal / 4500 Kcal = 96 kg
- Fırında 1 saatte yakılması gereken kömür 96 kg' dır.
96 kg x 79 saat = 7584 kg/h
1 ton kömürün fiyatı 227 TL' dir.
7.584 x 227 = 1.722 TL' dir.
- Yukarıdaki yapılan işlemlere göre gerekli kömürün maliyet fiyatı 1.722 TL olarak bulunmuştur.

Fuel-oil

Maliyet analizi yapmak için kullanılan materyallerden Fuel-oil ile ilgili 2009 yılı fiyatları Kütahya- Simav dan alınan verilere göre kilogram ücreti 1,24 (TL) olarak belirlenmiştir.

- 1 kg Fuel-oil' in 1 saatte verdiği kalori 10200 Kcal/h' tır[3].

$$432000 / 10200 = 42.35 \text{ kg}$$

- Fırında 1 saatte yakılması gereken Fuel-oil 42.35 kg' dır.
42.35 kg x 79 saat = 3345,65 kg/h
1 kg Fuel-Oil = 1.24 TL' dir.
3345.65 x 1.24 TL = 4.149 TL

- Yukarıdaki yapılan işlemlere göre gerekli Fuel-oil'in maliyet fiyatı 4.149 TL olarak bulunmuştur.

Elektrik

Maliyet analizi yapmak için kullanılan materyallerden Elektrik enerjisi ile ilgili 2009 yılı fiyatları çizelge 3'te verilmiştir

Çizelge 3: 2009 yılı elektrik enerjisi (kW) birim fiyatları (Kütahya/Simav)[16]

Kullanım Alan ve Mekânlar	1 kW Ücreti (TL)
Orta Gerilim	0.2194
Alçak Gerilim	0.2248
Ticaret Hane	0.2925
Mesken	0.2494
Tarımsal Sulama Alanları	0.2141

Çizelge 3'te verilen verilere göre;

- 1 kW' tın 1 saatte verdiği enerji 860 Kcal/kWh' tır[3].

$$432000 \text{ Kcal} / 860 \text{ Kcal/kWh} = 502 \text{ kW}$$

- Fırında 1 saatte kullanılması gereken elektrik enerjisi 502 kWh' tir.

$$\begin{aligned} 1 \text{ kWh elektrik} &= 0,2925 \text{ TL} \\ 502 \text{ kWh} \times 79 \text{ saat} &= 39658 \text{ kWh} \\ 39658 \text{ kWh} \times 0,2925 &= 11.600 \text{ TL} \end{aligned}$$

- Yukarıdaki yapılan işlemlere göre gerekli elektriğin maliyeti 11.600TL olarak bulunmuştur.

Jeotermal

Maliyet analizi yapmak için kullanılan materyallerden Jeotermal ile ilgili 2009 yılı fiyatları çizelge 4'te verilmiştir

Çizelge 4: 2009 yılı jeotermal enerji birim fiyatları (Kütahya/Simav) [17]

Kullanım Alan ve Mekânlar	1 kW Ücreti (TL)
Ev ısıtmaları	0.66
Seralar	0.0011
Resmi kurumlar ve işyerleri	0.0114

Simav da jeotermal alanda çıkarılan ısı seviyesi 140 °C - 160 °C arasındadır. Yeraltından çıkan ısıyı ortalama 140 °C' olarak düşünürsek bu örnekte yapılan kurutma işlemi için gereken ısı ihtiyacını şu şekilde bulabiliriz.

$$140\text{ °C} - 70\text{ °C} = 70\text{ °C}$$

İçerdeki sıcaklığın 70 °C olması için 140 °C' deki termal sudan elde edilecek enerji ısı transfer yüzeyine ve debisine bağlı olarak alınacaktır.

- Bu fırındaki kayın kerestelerin kurutulabilmesi için ihtiyacımız olan enerji miktarı 432000 Kcal'dir.

$$\begin{aligned} Q &= M \times C \times \Delta t \\ 432000 \text{ Kcal} &= M \times 1 \times 70\text{ °C} \\ 432000 \text{ Kcal} / 70\text{ °C} &= 6,17 \text{ m}^3/\text{h} \\ M &= 6,17 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

- Bu işleme göre fırında jeotermal ile kurutma işleminin yapılabilmesi için 1 saatte 6,17 m³/h'lık buhara ihtiyaç vardır.

Fırında 79 saatlik kurutma yapılması için;

$$79 \times 6,17 = 487,43 \text{ m}^3/\text{h} \text{ 'lık bir buhara ihtiyaç vardır.}$$

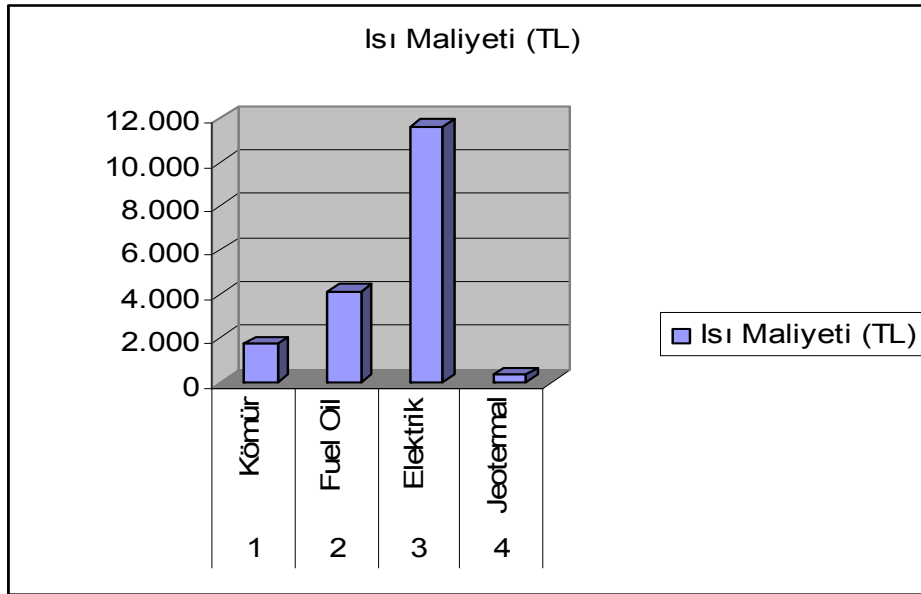
Çizelge 4'de verilen verilere göre; maliyeti en yüksek mesken için belirtilen jeotermal fiyat ile işlem yapacak olursak;

$$487,43 \times 0,66 \text{ TL} = 322 \text{ TL}$$

- Yukarıdaki yapılan işlemlere göre gerekli jeotermal enerjinin maliyeti 322 TL olarak bulunmuştur.

Yapılan maliyet analizi sonucunda aşağıdaki tabloda verilen maliyetler bulunmuştur. Bu analizler sonucunda en uygun maliyet hesabının jeotermal enerji olduğu gözlemlenmiştir.

Grafik 1: Bazı yakıtların ve jeotermal enerjinin işletme maliyetleri



Yukarıda yapılan hesaplamalara göre 240 m³'lük fırın içerisinde kereste kurutma işleminde farklı enerji kaynaklarının maliyet analizleri yapılmış olup, yapılan analizler sonucunda kereste kurutma işleminde kullanılan enerji türlerinden en iyi sonucu veren jeotermal enerji; Kömür ile çalışan kurutma fırını maliyetinin yaklaşık % 19'una, Fuel-oil ile çalışan kurutma fırını maliyetinin yaklaşık % 8'ine, elektrik enerjisi ile çalışan kurutma fırını maliyetinin yaklaşık % 3'üne eşittir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde, gelişmiş ülkelere göre daha az kullanılan kurutma fırınları getirdiği birçok avantaj bakımından doğal kurutmaya göre daha etkili sonuçlar verir. Günümüzde yaşanan enerji sıkıntısı ve dışa bağımlılık göz önünde bulundurularak bu çalışmada alternatif bir enerji çeşidi olan jeotermal enerjinin kullanımına dikkat çekilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla jeotermal enerji ile çalışan 240 m³'lük kurutma fırını örnek model alınıp üzerinde araştırma ve maliyet analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucunda Jeotermal enerji kaynağı kullanılarak yapılan kurutma fırınları diğer enerji kaynaklarından kömüre göre yaklaşık 5 kat, Fuel – oile göre yaklaşık 13 kat, Elektrik enerjisine göre ise yaklaşık 36 kat daha ucuza mal olduğu görülmüştür. Bu da jeotermal enerji kaynağı ile yapılan kurutma işlemi tesisinin maliyeti ne kadar olursa olsun çok kısa süre sonucunda kendisini amorti edeceğini göstermektedir.

Jeotermal enerji; Doğal, ucuz, emniyetli ve yenilenebilir oluşu, reenjeksiyon (jeotermal akışkanın yer altına geri basılması) metoduyla kaynağının sürekli beslenebilmesi, diğer enerji kaynaklarına nispetle oldukça ekonomik oluşu, kurulum süresinin kısa oluşu ve çok ileri teknoloji gerektirmemesi, en önemlisi, temiz, oluşu ve çevreyi kirletmemesi, % 99'a varan verimlilikte ve güvenilir şekilde işletilebilir olması sebebiyle kerestenin kurutulmasında jeotermal enerji tercihen kullanılmalıdır. Günümüzde hava kirliliği gibi sorun varken çevremize bir kömürden- fuel oil den daha az zarar veren jeotermal enerjiyi kullanmak daha akılcı olacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] BOZKURT, A.Y. ve N. ERDİN, “Ağaç Teknolojisi” (Ders Kitabı). İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını No. 445, İstanbul, 1987.
- [2] BOZKURT, A.Y., ve KURTOĞLU, A. “Türkiye’de binalarda kullanılan ağaç malzemenin çürümesi ile ilgili iklim endeksleri”. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi. Seri A, Cilt 32, Sayı 2, S. 92–99, 1982
- [3] Özbek, T., Erden, O., “ Jeotermal Enerji İle Klasik Kereste Kurutmanın Klasik Isıtma Sistemleriyle İlk Yatırım Ve İşletme Giderleri Açısından Karşılaştırılması” Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi., Y.7, S.7, S77-88, Ankara, 1999
- [4] ÖRS, Y., “Kurutma ve Buharlama Tekniği”, Karadeniz Üniversitesi Orman Fakültesi, Karadeniz Üniversitesi Basımevi, Trabzon, 1986.
- [5] KANTAY, R. “Kereste Kurutma Ve Buharlama”, Ormancılık Eğitim Ve Kültür Vakfı Yayını No. 6, İstanbul, 1993.
- [6] KANTAY, R., “Kereste Kurutma Programlarının Hazırlanmasına İlişkin Temel Esaslar”, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Cilt:35.Sayı:1., İstanbul 1985.
- [7] KANTAY, R., ÜNSAL, Ö., KORKUT, S., “Cumhuriyetimizin 75. Yılında Türkiye Kereste Kurutma Endüstrisinin Durumu ve Sorunları” Cumhuriyetimizin 75. Yılında Ormancılığımız Sempozyumu Bildiri Kitabı, İ.Ü. Yayın No: 4187, Fakülte Yayın No: 458, 21-23 Ekim 1998, Askeri Müze ve Kültür Sitesi Harbiye-İstanbul. 488-493 ss.
- [8] Korkut, S., Çakar, N.D., Bekar, İ., “ Türkiye Ahşap Kurutma Endüstrisinin Mevcut Durumu, Temel Sorunları Ve Gelecek Yönelimleri” Doğu Üniversitesi Dergisi, 11 (1) 2010, 109-123
- [9] Ünsal, Ö., “The conditions and problems of wood and wood drying industry in Turkey”, 8th International IUFRO Wood Drying Conference, 485-487, Brasov, Romania 2003
- [10] BURDURLU, E., “Kereste Endüstrisi ve Kurutma”, Hacettepe Üniversitesi Mesleki Teknoloji Yüksekokulu Ağaççileri Endüstri Mühendisliği, Bizim Büro Yay., Ankara, 1995.
- [11] ANNIES, T., “Trocknung und Dacmpfung. Holz Handbuch von Ulf Lohmann”, 2. Auflage, Seit 97–143, DRW Verlag. Stuttgart, 1982.
- [12] Lund, J. W. and R. Klein, 1995. “Prawn Park - Taupo, New Zealand.” Geo-Heat Center Quarterly Bulletin, Vol. 16, No.4, pp. 27–29, 1995.
- [13] Anonim, Türkiye Kömür İşletmeleri, Kurumu Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi <http://www.gli.gov.tr/fiyatlar.html>, 2009
- [14] Anonim, http://tumenerji.com/index_dosyalar/Page997.htm
- [15] Şimşek, Ş., Mertoğlu, O., Koçak, A., Bakır, N., Akkuş, İ., Dokuz, I., Durak, S., Dilenire, A., Şahin, R., Akıllı, H., Suludere, Y., Karakaya, C. Ve Tan, E., 2001, DPT sekizinci beş yıllık kalkınma planı (2001-2005) jeotermal enerji raporu, DPT yayın no 2609-O.K620 ISBN 975 –16-2825-7, Ankara.
- [16] Anonim, Osmangazi E.D.A.Ş. Kütahya _Simav İşletmesi, 2009
- [17] Anonim, Simav Belediyesi, 2009