

## **SICAK SU ELDESİ İÇİN, ISI POMPASININ DENEYSEL ANALİZİ**

Haydar ARAS<sup>1</sup>, Kemal TANER<sup>1</sup>, Cem SAPMAZ<sup>1</sup>, Murat Ş. ÖZMUSUL<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, su-hava tipi ısı pompasının deneysel analizi yapılmıştır. Isı pompasının ana elemanlarından buharlaştırıcı, yoğuşturucu ve kompresör güçleri beş fertlik bir ailenin sıcak su ihtiyacının temini göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak çalışmada modellenmesi yapılan sistemin elektrikli ısıtıcı olması durumunda maliyet ve amortisman hesabı karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Isı pompası, sıcak su

## **AN EXPERIMENTAL ANALYSIS OF HEAT PUMP FOR OBTAINING HOT-WATER**

**ABSTRACT:** In this study, the water-air heat pump has been experimentally investigated. The energy consumption of evaporator, condenser and compressor which are essential elements of heat pump has been considered for a family of five. As a result, the cost and amortization of water-air heat pump were compared with those of an electrical heating system.

**KEYWORDS:** Heat pump, hot water

---

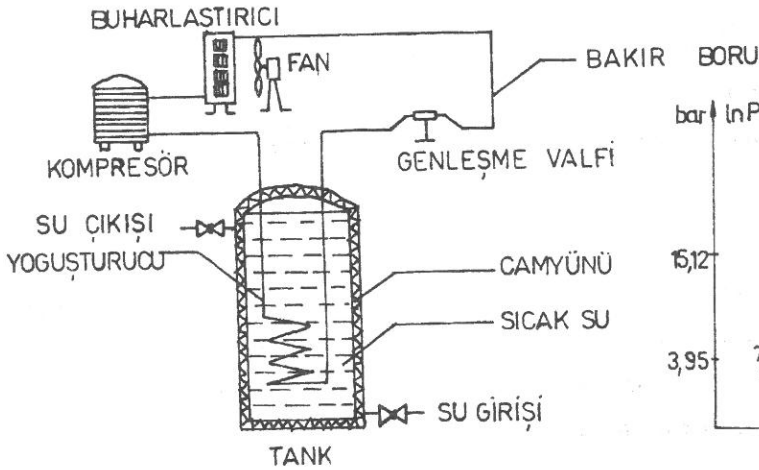
<sup>1</sup>Haydar ARAS, Kemal TANER, Cem SAPMAZ, Murat Ş. ÖZMUSUL Osmangazi Üniversitesi Müh.Mim.Fakültesi Mak. Müh. Bölümü Bademlik ESKİŞEHİR (26030)

## I. GİRİŞ

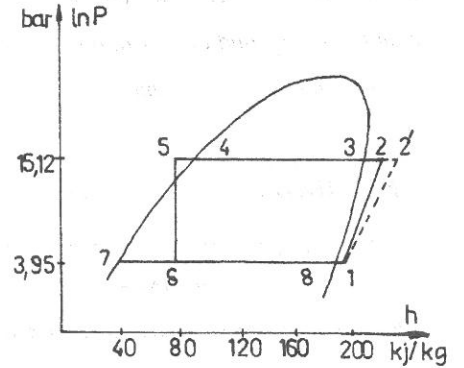
Ülkemizde hızlı nüfus artışı sonucu, enerji sorunu gündeme gelmiştir. Yapılan araştırmalar petrole ve kömüre dayalı ( fosil kaynaklı ) enerji kaynaklarının yakın bir gelecekte tükenmesi gerçeğini ifade etmektedir. Konutlarda ve endüstriyel yapılarda konfor sayesinde sanayi alanında gerekli yerini alan ısı pompası; soğuk ısı kaynağından ısı çekerek, dışardan enerji sarfi ile düşük ısı kaynağına ısı veren sistemdir.

## II. ISI POMPASININ TEORİK MODELLENMESİ

Şekil 1 ve 2'de modellenmesi yapılan sistemin sırasıyla şematik görünüşü ve P-h diyagramı verilmiştir. Buharlaştırıcıdan (B) çıkan doymuş buhar (1 noktası) kompresör (K) tarafından yüksek basınca (2 noktası, 2' noktası tersinir sıkıştırma durumudur.) çıkarılmaktadır. Yoğusturucuda önce kızgın buhar, doymuş buhar (3 noktası) durumuna gelmekte, ısısını vermeye devam ederek yoğuşmakta ve doymuş sıvı (4 noktası) olmaktadır. Genleşme valfinden ise entalpi sabit olmak üzere basınç azaltılmaktadır [1]. Deney düzeneğine ait parametreler ise; depo dış çapı:585 mm, su giriş sıcaklığı:13 °C, depo iç çapı:569 mm, su çıkış sıcaklığı:45,33 °C, depo boyu:875 mm, soğutucu akışkan: R-12, yoğusturucu boru çapı:16 mm, kompresör gücü:1 HP, yoğusturucu boru uzunluğu:4.261 metre, yoğusturucu şekli :9 halka spiral, buharlaştırıcı boru çapı : 19 mm dir.



Şekil 1. Deney düzeneği tesisat şeması



Şekil 2. Ln P-h diyagramı

### III. DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARI

Deneysel çalışma ortam sıcaklığı 19,6 °C olan mahalde yapılmış ve ölçülen sıcaklık değerleri ise, Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Sistemdeki sıcaklık değerleri (° C)

Süre	14 <sup>00</sup> -14 <sup>20</sup>	14 <sup>20</sup> -14 <sup>40</sup>	14 <sup>40</sup> -15 <sup>00</sup>	15 <sup>00</sup> -15 <sup>20</sup>	15 <sup>20</sup> -15 <sup>40</sup>	15 <sup>40</sup> -16 <sup>00</sup>	16 <sup>00</sup> -16 <sup>20</sup>
Buharlaştırıcı Giriş Sıcaklığı	-3,0	-3,4	-2,5	-1,1	2,0	1,5	-0,5
Buharlaştırıcı Çıkış Sıcaklığı	17,3	17,5	18,4	19,3	20,0	19,5	19,0
Yoğuşturucu Giriş Sıcaklığı	52,6	54,6	61,0	62,5	64,0	66,5	72,7
Yoğuşturucu Çıkış Sıcaklığı	31,0	31,5	37,3	39,2	42,5	45,5	46,5
Genleşme Valfi Giriş Sıcaklığı	28,0	29,0	34,0	35,5	42,0	43,1	45,5
Kompresör Giriş Sıcaklığı	18,5	16,8	18,5	20,5	18,7	19,6	20,0
Kompresör Çıkış Sıcaklığı	55,0	60,2	65,8	66,1	71,0	73,5	74,7

Depoda ölçülen sıcaklıklar ise Şekil 1'de belirtilen noktalardan direnç termometrelerle yapılmış ve Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Depoda farklı noktalarda ölçülen sıcaklık değerleri

Süre	Tabandan 14.875 cm yükseklikte su sıcaklığı (°C)	Tabandan 29.75 cm yükseklikte su sıcaklığı (°C)	Tabandan 44.625 cm yükseklikte su sıcaklığı (°C)
14:00 - 14:20	16	18	22
14:20 - 14:40	23	25	26
14:40 - 15:00	23	26	30
15:00 - 15:20	31	34	37
15:20 - 15:40	34	38	41
15:40 - 16:00	41	43	44
16:00 - 16:20	43	45	48

Deneysel veriler ışığı altında yapılan hesaplamalar ise [2-3],  $\beta_{SU}$  hacimsel genişleme katsayısı, T sıcaklık, d boru çapı ve  $\nu$  kinematik viskozite olmak üzere:

$$Gr = \frac{g \cdot \beta_{SU} \cdot T \cdot d^3}{\nu^2} \quad (1)$$

$$Gr=1294891,599$$

$$Gr.Pr=5088923,98$$

$$Nu=22,323$$

Su tarafı ısı aktarım katsayısı h, bu değerlere göre  $885,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ , deponun toplam kayıp katsayısı ise  $2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  olarak hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu değerler yardımı ile yoğuşturucuda atılan ısı,  $Q_k=2,0582 \text{ kW}$  olarak bulunur [4], [6].

Sonuç olarak deneysel ısı tesir katsayısı  $\beta$ ,

$$\beta = Q_k / W \quad (2)$$

$$\beta=2,74$$

bulunur.

#### IV. TEORİK ISI TESİR KATSAYISININ TESPİTİ

Şekil 1' de verilen ln P-h diyagramı üzerindeki noktaların entalpi, entropi, basınç ve sıcaklık değerleri Tablo 3' te verilmiştir. Bu veriler yardımı ile; kompresör işi, yoğuşturucudan atılan ısı, ısı tesir katsayısı izleyen bağıntılar ile tespit edilir.

Tablo 3. Termodinamik özellikler tablosu

	T (°C)	s (kJ/kg K)	h (kJ/kg)	P (Bar)
1 noktası	20	0,7210	198,838	3,9563
2 noktası	74,7	0,7143	221,943	15,1295
5 noktası	45,5	0,2890	80,164	15,1295

$$q_k = h_2' - h_5 \quad (3)$$

$$q_k = 144,113 \text{ kJ/kg}$$

$$w_k = h_2' - h_1 \quad (4)$$

$$w_k = 25,439 \text{ kJ/kg}$$

$$\beta = q_k / w_k \quad (5)$$

$$\beta = 5,66$$

## V. ISI POMPASININ MALİYETİ

Deney düzeneğini teşkil eden bileşenlerin güncel fiyatları tablo 4 ve 5'te verilmiştir.

Tablo 4. Isı pompalı sofbene ait Mayıs 1996 fiyatları

Kompresör	21.150.000 TL
Buharlaştırıcı	2.950.000 TL
Fan	1.175.000 TL
Yoğuşturucu	4.261.000 TL
Freon - 12	5.000.000 TL
Genleşme Valfi	4.000.000 TL
Depo + Cam Yünü	5.000.000 TL
Toplam Maliyet	43.536.000 TL

Tablo 5. Elektrikli ısıtıcı Mayıs 1996 fiyatları

4 adet Isıtıcı	4.000.000 TL
Depo + Cam Yünü	5.000.000 TL
Toplam	9.000.000 TL

Günlük sekiz saatlik çalışma süresi göz önüne alınarak bu iki sistem karşılaştırılacak olursa [5],

$N_i$  = ısı pompasında yıllık tüketilen güç (2190 kWh / Yıl)

I.P.Y.E.G = Isı pompasının yıllık enerji gideri ( TL / yıl ), Mayıs ayı itibariyle elektriğin kWh' i 5330 TL alınarak aşağıdaki ifade ile hesaplanır.

$$I.P.Y.E.G = N_i \times 5330 \quad (6)$$

$$I.P.Y.E.G = 11.672.700 \text{ TL / yıl}$$

$N_e$  = Elektrikli ısıtmada yıllık çekilen güç ( kWh / yıl ).

$$N_e = 6009,36 \text{ kwh / Yıl}$$

E.I.Y.E.G = Elektrikli ısıtmada yıllık enerji gideri ( TL / yıl ).

$$E.I.Y.E.G = N_e \times 5330 \quad (7)$$

$$E.I.Y.E.G = 32.029.888,8 \text{ TL / yıl}$$

bulunur.

$$\text{İki sistem arasındaki yıllık enerji gideri farkı} = 32.029.888,8 - 11.672.700$$

$$\text{İki sistem arasındaki yıllık enerji gideri farkı} = 20.357.188,8 \text{ TL / yıl}$$

M.F = İki sistem arasındaki maliyet farkı (TL)

$$M.F = \text{Isı Pompası Maliyeti} - \text{Elektrikli Isıtma Maliyeti} \quad (8)$$

M.F = 34.536.000 TL 'dir.

A.S = Isı pompasının kendini amorti etme süresi

$$A.S = \text{Maliyet Farkı} / \text{Enerji Gider Farkı} \quad (9)$$

A.S  $\cong$  1,7 yıl 'dir.

On yıl kullanım ömrü için, ısı pompasının başabaş analizini, p; paranın şimdiki değeri, A; aylık düzgün değer, f; enflasyon, i; yıllık kazanç oranı ( $f < i$ ) ve n; ekonomik ömür olmak üzere aşağıdaki ifade yardımı ile,

$$P = \frac{A \cdot (1 - (1+i)^{-n})}{i} \quad (10)$$

A=34.926.620 TL olarak hesaplanır [7].

Sonuçlara göre sistem kendini 1,7 yılda amorti etmektedir. Bu da Türkiye'de ısı pompalı sistemin elektrikle ( klasik yöntemle ) ısıtmaya nazaran daha verimli ve ucuz olduğunu göstermektedir.

## **VI.SONUÇLAR**

Yoğuşturucusu ısı eşanjörü olarak kullanılan bir ısı pompasının evlerde sıcak su üretimi için bir alternatif olabileceği görülmektedir. Yapılan çalışmada, ısı pompası ile sıcak su ihtiyacını karşılamamın elektrikli ısıtıcı kullanan klasik yöntemle göre yaklaşık üç kat daha ucuz olduğu görülmektedir. Buna karşın ısı pompası sisteminin maliyeti, klasik sisteme göre dört kat fazla olması sistemin dezavantajıdır. Sistemin elektrikli ısıtmaya göre kendini 1,7 yılda amorti etmesi bu dezavantajı ortadan kaldırmaktadır. Isı tesir katsayısı teorik verilerle 5,66, deneysel verilerle 2,74 olarak tespit edilmiştir. Bunun sebebi ise kayıplardır.

**TEŞEKKÜR:** Isı Pompası İle Sıcak Su Eldesi İçin Deneysel ve Teorik Analiz adlı çalışmamızı destekleyen Osmangazi Üniversitesi Araştırma Fonuna teşekkür ederiz.

## **KAYNAKLAR**

[1] Yavuz, H. and Aybers, N., "Small Packaged Heat-Pump for Domestic Utilization" 4 rd. International Conference on Solar Energy and Heat Pumps.. April 7-8 1988, İstanbul-TÜRKİYE.

- [2] Taner, K., " *Soğutma Tekniği*", Anadolu Üniversitesi Eğitim, Sağlık ve Bilimsel Araştırma Çalışmaları Vakfı Yayın No:51, Eskişehir , 1987.
- [3] V.D.I. Warmeatlas, Verlag GmbH, Düsseldorf., 1984.
- [4] Dağsöz, A.K., " *Isı Geçişi*", Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, 1974.
- [5] Amortisman Nispetleri., İstanbul Ticaret Odası Yayınları, İstanbul, 1977.
- [6] Ayber, R., " *Soğutma Tekniği Ders Notları*" İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi , Ofset Atölyesi, İstanbul, 1983.
- [7] Kahya, E, ve Göktaş, Y., " *Mühendislik Ekonomisi*", A.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları No:96, Eskişehir, 1989.