

## TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI ANALİZİ

Yrd.Doç.Dr. Fethi HALICI<sup>1</sup>, Arş.Gör. A.Fevzi SAVAŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SAÜ. Mühendislik Fakültesi, Makina Böl. Öğretim Üyesi, SAKARYA.

<sup>2</sup>DP.Ü. Simav Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitim Bölümü Araştırma Görevlisi, Simav/KÜTAHYA

### ÖZET

Bu çalışmada bir binanın ısıtma yükünü karşılayabilecek toprak kaynaklı ısı pompasının analizi yapılmıştır. Isıtılması istenilen binanın ısı yükü en düşük dış çevre sıcaklığına bağlı olarak hesaplanmıştır. Isı pompasının ısıtma kapasitesi ve tüketilen güç, buharlaştırıcı ve yoğuşturucu sıcaklığına bağlı olarak tesbit edilmiştir.

Sonuç olarak ısı pompasının uygun yoğuşturucu sıcaklığı tesbit edilirken; kompresör tahrik gücü, toprak ısı değiştiricisi için gerekli toprak alanı ve yıllık elektrik maliyetleri kriterleri grafikler üzerine dökülerek uygun yoğuşturucu sıcaklığı tesbiti yapılmıştır.

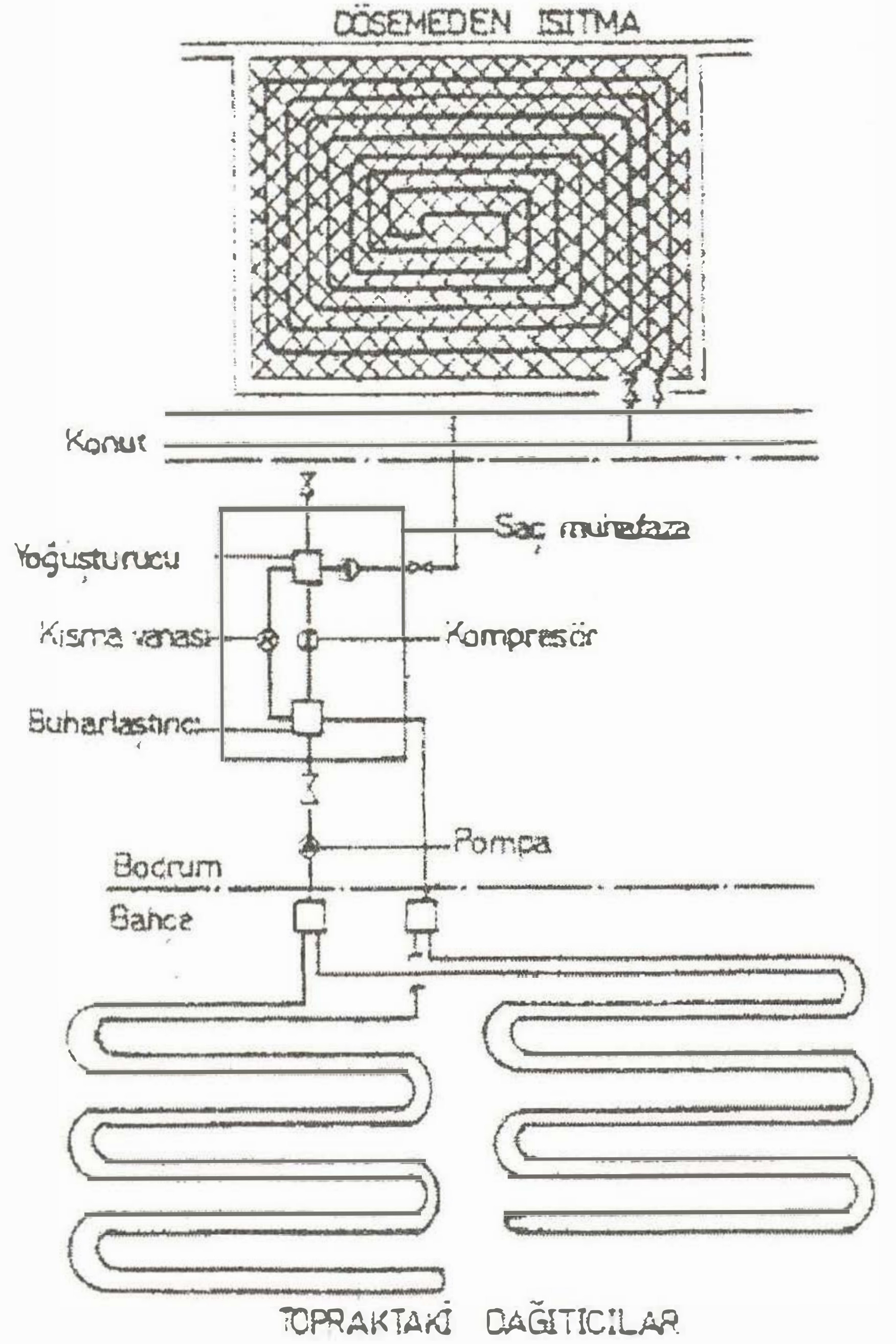
### 1.GİRİŞ

Günümüzde kısıtlı olan enerji kaynaklarına karşılık artan enerji ihtiyacı, kaynakların daha verimli kullanılmasını gerektirmektedir. Enerji problemini çözmek gayesiyle yeni sistem ve yöntemlerin geliştirilmesi önemli araştırma faaliyetlerini oluşturmaktadır. Dünyanın değişik yerlerinde yıllardan beri ısı pompası tesisleri kullanılmaktadır. Uzun yıllardan beri soğutmaya ve konfora olan ilginin giderek artması ve ısı pompasının ısıtma-havalandırma endüstrisinde önemli bir yer edinmesi, son yıllarda ısı pompası sistemlerinin üzerinde yoğun çalışmalar yapılmasına yol açmıştır.

Isı pompaları, termodinamik çevrimlere uygun olarak ısıyı düşük sıcaklıktaki ısı kaynağından yüksek sıcaklıktaki ısı kaynağına aktarırlar. Düşük sıcaklıktaki ısı kaynağı toprak, çevre havası, yer altı ve yer üstü suyu ya da güneş olabilir.

Analizi yapılan ısı pompasının çalışma şeması Şekilde 1'de görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi ısı pompası sistemi üç ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm ısının çekildiği toprak ve toprağa yatay olarak yerleştirilen dağıtıcı borular, ikinci bölüm ısıtılan konutun bodrum katında bulunan ısı iletiminin gerçekleştiği ısı pompası, üçüncü bölüm ise ısının

verildiği döşemeden ısıtma şebekesidir. Isı pompasının çalışmasını ve verimini etkileyen bir çok faktör mevcuttur. Sistemde kullanılan akışkan türü, seçilen termodinamik çevrim, ısının çekildiği ve atıldığı ortamın sıcaklıkları, kullanılan enerji türü ve çevre şartları sistemi etkileyen başlıca faktörlerdir.

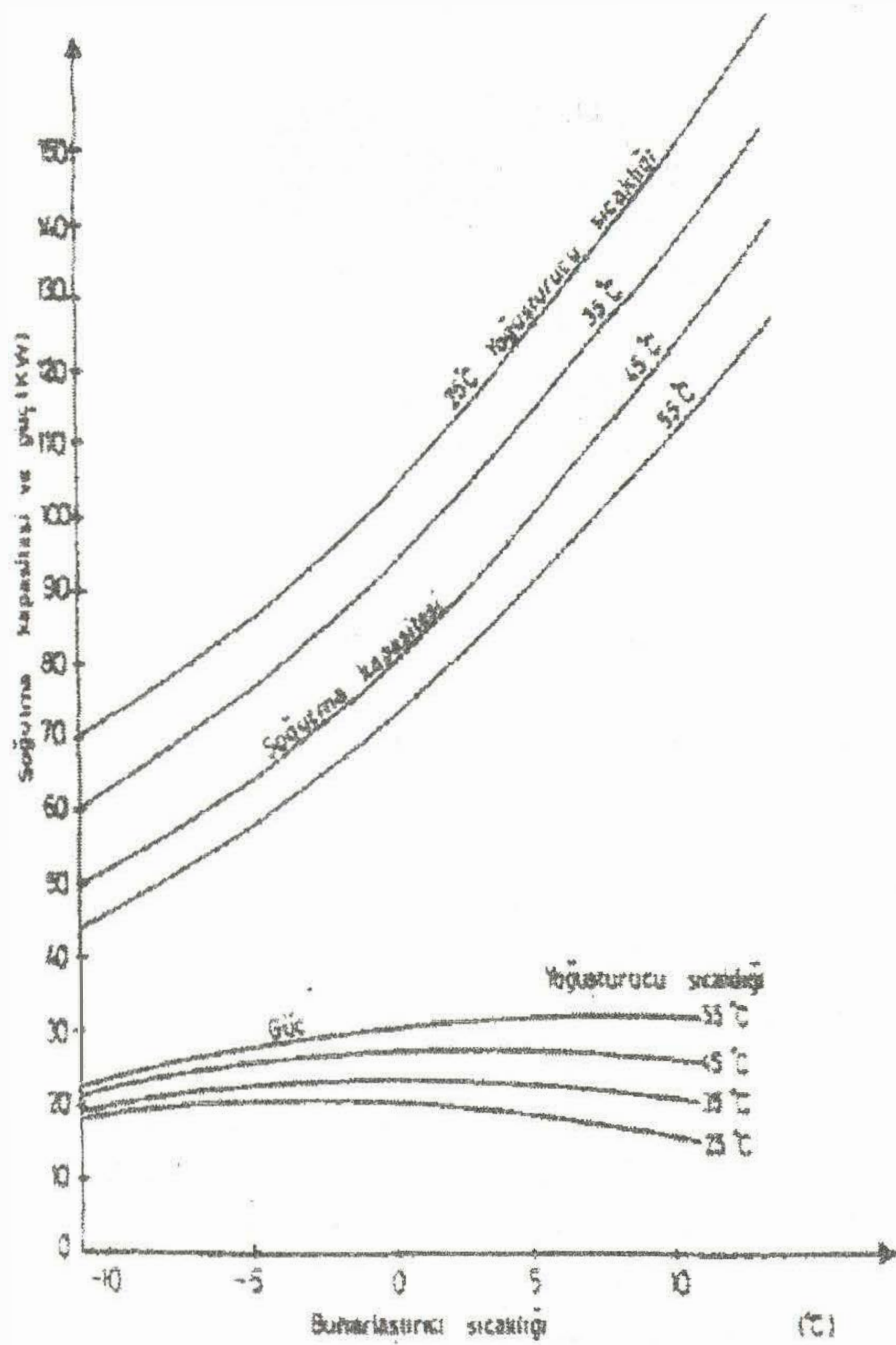


Şekil 1 Toprak kaynaklı ısı pompası tesisinin şematik gösterilişi

Bu çalışmada belirli bir boyuttaki konutun ısıtma ihtiyacını karşılayan toprak kaynaklı ısı pompasının optimizasyonu yapılmıştır. Optimizasyon yapılırken buharlaştırıcı ve yoğuşturucu görevi yapan ünitelerin uygun seçilmiş ortamlara yerleştirildikleri kabul edilmiştir.

## II. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI OPTİMİZASYONU

Çeşitli optimizasyon metodları vardır. Isı pompalarının grafiksel ya da matematiksel yol ile optimizasyonu yapılabilir. Burada grafiksel metod ele alınmıştır. Grafiksel metodlar deney noktası yöntemine dayanır. Buhar sıkıştırılmalı ısı pompalarında, soğutma kapasitesi ve kompresörün tükettiği güç, yoğuşturucu ve buharlaştırıcı sıcaklıklarının bir fonksiyonudur. Şekil 2'de FR-22 ile çalışan ve dönme hızı 1750 d/d olan bir sistemden yoğuşturucu ve buharlaştırıcı sıcaklıklarına bağlı olarak soğutma kapasitesi ve kompresörün tükettiği güç arasındaki ilişki gösterilmiştir, Şekil 2'deki grafik incelendiğinde buharlaştırıcı sıcaklığı yükseldikçe ve yoğuşturucu sıcaklığı azaldıkça soğutma kapasitesi artmakta ve kompresörün harcadığı güç azalmaktadır. Bu durum gözönüne alınarak ideal çevrim için en uygun çalışma şartları bulunabilir.



Şekil - 2 . FR-22 ile Çalışan Bir Sistem İçin Yoğuşturucu Ve Buharlaştırıcı Sıcaklığına Bağlı Olarak Soğutma Kapasitesi Ve Kompresör Gücü Değişimi

Şekil 3'de buhar sıkıştırılmalı ideal bir soğutma çevrimi görülmektedir. Bu çevrime göre çalışan toprak kaynaklı bir ısı pompası düşünülmüştür. Şekil 3'deki çevrime göre ideal olarak, yoğuşturucudan atılan ya da konut ısıtılmasında kullanılan ısı enerjisi,

$$Q_y = m(h_2 - h_3) \quad 1$$

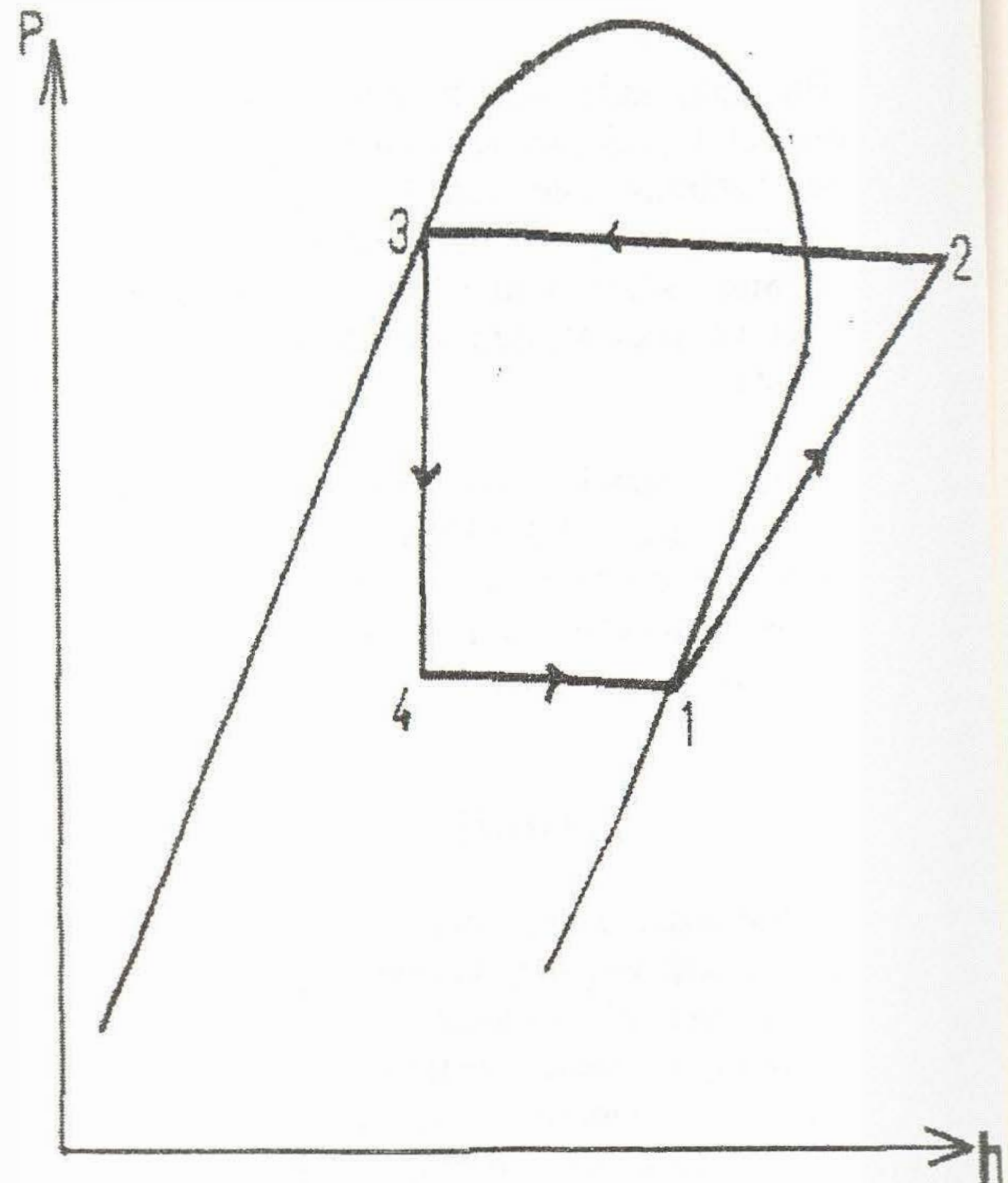
bağıntısı ile, buharlaştırıcıdan çekilen ısı enerjisi ise,

$$Q_b = m(h_1 - h_4) \quad 2$$

bağıntısı ile ve kompresörün harcadığı güç ise ,

$$Q_k = m(h_2 - h_1) \quad 3$$

bağıntısı ile hesaplanır

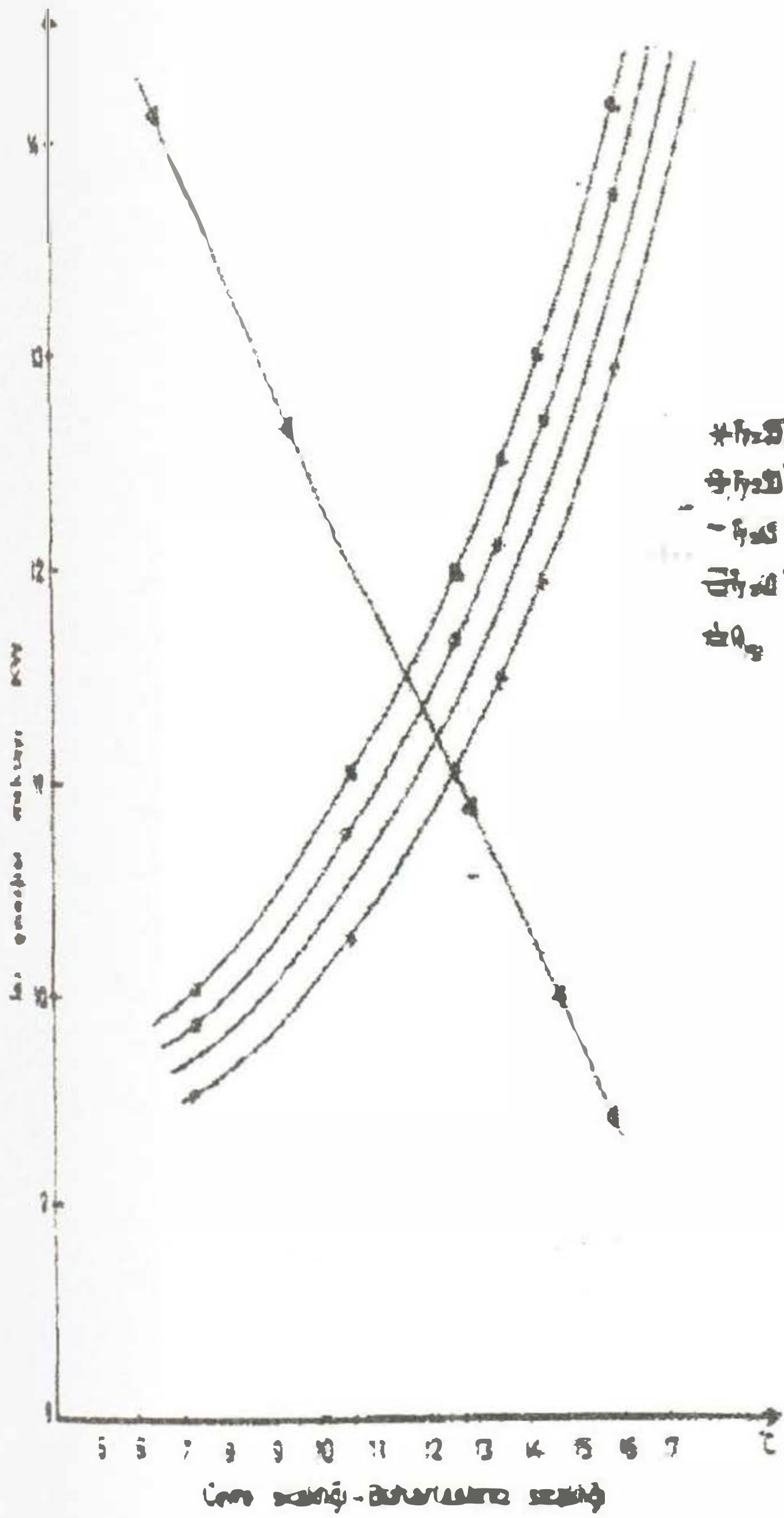


Şekil - 3 Isı Pompası İçin Basınç Entalpi (P-h) Diyagramı

### 2.1. Bir Konutun Isıtma Yüklerini Karşılacak Toprak Kaynaklı Uygun Isı Pompası Analizi

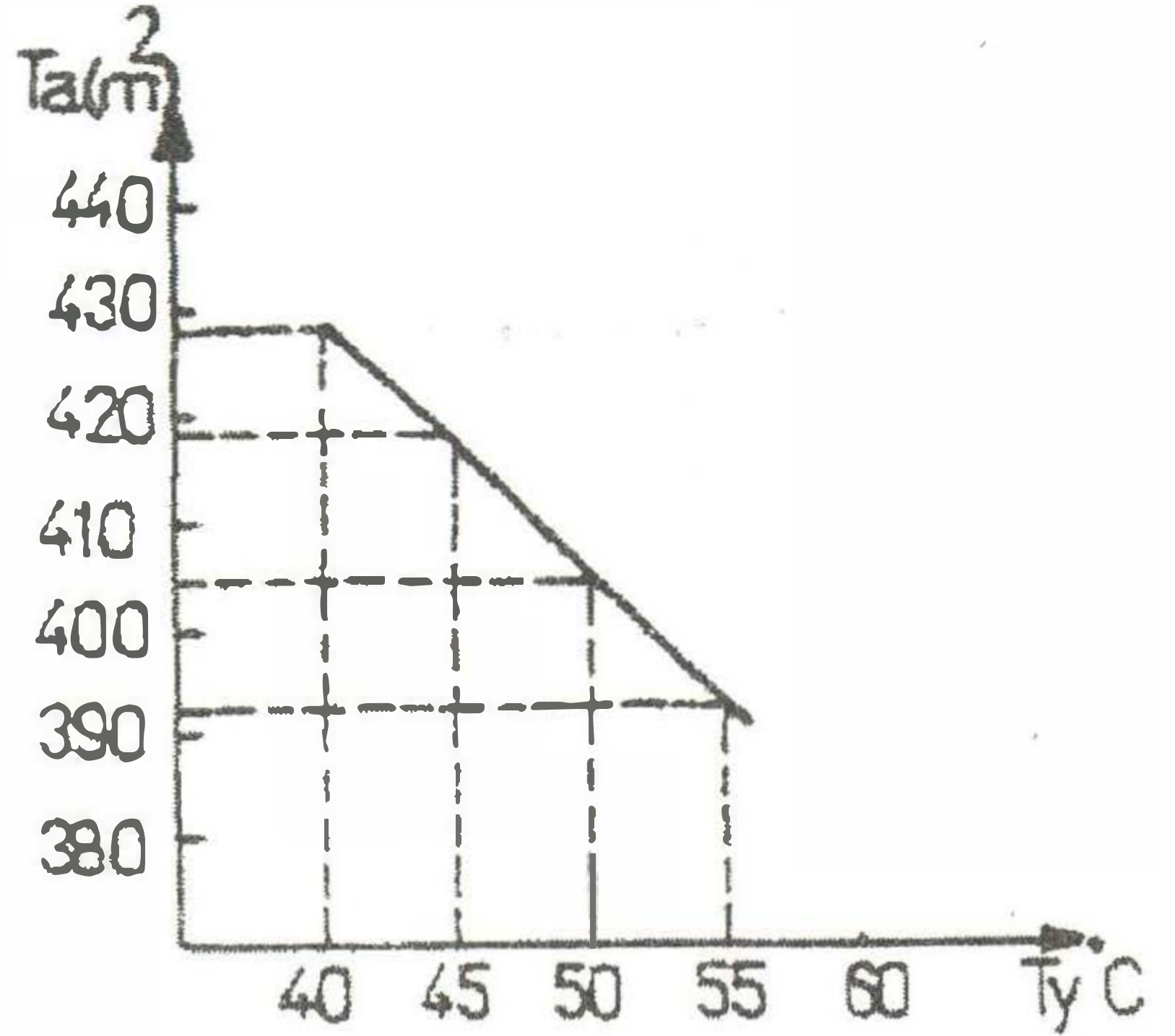
Isı pompası seçimi yapılırken dış çevre sıcaklığına bağlı olarak konutun ısıtma yükü tesbit edilir. Yoğuşturucu sıcaklığı ısıtma sistemine gönderilen suyun gidiş sıcaklığına bağlıdır ve gidiş sıcaklığının 5 °C üzerinde alınır. Buharlaştırıcı sıcaklığı ise toprak ısı değiştiricisinde kullanılan salamuraya bağlı olarak tesbit edilir. Yoğuşturucu ve buharlaştırıcı sıcaklıklarının tesbitleri yapılırken, enerji tüketiminin az olmasını sağlayacak sıcaklıklar yanında, konfor şartları da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu amaçla taban alanı 100 m<sup>2</sup> olan bir konut için hesaplar yapılmıştır. Konut dış duvarları 20 mm. yalıtımlı delikli tuğla olup (sandviç

duvar), döşeme fayansla kaplı yapı elemanı olarak tasarlanmıştır. Konutun ısı yükü bilgisayar programı ile hesaplanmıştır. Optimum değerlerin bulunmasında yoğuşturucu sıcaklıkları  $40^{\circ}\text{C}$ ,  $45^{\circ}\text{C}$ ,  $50^{\circ}\text{C}$ ,  $55^{\circ}\text{C}$  ve buharlaştırıcı sıcaklığı ise  $-13^{\circ}\text{C}$  alınmıştır. Sistemde FR-22 ile çalışan hacimsel debisi  $35.73 \text{ m}^3/\text{h}$  olan kompresör tasarlanmıştır. Yoğuşturucu ve buharlaştırıcı sıcaklıklarına bağlı olarak kompresör ısıtma kapasiteleri hesaplanıp grafiklere aktarılmıştır. Bu çalışmanın asıl hedeflerinden biri yoğuşturucu ve buharlaştırıcı sıcaklığının dış çevre sıcaklığına bağlı kalmadan seçiminin yapılmasıdır. Sistemin ısıtma kapasitesi tesbit edilirken ısıtılan mahal sıcaklığı ile yoğuşturucu ve buharlaştırıcının yerleştirildikleri ortam sıcaklıkları esas alınmıştır. Yukarıdaki bu esaslar çerçevesinde tesbit edilen konutun ısıtma yükü ile ısı pompasının verilen şartlarda sağlayabileceği ısıtma kapasitesi aynı grafik üzerinde gösterilerek konutun ısıtma yükü ile ısı pompasının kapasitesinin birbirini karşılama noktaları tesbit edilmiştir (Şekil 4).



Şekil - 4 Isı Pompasının Isıtma Kapasitesi ve Isıtma Yükünü Karşılama Noktası

Burada artan buharlaştırıcı sıcaklığına bağlı olarak ısı pompasının ısıtma kapasitesi artmaktadır. Isı pompasının ideal çalışma şartları dış sıcaklık ( $T_d$ ) =  $0.8^{\circ}\text{C}$  ve yoğuşturucu sıcaklığı ( $T_y$ ) =  $40^{\circ}\text{C}$  olarak belirlenmiştir.



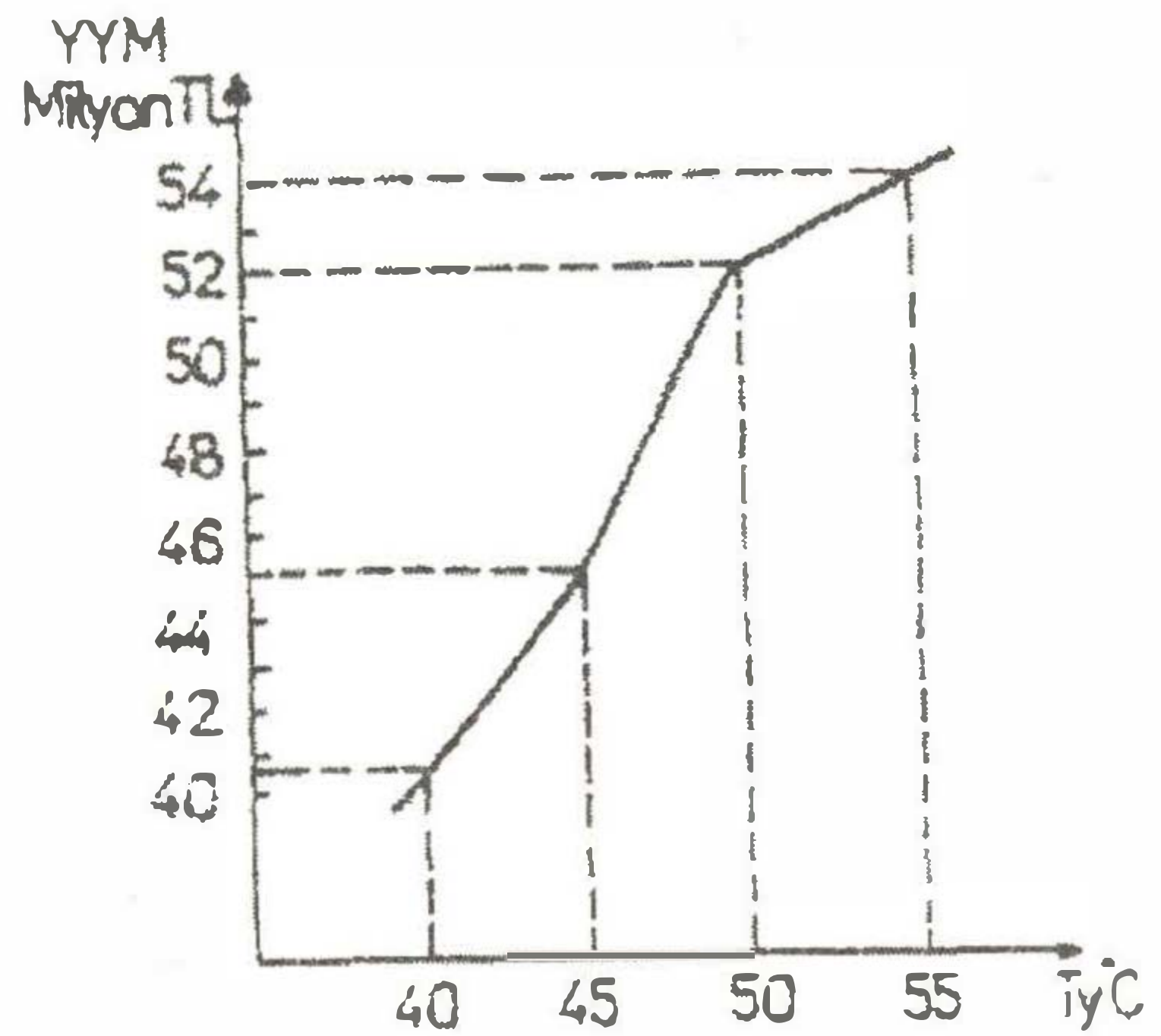
Şekil 5 Yoğuşturucu Sıcaklığına Bağlı Olarak Toprak Isı Değiştiricileri İçin Gerekli Toprak Alanı

Şekil 5 de yoğuşturucu sıcaklığının azalması ile binanın ısı ihtiyacını karşılamak üzere toprağa yerleştirilecek ısı değiştiricisinin boruları için gerekli toprak alanının arttığı görülmektedir. Konutun  $12.000 \text{ Kcal/h}$  'lık ısı ihtiyacı için yaklaşık  $390 \text{ m}^2$  toprak alanı gerekmektedir. Bu alan şehirlerdeki konutlar için hemen bulunabilecek bir alan değildir. Bu yüzden toprak kaynaklı ısı pompaları şehir dışında bahçe içinde yapılan konutlar için daha uygundur.

### III. EKONOMİK KARŞILAŞTIRMA

Bu bölümde alternatif sistemlerin yıllık yakıt giderleri yönünden karşılaştırması yapılmıştır.

Alternatif sistemlerin karşılaştırılması yapılmadan önce ele aldığımız sistemin yakıt maliyetini yoğuşturucu sıcaklığına bağlı olarak gösteren Şekil 6'yı incelediğimizde sistemin düşük yoğuşturucu sıcaklığında daha ekonomik olduğu görülmektedir.



Şekil 6 Yoğuşturucu Sıcaklığına Bağlı Sistemin Yakıt Maliyeti

### III.1. SEÇİLEN SİSTEMLER

- Bilzar kompresörlerinin III-L tipi
- Buderus GE 134 LPLT Atmosferik bürülörlü doğalgaz kat kaloriferi
- Buderus GE 115 ULT motorinli döküm villa kaloriferi
- Demirdöküm DK 200 Fuel-oil yakıtlı kazan
- Demirdöküm DK 200 Katı yakıtlı kazan

### III.2. YAKIT FİYATLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Yakıt fiyatlarının karşılaştırılmasında Ocak-1996 tarihli fiyatları esas alınmış ve konut ısıtılmasında yakıtların TL/1.000 kcal olarak karşılaştırılmasını gösteren Tablo-1 elde edilmiştir. Tablo-1 incelendiğinde ülkemizde konut ısıtılmasında ucuzluk yönünden ilk sırada doğalgazı ve son sırada elektrik görülmektedir.

Tablo-1 Ocak-1996 tarihli Yakıt Fiyatlarının TL/1.000 Kcal Olarak Sıralanması

Yakıt	Isıl Değeri	Birim Fiyatı	TL/1.000 kcal	TL/1.000 kcal	Ucuzluk sırası
Doğal gaz	8250	12.000	12.000*	1454	1
Konut(Ank)	kcal/Nm <sup>3</sup>	TL/m <sup>3</sup>	8250		
Fuel-oil	9700	14.790	14.790*	1524	2
5 Nolu Yakıt	Kcal/kg.	TL/Litre	9700		
Soma Linyit Kömürü	4000	7.000.000	7.000.000	1750	3
	Kcal/kg.	TL/ton	4000		
Motorin	10200	25.740	25740*	2523	4
	Kcal/kg.	TL/Litre	10200		
Elektrik	860	4.300	4.300*	5000	5
	Kcal/kWh	TL/Kwh	860		

Tablo-1'de yakıt fiyatlarına bağlı yapılan sıralamaya göre, yakıt olarak kullanılan elektrik enerjisinin diğer yakıt cinsleri ile arasında aşağıdaki oransal ilişkileri oluşturan Tablo-2 elde edilmiştir.

Tablo-2 Elektrik Enerjisinin Diğer Yakıt Cinslerine Göre Pahalılık Oranı

Elektrik Enerjisi İle Kıyaslaması Yapılan Yakıt Türü	Elektrik Enerjisi TL/1.000 Kcal Diğer Yakıt Türü TL/1.000 Kcal	Elektrik Enerjisinin Diğer Yakıtlara Göre Pahalılık Oranı
Doğalgaza göre	5.000 1454	3.43
Fuel-Oil'e göre	5.000 1524	3.28
S.Linyit K.Göre	5.000 1750	2.85
Motorine Göre	5.000 2523	1.98

Tablo-3 Alternatif Sistemlerin Ele Alınan Konut İçin Yıllık Yakıt Tüketimi ve Yakıt Maliyeti

Yakıt	Birim Fiyatı	Yıllık Yakıt Tüketimi	Yıllık Yakıt Maliyeti
Doğalgaz	12.000 TL/Nm <sup>3</sup>	567 m <sup>3</sup>	6.804.000 TL
Fuel-oil	14.790 TL/Litre	5223 Litre	7.735.170 TL
S.Linyit	7.000.000 TL/Ton	1.259. Ton	8.813.000 TL
Isı Pompası	4.3000 TL/kwh	5348 kwh	22.996.400 TL
Motorin	25.740 TL/Litre	535 Litre	13.770.900 TL

Tablo-3'deki yıllık yakıt maliyetlerinin sıralamasında kullanılan verilere göre, yakıt cinsi olarak elektriğin yıllık maliyeti ile diğer yakıt cinslerinin yıllık maliyetleri arasındaki oransal ilişkiyi veren Tablo-2 elde ederiz. Tablo-4'ü incelediğimizde elektrik enerjisinin diğer yakıtlara göre yüksek olan pahalılık oranının, III.1'de seçilen sistemlerin yıllık yakıt tutarlarının oransal ilişkilerine bakıldığında, maliyet yüksekliği belirgin bir şekilde azalmaktadır.

Tablo-4 Elektrik Enerjisinin Yıllık Maliyetinin Diğer Yakıt Cinslerinin Yıllık Maliyetlerine Oranı

Elektrik Enerjisi ile Kıyaslaması Yapılan Yakıt Türü	Elektrik Enerjisinin Yıllık Maliyet Tutarı(TL)	Diğer Yakıt Türlerinin Yıllık Maliyet Tutarı(TL)	Elektrik Enerjisinin Yıllık Maliyetinin Diğer Yakıt Türlerine Göre Pahalılık Oranı
Doğalgaza göre	22.996.4000	6.804.000	3.37
Fuel-oil'e göre	22.996.400	7.735.170	2.97
B.Linyite göre	22.996.400	8.813.000	2.60
Motorine göre	22.996.400	13.770.900	1.66

Sonuç ;

Bu çalışmada toprak kaynaklı herhangi bir ısı pompasının ısıtma durumunda optimum noktasının belirlenmesi ve diğer ısıtma sistemleri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Bu çalışmada örnek alınan ısı pompasının -13 °C sabit buharlaştırıcı sıcaklığında uygun yoğuşturucu sıcaklığı ( $T_y$ ) = 40 °C dış sıcaklık ( $T_d$ ) = 0.8 °C olarak belirlenmiştir. Bu şartlarda sistemin olumlu ve olumsuz yönlerini kısaca şöyle sıralayabiliriz:

Sistemin olumsuz yönleri;

- 1) Yeterli toprak alanının temini
- 2) Günümüz Türkiye'si şartları içerisinde elektrik enerjisinin pahalı olması, ısı pompası sisteminin işletme masraflarını arttırmıştır.
- 3) Toprağa yerleştirilecek ısı değiştiricilerinin ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması,

Sistemin olumlu yönleri;

- 1) Ülkemizde Petrol ve Doğalgazlı Isıtma sistemlerinde kullanılan yakıtlarda dışarıya bağımlı olmamız.
- 2) Isı pompası sisteminin diğer sistemlere oranla maliyet bakımından daha verimli olması ve çevreyi kirletmemesidir.
- 3) Isı pompasının özellikle projelendirme yapılan düşük kapasiteli mahallerde (villa tipi evlerde) konforu artırıp olması.

## SEMBOLLER

$m$	= Soğutucu akışkanın kütle debisi (kg/s)
$N_e$	= Kompresörün tahrik gücü (kw)
$Q_B$	= Buharlaştırıcı ısı yükü (kw)
$Q_h$	= Mahalin ısı ihtiyacı (kw)
$Q_k$	= Kompresörden verilen faydalı ısı (kw)
$Q_y$	= Yoğuşturucu ısı yükü (kw)
$T_a$	= Toprak alanı ( $m^2$ )
$T_B$	= Buharlaştırıcı sıcaklığı °C
$T_d$	= Dış sıcaklık °C
$T_t$	= Toprak sıcaklığı °C
$T_y$	= Yoğuşturucu sıcaklığı °C
$V$	= Soğutucu akışkanın hacimsel debisi ( $m^3/h$ )
Yet	= Yıllık elektrik tüketimi (kwh)
Yym	= Yıllık yakıt maliyeti (TL)

## KAYNAKÇA

- 1) DAĞSÖZ, A.K., *Soğutma Tekniği*, İTÜ Makina Fakültesi, İstanbul, 1984.
- 2) PIHTILI, K., YILDIZ, C., BİÇER, Y., "*Isı Pompası Optimizasyonu*", 9. Ulusal Isı Bilim ve Tekniği Kongresi, F.Ü. Elazığ, 1993.
- 3) SAVAŞ, A.Fevzi, *Toprak Kaynaklı Isı Pompası ile Konut Isıtılması*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), D.P.Ü., Kütahya, 1996.

