



**JEOTERMAL ENERJİ VE HAVA KAYNAKLI ISI  
POMPASI İLE ÜÇ KATLI BİR VİLLANIN  
ISITILMASININ KARŞILAŞTIRILMASI**

**Asma NADAF**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**JEOTERMAL ENERJİ VE HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI İLE ÜÇ KATLI  
BİR VİLLANIN ISITILMASININ KARŞILAŞTIRILMASI**

**Asma NADAF**

0000-0002-6354-9549

Pro. Dr. Recep YAMAN KARADENİZ

(Danışman)

0000-0003-0087-2629

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA– 2019

## TEZ ONAYI

Asma NADAF tarafından hazırlanan “JEOTERMAL ENERJİ VE HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI İLE ÜÇ KATLI BİR VİLLANIN ISITILMASININ KARŞILAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Pro. Dr. Recep YAMANKARADENİZ

**Başkan:** Prof. Dr. Recep YAMANKARADENİZ  
Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik  
Fakültesi,  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı  
0000-0003-0087-2629

İmza

**Üye :** Doç. Dr. Nurullah ARSLANOĞLU  
Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik  
Fakültesi,  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı  
0000-0003-4970-4490

İmza

**Üye :** Öğr. Üyesi. Dr. K.Furkan SÖKMEN Bursa  
Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa  
Bilimleri Fakültesi,  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin AKSEL EREN

Enstitü Müdürü

../././....

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**15/12/2019**

**Asma NADAF**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

JEOTERMAL ENERJİ VE HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI İLE ÜÇ KATLI BİR  
VİLLANIN ISITILMASININ KARŞILAŞTIRILMASI

**Asma NADAF**

Bursa Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Pro. Dr. Recep YAMANKARADENİZ

Doksanlardan beri yaşanan yakıt problemleri ile yakıt fiyatları artışı ve dünyada ağır anlamda bir enerji problemi yaşanmaktadır. Özellikle yakıt kaynaklarına sahip olmayan bütün ülkeler, onların ülkelerinde mevcut olan bir çok potansiyel enerji kaynaklarına gözetmişlerdir. Çalışmalarda ısı pompaları, yenilenebilir enerjisi arasındaki en önemli ilgi alanlardan birisi de hava kaynaklı ısı pompası ve jeotermal enerjiden yararlanma üzerine olup bilim adamları fikrini desteklemiştir. Isı pompalarının, elektrikli ısıtma cihazlara göre 3 ve 6 kat arası daha menfaati, çevre pislenmesine gaye olmamaları gibi sıfatları nedeni ile son yıllarda üzerinde faal çalışmalar yapılan bir konudur.

Bu tez çalışması kapsamında jeotermal enerji ve hava kaynaklı ısı pompası ile Bursa'da inşaa edilen üç katlı bir villanın ısıtılmasının potansiyelini araştırıldı. Çalışma üç bölümden (teorik - tasarım - sonuç ) olmuştur .Teorik bölümünde öncelikle jeotermal enerji ve ısı pompalarının tanıtımı, kaynakları, kaynakların kullanımı, avantajları ve dezavantajları gibi genel bilgeleri sonra dünyadaki ardından Tüürkiye'deki jeotermal enerjinin yayılması ve tatbik edildiği uygulamaları, Jeotermal Enerjinin Ekonomik Katkıları ve Çevresel Etkilerini bahsedilmiştir.Tasarım bölümünde üç katlı bir villanın jeotermal enerji sonra havayla çalışan bir ısı pompası ile ısıtma tesisatı amacıyla hesaplamalar ve gerekli cihaz seçimleri yapılmıştır.

Son bölümünde tez konusu ile ilgilisonuçlar ve önerilere yer alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji, ısıtma, jeotermal enerji, hava kaynaklı ısı pompası.

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

### **COMPARİSON OF GEOTHERMAL ENERGY AND AIR SOURCE HEAT PUMP HEATING OF A THREE-STOREY VILLA**

**Asma NADAF**

Bursa Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

**Supervisor:** Pro. Dr. Recep YAMANKARADENİZ

Within the scope of this thesis study, the potential of heating of the constructed three-storey villa in Bursa has been investigated by using geothermal energy. This study has been separated to three divisions (theoretical - design-result).

In the theoretical section, a general information such as an introduction of geothermal energy, resources, use of resources, advantages and disadvantages have been described, furthermore, in Turkey and the world the effects of economic contributions of newable energy (geothermal energy) and the environmental impact have been mentioned.

In the design section, the geothermal energy heating system of a three-storey villa has been calculated and the necessary device has been selected.

In the last part, all the results related to this study has been presented and discussed.

**Key Words:** Energy, heating, geothermal energy, air-source heat pump.

## TEŞEKKÜR

Uludağ üniversitesi makine mühendisliğindeki eğitim süresince bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, tez çalışmamı yöneterek büyük katkısını gördüğüm danışmanım Sayın Pro.Dr.Recep YAMANKARADENİZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmanın gerçekleştirilmesindeki destek ve yardımlarından dolayı Doç.Dr.Nurullah ARSLANOĞLU, Doç.Dr.Fatih KARPAT, Pro.Dr.Ömer KAYNAKLI, Doç.Dr.Erhan BULAT ve katkı olan herkese teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında sabır gösterdiği ve bana katlandığı için eşim Ilysa MELLAH motivasyon desteği ve ümit verdiği için Babam, Annem, Çocuklarım ve bütün aileme çok teşekkür ederim.

Asma NADAF

15/12/2019

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARIŞTIRMASI.....	3
2.1. Jeotermal Enerjinin Tanımı.....	3
2.1.1. Isı kaynağı.....	4
2.1.2. Jeotermal rezervuarı.....	4
2.1.3. Jeotermal akışkanı.....	4
2.1.4 Jeotermal enerji doğası ve dağılımı.....	6
2.1.5 Jeotermal sistemleri.....	9
2.2. Jeotermal Enerji Uygulamaları.....	10
2.2.1. Hidrojeotermal elektrik üretimi.....	12
2.2.2. Doğrudan kullanım.....	12
2.2.3. Jeotermal ısı pompaları.....	14
2.2.4.Sıcak drock / geliştirilmiş veya mühendisliği jeotermal sistemler (EGS).....	15
2.3. Jeotermal Enerji Avantaj ve Dezavantajları.....	15
2.3.1. Jeotermal enerjinin avantajları.....	15
2.3.2. Jeotermal enerjinin dezavantajları.....	16
2.4. Dünyada ve Türkiye’de Jeotermal Enerji.....	17
2.4.1. Dünyadaki jeotermal enerji.....	17
2.4.2. Türkiye’de jeotermal enerji.....	19
2.5. Jeotermal Enerjinin Ekonomik Katkıları ve Çevresel Etkileri.....	22
2.6. Isı Pompalarının Tanıtımı.....	24
2.7. Isı Pompaların Tasnifi (sınıflandırılması).....	24
2.7.1. Hava kaynaklı ısı pompası.....	26
2.7.2. Mesken ısı pompası uygulamaları.....	29
2.8. Buhar Sıkıştırılmalı Isı Pompası ve Çevrim Hesapları.....	31
2.9. Isı Pompası Verim Terimleri.....	34
2.9.1. Isı pompası verimi.....	34
2.9.2. Isı pompası iyilik derecesi.....	34
2.9.3. Enerji verimlik oranı.....	35
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	37
3.1. Jeotermal Enerji İle Isıtma Sistemi Hesapları.....	37
3.1.1. Bina durumu ve mimarlık projesi.....	37
3.1.2. Yapı malzemelerinin U toplam ısı geçişi katsayıları.....	38
3.1.3. Isı kaybı hesabı.....	40
3.1.4. Radyatör seçimi ve yerleştirilmesi.....	41
3.1.5. Ek malzemelerin hesabı.....	45
3.1.6. Jeotermal enerji Maliyetini hesabı.....	48



3.2. Hava Kaynaklı Isı Pompası İle Isıtma Sistemi Hesapları.....	49
3.2.1. Isıtma tesir katsayısı aylara bağlı değişimleri.....	49
3.2.2. Isı pompası boyutları seçimi ve maliyetini hesabı.....	51
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	52
5. SONUÇ .....	53
KAYNAKLAR.....	55
EKLER.....	56
EK 1. AutoCAD ile proje çizimi.....	57
EK 2. Projenin mimar çizimi.....	60
EK 3. Demir döküm kataloğu.....	62
EK 4. Isı kaybı hesabı çizelgesi.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	71



## SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklamalar
A	Alan (m <sup>2</sup> )
D	Çapı (m)
C <sub>p</sub>	Suyun Özgül Isısı (j/kg.K)
H	Bina durum katsayısı (KJ/m <sup>2</sup> .K)
H <sub>m</sub>	Pompanın Basma Yüksekliği (mSS)
H <sub>loss</sub>	Boru (Kanal) Basınç Kaybı (mSS)
L	Uzunluk (m)
m	Kütle (kg)
$\dot{m}_s$	Dolaşan soğutucu akışkanı (kg/s)
M	Maliyat (TL)
P <sub>üst</sub>	Maksimum basınç (bar)
P <sub>kritik</sub>	Kritik basınç (bar)
Q	Isı yükü (kW)
$\dot{Q}_y$	Yoğuşturucu atılan ısı (W)
$\dot{Q}_b$	Buharlaştırıcının çektiği ısı (W)
T <sub>ms</sub>	Sıcak suyun ortalama sıcaklığı (K)
T <sub>g</sub>	Suyun Kazandan Gidiş Sıcaklığı (°C)
T <sub>d</sub>	Suyun Kazana Dönüş Sıcaklığı (°C)
t	Zaman (sn)
U	Isı geçişi katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)
V	Hacim (lt)
V <sub>p</sub>	Sirkülasyon pompa debisi (m <sup>3</sup> /s)
V <sub>gd,k</sub>	Kapalı genleşme deposu hacmi (lt)
$\dot{W}$	Kompresör işi (W)
Z <sub>w</sub>	Kat yükseklik artırımını (%)

$Z_H$	Yön artırmı (%)
$\rho$	Suyun Yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ )
$\lambda$	Isıl iletkenlik ( $\text{W/m.K}$ )
$\xi$	Özel Direnç Katsay
$\eta$	Verim
$\eta_{mk}$	Kompresörün mekanik verimi
$\eta_{jk}$	Kompresörün iç verimi
$\eta_{Ek}$	Kompresörün elektrik verimi
$\eta_{jp}$	Isı pompası verimi

### **Kısaltmalar Açıklaşa**

İYD	Isı pompası iyilik derecesi
EVO	Enerji verimlilik oranı
ITK	Isıtma tesir katsayısı
ITKC	Carnot ısıtma tesir katsayısı
ITKİ	İdeal ısıtma tesir katsayısı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. İdeal bir jeotermal sistemin diyagramlı temsili.....	4
Şekil 2.2. HDR Sıcak kuru kayalar teknolojisi.....	8
Şekil 2.3. Kavramsal jeotermal enerji modeli ve hidrotermal sirkülasyon.....	9
Şekil 2.4. Gerçek bir jeotermal sistemin şeması.....	10
Şekil 2.5. Mühendisliği jeotermal sistemin diyagramı.....	15
Şekil 2.6. Dünyadaki jeotermal enerji.....	17
Şekil 2.7. Dünyadaki önemli jeotermal jenerasyonları.....	18
Şekil 2.8. Türkiye'deki jeotermal enerji.....	20
Şekil 2.9. Türkiye'de nanotektoniği-volkanik etkinliği ve jeotermal alanlar.....	21
Şekil 2.10. Jeotermal enerjinin ilk 10 ülke kullanımında.....	22
Şekil 2.11. Isı pompası için ısı kaynağına göre seçimi.....	25
Şekil 2.12. Havayı kaynak olarak kullanan bir ısı pompası.....	26
Şekil 2.13. Bivanet “Hava kaynaklı ısı pompası ve kazan” iki değerli sistem.....	27
Şekil 2.14. Basit hava kaynaklı ısı pompası.....	28
Şekil 2.15. Gerçek ve ideal buhar sıkıştırımlı ısı pompasının basınç-entalpi diyagramı.....	31
Şekil 2.16. Isı pompası veriminin evaporatör sıcaklığına bağlı değişim.....	34
Şekil 2.17. Isı pompası iyilik derecesinin evaporatör sıcaklığına bağlı değişim.....	35
Şekil 3.1. Isıtma tesir katsayısının aylara bağlı değişim.....	50

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizilge 3.1. Radyatör ve Donanımı Seçim Çizelgesi.....	43
Çizilge 3.2. Boru Çapı Hesabı Çizelgesi.....	45
Çizilge 3.3. $\xi$ Değerlerini Hesaplama Çizelgesi.....	46



## 1. GİRİŞ

Çağımızda enerjinin temin etmesi insanlığın en önemli sorunlarından biri olmuştur. Doksanlardan beri yaşanan yakıt problemleri ile yakıt fiyatları artışı ve dünyada ağır anlamda bir enerji problemi yaşanmaktadır. Özellikle yakıt kaynaklarına sahip olmayan bütün ülkeler, onların ülkelerinde mevcut olan bir çok potansiyel enerji kaynaklarına gözetmişlerdir. Çalışmalarda ısı pompaları, yenilenebilir enerjisi arasındaki en önemli ilgi alanlardan birisi de hava kaynaklı ısı pompası ve jeotermal enerjiden yararlanma üzerine olup bilim adamları fikrini desteklemiştir. Isı pompalarının, elektrikli ısıtma cihazlara göre 3 ve 6 kat arası daha menfaatli, çevre kirlenmesine gaye olmamaları gibi sıfatları nedeni ile son yıllarda üzerinde faal çalışmalar yapılan bir konudur. Alternatif enerji kaynaklarından olan hava kaynaklı ısı pompasının su ısıtma, havalandırma teknolojilerinde, hacim soğutma ısıtma gibi kullanımının avantajları sahibidir. Isı enerjisini iki saha arasında taşıma edebilmek için sisteme bir değer dışarıdan ısı çekilmesi gerekmektedir. Isı; nehir suyu, hava, güneş enerjisi, toprak, endüstriyel atığından çekilebilir.

Jeotermal enerji tükenebilir ve yenilenebilir bir kaynak olarak kabul edilir, çünkü bol miktarda kabul edilen Dünya'nın iç ısını kullanır ve bir zamanlar kullanılan ve soğutulan su, daha sonra rezervuara geri boru haline getirilir. Jeotermal akışkanı jenerasyonun sular meteorik kaynaklı olduğundan yeraltı hazne kayaları devamlı beslenir ve beslenmeyi kullanılmadıkça o kayaların boşaltması ve bitmesi olmazdır. Jeotermal enerji, elektrik jenerasyonunda ve başka çeşitli doğrudan ısı kullanım tatbiklerinde kullanılabilir, örn. Isıtma maksatlı, mutfak ve banyo ısı gereklilik vb.

Isı pompaları alçak sıcaklıktaki ısı mambağından aldığı ısı enerjisini yüce sıcaklıktaki ısı mambağına transfer eden sistemlerdir. Evleri ısıtmak veya soğutmak için kullanılan ısı pompalarının seçimi gün geçtikçe artmaktadır. Isı pompası sistemlerinin mekan ısıtmasında tatbiki hem ekonomik bir fayda hem de doğal mambaların korunması ve çevre kirliliğinin azaltılması amacıyla önemlidir.

Bilindiği gibi petrol bu günlerde sınırlı, çok pahalı ve çevreyi kirlenmesi sebep olan bir yakıttır. Diğer taraftan modern ve gelişmiş yaşamda insan konforlu ama aynı zamanda ekonomi ve temiz bir enerji kaynağı seçim yapma gerektirliğini getirmektedir. İşte bu da hava kaynaklı ısı pompası yada jeotermal enerjinin olağanüstü bir mevki vardır. Hangisi (hangi yöntem) retim masrafları, diğer enerji kaynaklarından daha düşüktür. Bu masraflara bağlı bir şekilde kullanmalar düşmektedir.



## 2. KAYNAK ARIŞTIRMASI

### 2.1. Jeotermal Enerjinin Tanıtımı

Jeotermal enerji (jeo'nun anlamı 'yer', termal'in anlamı ise 'ısı' anlamına gelir) Jeotermal enerji ayaklarımızın altındaki ısıdır. Yer kabuğunun bir çok iklimlerinde ve derinliklerinde derlenmiş (toplanmış) ısıdır. Isıyı sıcak su, buhar ve gazlar gibi sıcaklığın oluşturduğu kimyasallar içeren şekillerde ortaya çıkmaktadır.

Yenilenebilir, temiz, bitmeyen, devam eden bir enerji menşeyi olması tam önemli vasıflarından birisi jeotermal enerjidir. Ayrıca Türkiye jeotermal enerji bakımından şanslı ve bereketli ülkelere öz menşe kurmaktadır. Çevre dostu ve temiz bir enerji olması, yanma ve yakılma yöntemleri kullanılmaması nedeniyle tarımlar, endüstriler, konutlar, sera ısıtması ve benzeri alanlarda pek çok maksatlı ısıtma uygulamalarında kullanılmaktadır. Yaşamsal ve manevi tehlike taşıyan patlama alev alma veya zehir Salımı gibi tehlike faktörleri nakletmediğinden dolayı güvenilirdir .

Bölgesel özelliği sebebiyle ülkeler arası ithali ve ihracı olmayıp krizler, problemler, harplar gibi faktörlerden etkilenmemesi sağlamaktadır. % 90'in üstünde enerji verimliliği temin etmesi büyük avantajdır.

Dünya depolanmış bir ısı kütesidir. Dünya'nın çekirdeğindeki ısının merkezden yeryüzüne doğru yayılmasına jeotermal enerji denir.

Jeotermal enerji kaynakların birbirine tamamlayacak üç mühim tümleş vardır:

1. Isı membayı.
2. Çekirdekteki ısıyı yeryüzeye taşıyan sıvı.
3. Sıcak suyu dolaştırmak için kafi kayaç geçirgenliği.

Jeotermal bölgelerde, sığ alanlardaki normal alanlara göre sıcak kaya ve yüksek yeraltı suyu sıcaklığı bulunur. buna sebep olarak :

- magma yeryüzüne yükselir ve bunun sonucu olarak ısıyı taşır.
- Kabuğun zayıfladığı yerlerde aşırı sıcaklık farkından meydana gelen ısı akışı.
- yeraltı suyunun ısınmak için birkaç kilometre derine inip tekrar çıkması.



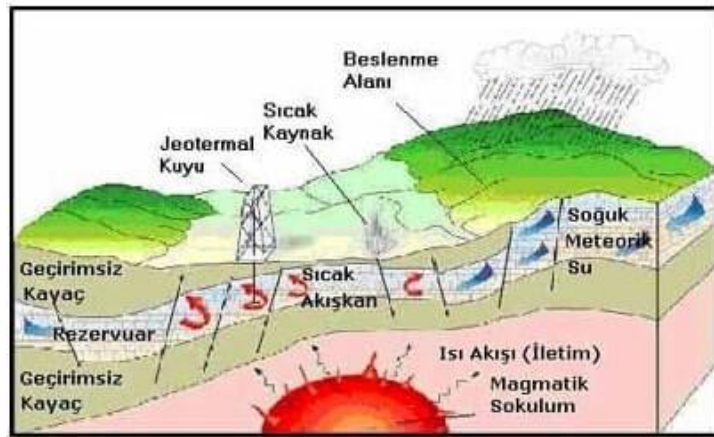
jeotermal sistem üç ana unsurdan oluşur; bir ısı kaynağı, bir rezervuar ve bir akışkan, ısıyı transfer eden taşıyıcı (Şekil 2.1).

**2.1.1. Isı kaynağı;** nisbeten sığ derinliklere ulaşan çok yüksek bir sıcaklıkta ( $> 600^{\circ}\text{C}$ ) magmatik izinsiz giriş olabilir (5-10km) bazı düşük sıcaklık sistemlerinde olduğu gibi

**2.1.2. Rezervuar;** dolaşımdaki sıvıların ısı çıkardığı sıcak geçirgen kayaların hacmidir. Hazne genel olarak geçirimsiz kayaların örtüsü ile kaplanır ve içinde meteorik suların hazneden doğal yollarla (örneğin yaylar yoluyla) kaçan sıvıları değiştirebileceği veya kısmen değiştirebileceği veya özütü çıkardığı bir sörf doldurma alanına bağlanır. sondaj delikleri.

**2.1.3. Jeotermal akışkanı;** çoğu durumda meteorik suyun, sıcaklığına ve basıncına bağlı olarak sıvı veya buhar fazındaki sudur. Bu su genellikle  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , vb. Gibi kimyasallar ve gazlar taşır.

Bir jeotermal sistemin tüm unsurlarından ısı kaynağı doğal olması gereken tek kaynaktır. Diğer iki element "yapay" olabilir. Örneğin, türbini bir jeotermal enerji santralinde çalıştırmak için rezervuardan çıkarılan jeotermal akışkanlar, kullanımlarından sonra özel enjeksiyon kuyuları vasıtasıyla rezervuara geri enjekte edilebilir. Bu şekilde rezervuarın doğal ve yapay ile birleştirilir.



Şekil 2.1. İdeal bir jeotermal sistemin basit bir temsildir

Jeotermal rezervuar sıcak su veya buhar içeren bir akiferdir. Jeotermal rezervuardan sıcak suyu çekmek için bir üretim kuyusu ve suyu geri dönüştürmek için başka bir enjeksiyon kuyusu kullanılmaktadır. Geri dönüşüm rezervuar basıncının korunmasına yardımcı olur. Jeotermal rezervuar nisbeten küçükse soğuk su akiferin sıcaklığını düşürebilir.

Rezervuar basıncı suyu yüzeye itecek kadar yüksek değilse elektrikli pompaya ihtiyaç vardır. Jeotermal rezervuardan gelen ısı bir ısı eşanjöründen geçer ve bir dağıtım ağına yönlendirilir.

Jeotermal rezervuarları kaynak kapasitesi üzerinde derin bir etkiye sahip olabilecek kimyasal ve fiziksel olarak ayrı katmanlara sahiptir. Bazı katmanlar, farklı rezervuar kayaları, mineral değişimi, sıvı kimyası ve sıcaklık ile karakterize edilebilir. Örneğin, Türkiye Kızılder'e de derin rezervuarın üretim öncesi kimyası, uzun yıllar boyunca üretilen ara rezervuardan daha yüksek gaz ve daha yüksek jeotermometrelere işaret ediyordu.

Jeotermal kaynakların en yaygın tanımları ve sınıflandırmalarından bazıları aşağıdadır.

Jeotermal kaynakları sınıflandırmak için en yaygın kriter, ısıyı derin sıcak kayalardan yüzeye taşıyan taşıyıcı olarak görev yapan jeotermal sıvıların entaltesine dayanmasıdır. Sıcaklıkla orantılı olarak düşünülebilecek entalpi, akışkanların ısı (termal enerji) içeriğini ifade etmek için kullanılır ve “değerleri” hakkında kabaca bir fikir verir. Kaynaklar düşük, orta ve yüksek entalpi kaynaklarına ayrılır.

Su veya sıvı ağırlıklı jeotermal sistemler ve buhar ağırlıklı (veya kuru buhar) jeotermal sistemler arasında bir ayırım yapılır.

- Sulandırılmış sistemler;

Sulandırılmış sistemlerde sıvı su sürekli, basınç kontrol eden bir sıvı fazdır. Bazı buharlar, genellikle ayrı kabarcıklar halinde mevcut olabilir. Sıcaklığı  $<125$  ile  $225$  °C arasında değişebilen bu jeotermal sistemler, dünyada en yaygın şekilde dağıtılmaktadır.

Sıcaklık ve basınç koşullarına bağlı olarak, sıcak su, su ve buhar karışımları, ıslak buhar ve bazı yerlerde durumlarda, kuru buhar sistemleri bulunmaktadır.

- Buhar ağırlıklı sistemlerde;

Buhar ağırlıklı sistemlerde sıvı su ve buhar normal olarak rezervuarda sürekli olarak birlikte bulunur ve sayısız basınç kontrolü sağlanır.

Örneğin sıvının etken olduğu bir hazne, üretim sonucu oluşan basınç düşümünden dolayı, zamanla iki fazlı bir jeotermal akışkan durumuna dönüşebilir

#### **2.1.4. Jeotermal enerji doğası ve dağılımı**

Jeotermal gradyan, ısı akışı ve jeotermal anormali jeotermal enerjinin üç esas ifadesidir. Jeotermal gradyan, Dünyadaki derinlikli sıcaklık artışı olarak tanımlanmaktadır. Normal kıtasal kabukta yeryüzeyinin ilk 3 ila 5 kilometre içindeki tipik bir jeotermal gradyan yaklaşık  $25^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 'dir. Bununla birlikte bu gradyan sürdürülebilir değil ancak 40km derinlikte yaklaşık  $16^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 'den daha fazla sıcaklık artışı azalmaktadır. Örneğin, ortalama olarak dış havanın yıllık ortalama sıcaklığına karşılık gelen ilk birkaç metre altındaki sıcaklık  $15^{\circ}\text{C}$  ise, o zaman sıcaklığın yaklaşık  $65-75^{\circ}\text{C}$  olacağını varsayabiliriz.

Isı enerjisi yer kabuğa; kayalardan iletilerek ve magmanın veya jeotermal suyun hareket etmesi ile ulaşır. İletim yoluyla ısı enerjisinin düşey bir şekilde hareket etmesine ısı akışı denir.

Bazı jeotermal bölgelerde; derinliklerin bazılarında sıcaklık, komşu bölgelere göre farklılık gösterir. Bu düzensizliğe verilen isim jeotermal anomalidir.

Sadece küçük bölgeler ile sınırlı olan jeotermal anomalilerin yanı sıra binlerce kilometrelik jeotermal anomaliler de bulunmaktadır. Jeotermal kuyuların sondajı, gerek geliştirilmesi gerek işletmesi yönünden pahalı olduğundan aramalarda yüzeye yakın ve yüksek sıcaklıklı yani pozitif jeotermal anomaliler tespit edilmeye çalışılır.

Jeotermal anomaliler faktörlerini belirlendiğinde jeotermal alanların keşfedilmesini kolaylaştırır.

a. Isının ayrı bölgelerde mevcut olması ve ayrı ısı akışı ortalamayı bulunması.

b. Isı genellikle yeryüzeyine sabit bir hızda geçer.Fakat dünyadaki kaya türlerinin ısı iletkenliği birbirinden farklıdır. Bununla birlikte ortamın ısı iletkenliği farklı ise, o zaman mevcut bölgedeki sıcaklık çevre bölgelerden farklıdır. Böylece ısı akış değerini değişir.

c. Bazı kayalarda radyoaktif elementler, toryum ve uranyum gibi bulunur. Lakin radyoaktif elementlerin konsantrasyonu farklı olduğundan dolayı kayaların ısı iletkenliği aynı olsa bile jeotermal gradyanda değişikliklere yol açar. Radyoaktif elementlerin konsantrasyon farkları.

d. Katmanlar ortasına giren ve kabuğa doğru injekte edilen mağma yeni mağmatik kayaçlar oluşturur. Mağmatik kayaçlar ısıyı transfer edererek yüksek jeotermal gradyanlar meydana getirebilmektedir.

e. Jeotermal Enerji Üretimi, Sıcak kuru kaya jeotermal gücü, spesifik bir jeotermal enerji türüdür (Şekil 2.2).

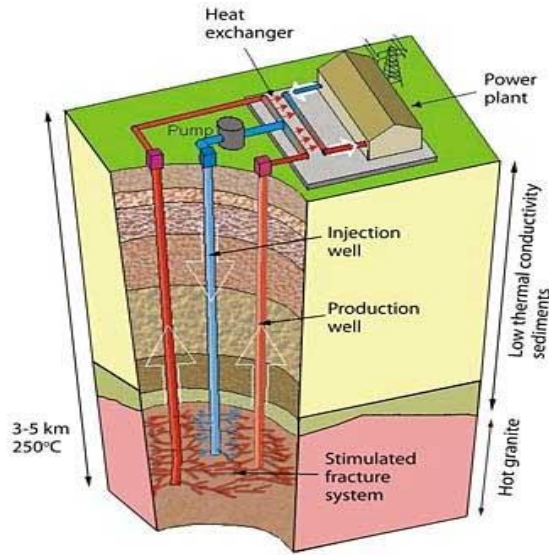
Jeotermal enerji üretimi, dünya tarafından doğal olarak üretilen ısıyı yakalamaya ve onu daha kullanışlı bir enerji şekline dönüştürmeye bağlıdır 2.Sıcak kaya jeotermal enerji üretimi durumunda, daha faydalı bir enerji formu buhardır. İhtiyaç duyulan buharın üretilmesine yaklaşmak için, aşağıdaki sıcak kayalara erişim sağlamak için toprağa delikler açılır.

Su daha sonra bu deliklere beslenir ve sıcak kayalarla doğrudan temas eder. Su ve sıcak kayalar arasındaki temas yüksek basınçlı buhar üretir.

Bu buhar, bugüne kadar bilinen en temiz enerji üretim biçimlerinden biri olarak bir buhar türbininde kullanılacak yüzeye geri gönderilir.

Yerkabuğunun derinliklerinde bulunan ısınnın toplanması için, yüksek basınçlı soğuk su birkaç kilometreye (genellikle 3 ila 7 kilometre arasında) sıcak, gözenekli bir kayaya pompalanır.

Önemli ölçüde büyük bir termal rezervuar oluşturmak için yeterli su pompalandıktan sonra, buhar veya sıcak su yüzeye geri döner ve doğrudan ya da dolaylı olarak kullanılır. Buhar, enerji santraline girdiğinde, elektrik üretim döngüsünün geri kalanı kömür veya nükleer enerji santralinde bulunabilecek olana çok benzer; buhar bir türbin türünden geçiyor, tekrar sıvı suya yoğunlaştırılıyor ve döngünün içine geri pompalanır (bu durumda, bu yeraltına geri pompalandığı anlamına gelir).

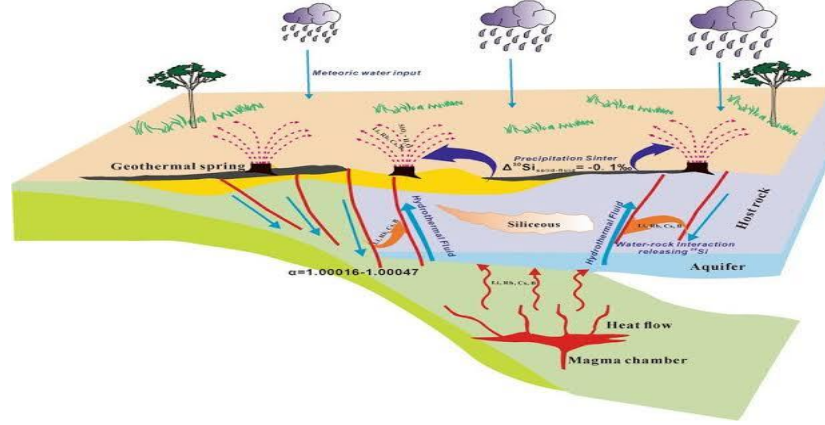


**Şekil 2.2.** HDR "sıcak kuru kayalar" teknolojisi

Türbinler, evlere veya işyerlerine gönderilen gerçek elektriği üreten jeneratörlere bağlı milleri döndürür.

f. Hidrotermal sirkülasyonu, Diğerlerine göre daha hızlı ısı taşıyan sular, geçirgen kayalardan yani çatlama veya kırılmış kayalardan geçen sulardır (Şekil 2.3). Suyun sirkülasyonu, ısıtılıp sonra yukarı hareket etmek için soğuk dolaşım suyu kayalık bir sızıntıya yaklaşır.

Bu nedenle termal suların yeryüzüne doğal sıcak su memba olarak ortaya çıkar yada onlara ulaşabilmek için kuyu açmak icap etmektedir.



**Şekil 2.3.** kavramsal jeotermal sistem modeli ve hidrotermal sirkülasyon

### 2.1.5. Jeotermal Sistemleri

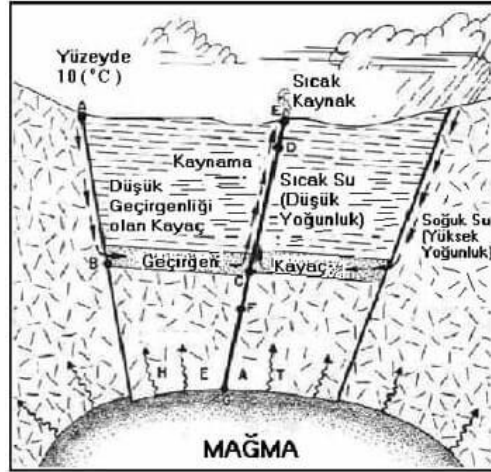
Jeotermal sistemlerin altında yatan mekanizma, büyük ölçüde sıvı taşınımı ile yönetilir. Konveksiyon, bir yerçekimi alanında akışkanların ısıtılması ve sonuçta ortaya çıkan termal genişleme nedeniyle oluşur. Dolaşım sisteminin tabanında sağlanan ısı, sistemi harekete geçiren enerjidir. Düşük yoğunluklu ısıtılmış sıvı yükselin ve sistemin kenarlarından gelen, daha yüksek yoğunluklu daha soğuk bir sıvı ile değiştirilir. Bu halkada sıcak ve soğuk suyun yoğunlukları arasındaki fark nedeniyle gerçekleşir.

Az önce tarif ettiğimiz fenomen oldukça basit görünebilir, ancak gerçek bir jeotermal sistemin iyi bir modelinin yeniden yapılandırılması hiçbir şekilde kolay değildir. Özellikle yüksek sıcaklık sistemleriyle uğraşırken birçok disiplinde beceri ve engin bir deneyim gerektirir ( Şekil 2.4). Jeotermal sistemler, doğada ayrıca çeşitli jeolojik, fiziksel ve kimyasal özellik kombinasyonlarında da meydana gelir, bu sayede birkaç farklı tipte sistem ortaya çıkar.

Jeotermal sistemler rezervuar akışkanının dolaşımını ve ısı transfer mekanizmasını dikkate alarak iki çeşite ayrılmaktadır.

- Dinamik sistemlerde, rezervuar sürekli ısıtılan ve daha sonra rezervuardan yüzeye veya yeraltı geçirgen oluşumlara boşaltılan su ile doldurulur. Isı, sıvının taşınımı ve dolaşımı yoluyla sistemden aktarılır. Bu kategori yüksek sıcaklık ( $> 150^{\circ}\text{C}$ ) ve düşük sıcaklık ( $<150^{\circ}\text{C}$ ) sistemleri içerir.

- Statik sistemlerde (durgunluk veya depolama sistemleri olarak da bilinir) rezervuarda sadece çok az miktarda şarj olur veya hiç şarj olmaz ve ısı sadece iletimle iletilir. Bu kategori düşük sıcaklık ve coğrafi basınçlı sistemleri içerir.



Şekil 2.4. Gerçek bir jeotermal sisteminin şeması

## 2.2. Jeotermal Enerji Uygulamaları

Jeotermal Enerji, yer altındaki sıcak kayaların ve yer altındaki akışkanların ısısının zayıf tabakaları yeryüzüne çıkmasıyla ortaya çıkan bir enerjidir. Ayrıca jeotermal enerji o jeotermal kaynaklardan ve onların oluşturduğu jeotermal enerjiden dolaysız veya dolaylı taraflardan kullanmayı ve yararlanmayı dahil etmektedir. Jeotermal enerji yenilenebilir, devam ettirebilir, bitmeyen, ucuz, yeni, güvenilir, çevreye zararı olmayan, insanlar ve doğa dostu bir enerji kaynağıdır.

Akışkan sıcaklığına, basınca ve Kimyasına bağlı olarak üç ana jeotermal enerji santrali kategorisi vardır.

a) Kuru buhar ve tek veya çift flaş sistemli yoğuşmalı enerji santralleri.

b) Atmosfere salınan geri basınçlı türbinler.

c) Düşük sıcaklıkta su veya ayrılmış tuzlu su kullanan ikili tesisler.

Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı iyi belgelenmiştir; insanlar binlerce yıldır yemek pişirme ve tedavi amaçlı sıcak su kaynakları kullanıyorlar. Bugün, düşük ile orta dereceli (20-150 ° C) jeotermal rezervuarlar, doğrudan kullanımlar için nispeten ucuz ve kirlilik içermeyen bir enerji kaynağı sağlar. Diğer taraftan yüksek sıcaklık jeotermal kaynakları elektrik üretimi için en önemlidir (150 dereceden daha yüksek sıcaklıklar).

Jeotermal kaynaklar ile;

1. Isıtma/soğutma uygulamaları, merkezi soğutma, merkezi ısıtma, sera ısıtması kar eritme vb.
2. Maden suyu ve benzeri ( Mineraller içeren içme suyu ) temini.
3. Sağlık ve termal turizm'de değerlendirilme.
4. Karbondioksit, çeşitli tuzlar, lityum, ağır su, gübre, borik asid ve hidrojen gibi mineral ve kimyasal maddelerin elde etmesi.
5. Endüstriyel yararlanma, proses ısısı temini, buharlaşma ve kurutma işlemlerinde kullanımları.
6. Elektrik enerjisi üretim ve temini .

Ve benzeri uygulamalar ve alanlarda kullanımları gerçekleştirilmektedir.



### **2.2.1. Hidrojeotermal elektrik üretimi**

Bir jeotermal haznede delinen kuyular, 3 km'ye kadar derinlikte sıcak buhar ve su üretir, elektrik haline dönüşmek için bir santrale taşınır, jeotermal enerjinin taşıyıcıları sıcak su ve buhardır.

Jeotermal enerji kaynağının özelliklerine ve Kaynak sıcaklığına bağlı olarak, elektriğin üretimi geleneksel buhar türbinlerinde ya da ikili tesislerde gerçekleşir. Konvansiyonel buhar türbinleri buhar türbinleri, en az 150 ° C sıcaklıktaki sıvıları gerektirir ve atmosfere (arka basınç) veya yoğunlaşan egzozlara sahiptir. Atmosferik egzoz türbinleri daha zahmetsiz ve pahalı değildir. Kuru buhar kuyularından direkt olarak buhar, ya ıslak kuyulardan terkettikten sonra (buhardan suyun) bir türbin içinden geçirilir ve atmosfere atılır. Bu tür bir üniteyle, üretilen kilovat-saat (kWh) başına buhar tüketimi, bir yoğunlaştırma ünitesinininkinden neredeyse iki kat daha fazladır.

Yedek ekipmanı daha fazla olan yoğunlaştırma üniteleri atmosferik egzoz ünitelerinden daha karmaşıktır. ayrıca daha büyük boyutlar kurmak ve monte etmek için ekstra zaman harcamamız gerekebilir. 55 ila 60 MegaWatte'lik yoğunlaşma tesisleri çok yaygın ancak 110 MegaWatte kapasiteli tesisler de kuruldu.

### **2.2.2. Doğrudan kullanım**

Jeotermal kaynaklardan gelen sıcak su kullanan uygulamalar arasında yerden ısıtma, mahsul ve kereste kurutma, yiyecek hazırlama, balık yetiştiriciliği, endüstriyel işlemler, vb. Sayılabilir. Doğrudan kullanımlar veya ikili enerji santralleri için düşük ile orta sıcaklıktaki jeotermal kaynaklar kullanılmaktadır.

Jeotermal enerjinin en eski ve belki de en iyi bilinen doğrudan uygulaması, Roma döneminde kullanılan hamamlar ve kaplıcalardır. Diğer daha koordine edilmiş ve ticari kullanımlar, dünyanın en büyük jeotermal bölge ısıtma sistemi olan İzlanda'da bulunan bölgeler ısıtma sistemleri, Macaristan ve Çin'deki turizm merkezleri termal banyoları; Jeotermal olarak ısıtılan balık çiftlikleri ve Yunanistan ve ABD'de gıda işleme ve dehidratasyon.

Direkt olarak veya enerji verimliliği programlarıyla evleri ısıtmak için toprak kaynaklı (jeotermal) ısı pompalarından yararlanma imkânı, bireysel veya endüstriyel kullanım için yaygın olanaklara sahiptir.

Bütün "doğrudan kullanım" tatbikatları, 100-3,000 m derin kuyu kuyularından üretilen, 150 santigrattan daha düşük sıcaklıktaki düşük sudan üretilen jeotermal enerjiyi kullanmaktadır. Bu günlerde, takriben 73 ülke jeotermal enerjiyi hemen (doğrudan) kullanıyor ve yılda 75.9 TWh'lık toplam enerji çıkışı ile. Jeotermal ısı kullanan ulusların sayısı devamlı olarak artıyor.

Yaklaşık 70 ülke, 2004 yılında toplam 270 PJ jeotermal ısıtma sistemini hemen (doğrudan) kullanmıştır. Bu enerjinin yarısından çoğu alan ısıtması için, ısıtılmış havuzlar için ise üçte biri kullanılmaktadır. Geri kalanlar endüstriyel ve tarımsal uygulamaları destekledi. Küresel olarak kurulu olan kapasite 28 GW idi, ancak kapasite faktörleri kışın çoğunlukla ısıya ihtiyaç duyduğu için düşüktür (ortalama% 30).

Yukarıdaki rakamlar, toplamda 15 GW'lık bir kapasiteye sahip 1.3 milyon jeotermal ısı pompası tarafından çıkarılan 88 PJ'lik alan ısıtma sisteminin hakimiyeti altındadır.

Doğrudan ısıtma, elektrik üretiminden çok daha verimlidir ve ısı kaynağına daha az talep edici sıcaklık gereksinimleri getirir. Isı, jeotermal bir elektrik tesisleri, sığ zeminde gömülü küçük kuyulardan veya ısı eşanjörlerinden ortak üretim yoluyla gelebilir. Sonuç olarak, jeotermal ısıtma, jeotermal elektrikten daha geniş bir coğrafi alanda ekonomiktir. Doğal kaplıcalar mevcut olduğunda, ısıtılmış su doğrudan doğruya radyatörlere bağlanabilir. Zemin sıcaksa lakin kuru ise, toprak boruları veya kuyu altı ısı eşanjörleri ısı biriktirebilir.

Ancak zeminin oda sıcaklığından daha soğuk olduğu bölgelerde bile, geleneksel fırınlarla üretilebileceğinden daha maliyetli ve temiz bir jeotermal ısı pompasıyla ısı toplanabilir (Lund, 2006). Bu cihazlar geleneksel jeotermal tekniklerden daha sığ ve daha soğuk kaynaklara sahiptir ve çoğu zaman klima, mevsimlik enerji depolama, güneş enerjisi toplama ve elektrikli ısıtma da gibi çeşitli diğer işlevleri bir araya getirirler.

Aşağıdaki tabloda 1995-2010 yılları arasında jeotermal enerjinin alanlara göre kullanım kapasitesi(megawatt) verilmiştir

<b>Doğrudan kullanım</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>
Alan ısıtma	2579	3263	4366	5394
Sera ısıtma	1085	1246	1404	1544
Su ürünleri için havuz ısıtma	1097	605	616	653
Tarımsal kurutma	67	74	157	125
Endüstriyel kullanımlar	544	474	484	533
Banyo ve yüzme	1085	3957	5401	6700
Soğutma / kar eritme	115	114	371	368
Diğerleri	238	137	86	42
Jeotermal ısı pompaları	1853	5275	15384	33134
Genel Toplam	8664	15145	28269	48493

### **2.2.3. Jeotermal ısı pompaları**

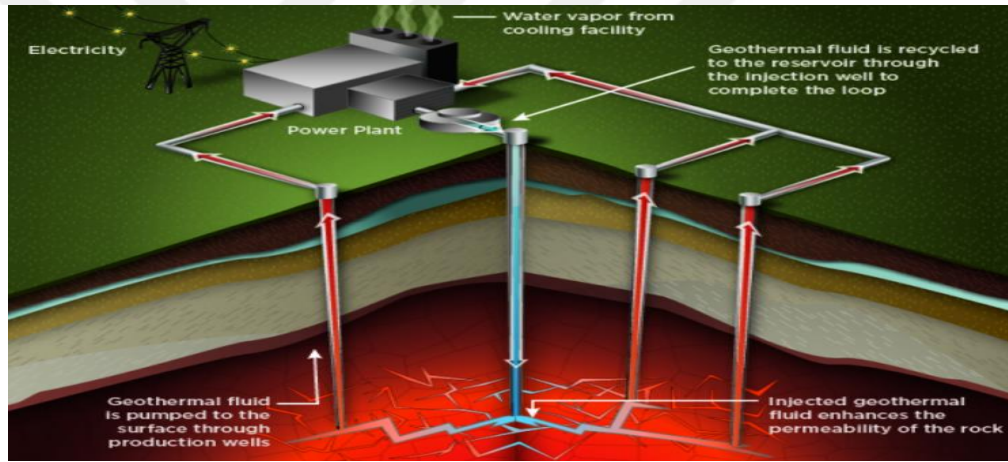
Bazen GeoExchange, toprakla birleştiğinde, toprak kaynaklı veya su kaynaklı ısı pompaları olarak adlandırılan jeotermal ısı pompaları (GHP), 1940'ların sonlarından beri kullanılmaktadır. Dış hava sıcaklığı yerine dünyanın sabit sıcaklığını değişim ortamı olarak kullanırlar.

Ülkenin birçok bölgesinde mevsimsel sıcaklık aşırı uçları yaşansa da ,yazın kavurucu sıcaktan kışın sıfırın altına kadar, yeryüzünün bir kaç metre altında zemin nispeten sabit bir sıcaklıkta kalıyor. Enlemlere bağlı olarak, zemin sıcaklıkları 45 ° F (7 °C) ile 75 ° F (21 °C) arasındadır. Bir mağara gibi, bu zemin sıcaklığı kış aylarında üstündeki havadan daha sıcak, yaz aylarında havadan daha soğuktur.

Jeotermal ısı pompası bundan bir toprak ısı eşanjörü ile toprakla ısı alışverişi yaparak bu avantajdan yararlanır. Isı pompaları, jeotermal enerjiden kullanmanın en hızlı büyüyen aracıdır ve enerji yapıtında yıllık % 30'luk bir büyüme oranı sahiptir. Bu yeni ısı pompalarının en büyük miktar ev ısıtması için inşaa edilir. Şimdiki en verimli ısıtma ve soğutma sistemlerinden biri Jeotermal ısı pompaları, temel olarak dünyanın herhangi bir yerinde ısıtma için kullanılabilir.

#### 2.2.4. Sıcak drock / geliştirilmiş veya mühendisliğı jeotermal sistemler (EGS)

Enjeksiyon kuyuları ve suyla eklenebilecek bir yer altı kırma sistemi oluşturarak ısıyı uzaklaştırır ( Şekil 2.5). Su ısınmak için kayaya temas eder ve üretim kuyularıyla yukarı pompalanır.



Şekil 2.5. Mühendisliğı jeotermal sistemler diyagramı

Enerji daha sonra elektrik santralinde elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu teknolojiyi kullanan bazı projeler endüstriyel ölçekte varken kanıtlanmış kabul edilemez.

### 2.3. Jeotermal Enerji Avantaj ve Dezavantajları

#### 2.3.1. Jeotermal enerjinin avantajları

Jeotermal enerjinin, özellikle geleneksel enerji kaynaklarına kıyasla birçok avantajı vardır. Petrol, kömür yada doğalgaz gibi fosil bir yakıt yakmadan yakalanabilir. İkili tesisler esasen emisyon çıkarmazlar.

Jeotermal ısı pompası sistemleri, ısıtma veya soğutma için geleneksel sistemlere göre% 25 ila% 50 daha az elektrik kullanır ve esnek tasarımlarıyla geleneksel sistemlerin aksine donanım için daha az alan gerektiren farklı durumlara ayarlanabilir. Jeotermal ısı pompası sistemlerinin ömrü nispeten yüksektir.

Jeotermal enerjinin avantajları aşağıdaki gibi sırayabiliriz;

- 1) Yenilenebilir ve tükenmez bir enerji kaynağıdır.
- 2) Jeotermal Enerji Kaynakları ortama pis ve kirli yaratmayan ve güvenli bir enerji yani çevre dostudur.
- 3) Yan ürünlerin boşa harcanması veya üretimi yoktur.
- 4) Jeotermal enerji doğrudan kullanılabilir. Eski zamanlarda, insanlar bu enerji kaynağını evleri ısıtmak, pişirme vb. İçin kullandılar.
- 5) Jeotermal santrallerin bakım masrafları yok sayılacak kadar azdır.
- 6) Jeotermal enerji santralleri çok fazla yer kaplamaz ve doğal çevrenin korunmasına yardımcı olurlar.
- 7) Rüzgar ve güneş enerjisinden farkı açık hava şartlarına bağımlı değildir.
- 8) Jeotermal Sistemlerin Yüksek Verimliliğidir.

### **2.3.2. Jeotermal enerjinin dezavantajları**

Bazı ortama problemleri vardır. Esas endişe, kötü kokan hidrojen sülfürün gazı atmosfere atılmasıdır. ikinci endişe, az olsa bile zehirli bir kaç akışkanın nüfuz edilmesidir.

Jeotermal sistemlerin tasarımı ve montajı bir profesyonelin hizmetini gerektirir. Bunu bir dezavantaj olarak sayılır.

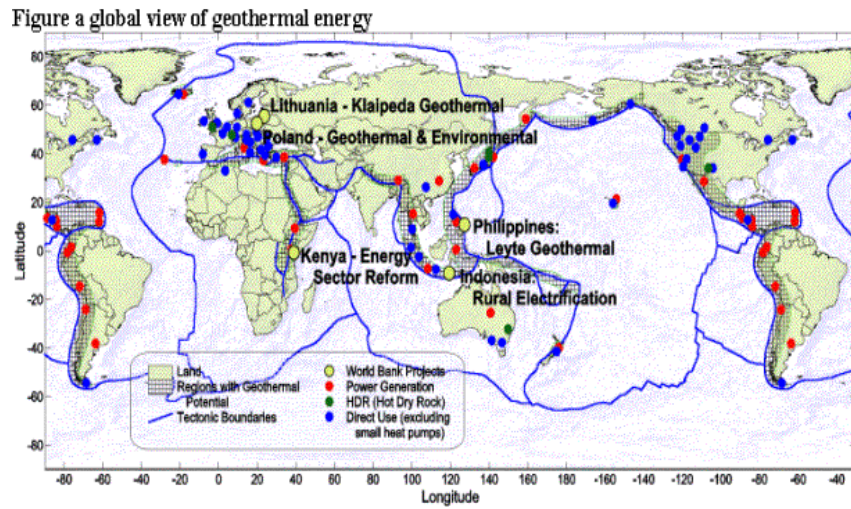
Jeotermal enerjinin dezavantajları aşağıdaki gibi sırayabiliriz;

- 1) Sadece bilerli bir yer jeotermal enerji potansiyeline sahiptir.
- 2) Jeotermal alanlarının çoğu tüketilecek pazarlardan veya şehirlerden uzaktır.
- 3) Jeotermal kaynağın bütün üretim potansiyeli çok düşüktür.
- 4) Buhar tesisinin kurulum masrafları çok yüksektir.
- 5) Yanardağ patlaması tehlikesi vardır.
- 6) Üretilen enerjinin sermaye masrafları ve işletme maliyetlerini haklı çıkarmayacağına dair bir garanti yoktur.
- 7) Kuruluş esnasında delinen deliklerden kaçabilecek bazı zehirli gazları ve bazı zararlı dışarıya serbest çıkabilir.

## 2.4. Türkiye’de ve Dünyada Jeotermal Enerji

### 2.4.1. Dünyadaki Jeotermal Enerjisi :

Jeotermal enerji genellikle derin yeraltında kalır, ancak bazen sıcak su kaynakları ve gayzerler veya volkanlar ve fumaroller (volkanik gazlar salıverildiğinde oluşturulan delikler), özellikle de ana levha sınırları boyunca yer alan yüksek sıcaklıktaki jeotermal alanlarda yüzeye ulaşır.

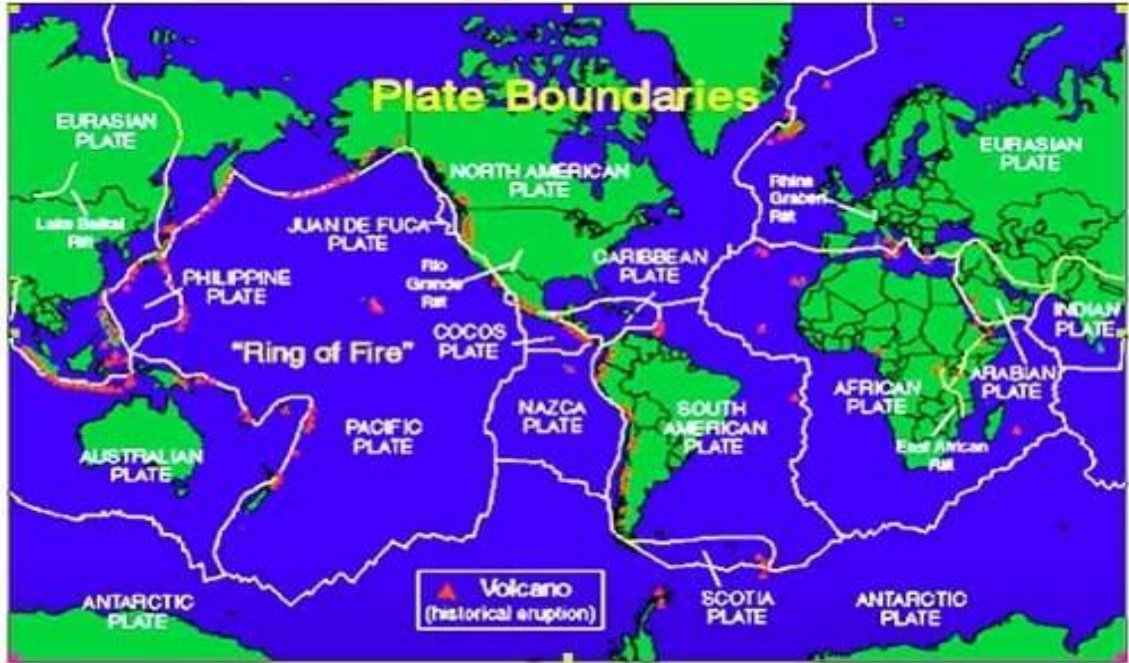


Şekil 2.6. Dünyadaki jeotermal enerji

Yararlanabilen önemli bir jeotermal enerji kaynağı, yeraltı suyunun fay hatları boyunca sıkışıp kaldığı, yeraltı ve gözenekli kayaların kırıldığı yerin çekirdeğinden itilen magma tarafından ısıtıldığı yeraltı rezervleridir. Dünyadaki jeotermal enerji Şekil 2.6'de gösterilmektedir.

Dünyadaki en büyük jeotermal enerji santralleri, Gayri Sular altında, Amerika Birleşik Devletleri Kaliforniya'da bulunan İspanya'nın Gayez Enerji Sörfü'nde 2004 yılı itibariyle beş ülke ((Kosta Rika, Filipinler, İzlanda, El Salvador, ve Kenya)) kendi alanlarının% 15'inden fazlasını üretmektedir ( Şekil 2.7). Jeotermal kaynaklardan elektrik (WEA, 2004). Jeotermal kaynaklar sıcaklığı 30-350 o C aralarında değişir ve kuru buhar, iki fazlı (buharın ve suyun bir karışımı) veya sadece sıvı su olabilir.

Jeotermal ısıyı yeryüzünden elde etmek için su, transfer ortamıdır. Doğal olarak oluşan yeraltı suyu çoğu yerde bu görev için kullanılabilir, yalnız son dönemlerde sıcak kuru kaya kaynaklarından enerjiyi çıkarmak için teknolojiler geliştirilmektedir. Kaynağın sıcaklığı, ısının giderilmesi için gereken teknolojilerin türünü ve koyduğu kullanımları belirler.



Şekil 2.7. Dünyadaki önemli jeotermal jenerasyonları

Merkezi ısıtma sistemlerini kullanan jeotermal enerji kullanım alanlarından birçok jeotermal enerji örneği vardır.

Örneğin: ABD, Boise, Idaho, 1890'dan beri, İzlanda'nın Başkenti Reykjavik, 1934'den beri ve ayrıca Paris'in Fransız Banliyölerinde, 85.000 ev jeotermal merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılıyor.

En eski endüstriyel sömürü, 19. yüzyılda İtalya'nın Larderello kentinde borik asidi volkanik çamurdan çıkarmak için gayzer buharının kullanılmasıyla başlamıştır. 20. yüzyılda, elektriğe olan talep jeotermal enerjinin üretken bir kaynak olarak görülmesine neden olmuştur.

1904 yılında, jeotermal asit ekstraksiyonunun başladığı Larderello kuru buhar alanında elektrik üretmeye başlamıştır.

Larderello'daki Cerro Prieto, dünyanın ilk ticari jeotermal santralidir. Yeni Zelanda, bir fabrika kurduğu 1958 yılına kadar dünyanın tek endüstriyel jeotermal elektrik üreticisi oldu. Bu iki tesis bugüne kadar faaliyete geçti.

#### **2.4.2. Türkiye'de jeotermal enerji**

Türkiye'de ekonomik eksikliklere sebep olan ve gittikçe artan enerji ithalinin azaltılması yönündeki düşünceler her geçen gün artmaktadır. Enerji ve çevre problemlere sürdürülebilirlik ilkesi ile yaklaşılması açısından, yenilenebilir enerji kaynakları, yeni bir sekmele ulusal enterkonnekte sisteme dahil edilmesi gerekmektedir. Çevreyi kirletmeden gerçekleştirebilmek ise Sürdürülebilir kalkınmanın esasıdır.

1982'den bu yana hızlanan jeotermal enerji çalışmaları sonucunda termal turizm ve balneolojik uygulamalar ile ısıtma uygulamalarına uygun birçok jeotermal alan tespit edilmiştir. Türkiye'deki jeotermal enerjisi Şekil 2.8'de gösterilmektedir.

1983 verilerine göre 1990'lı yıllarda 7.3 Mwt'luk elektrik kullanım kapasitesi 246 Mwt'a eritildi.

Ayrıca Türkiye'de görünen jeotermal elektrik üretim potansiyelinin 350 MWe edeğer, termal değerin 2000 Mwt olduğu tahmin edilmektedir.



2018'deki toplam jeotermal enerji çıktısının 639 petajoule olarak tahmin edildiği ve bunun yaklaşık yarısı elektrik şeklindedir (89.3 terawatt saat). Elektrik üretimi ve alan ısıtma ve endüstriyel ısı girişi de dahil olmak üzere çeşitli termal uygulamalar için kullanıldığındadır.



Şekil 2.8. Türkiye'deki jeotermal enerjisi

2018 yılında birçok jeotermal projesini tamamlayan Türkiye, 21.Yüzyıl Yenilenebilir Enerji Politikaları Ağı (REN21) tarafından yayınlanan bir rapora göre, yıl boyunca dünyada yeni jeotermal kapasitenin devreye alınmasına öncülük etti. Türkiye'nin geçen yıl jeotermal kapasitesini yüzde 21 artırmayı başardığını belirtti.

Türkiye, 2018'de 219 megawatt (MW) yeni jeotermal kapasite ekleyerek, Türkiye'nin Elektrik İletim Şirketi'nden (TEİAŞ) elde edilen verilere göre, toplam kapasitesini 1.3 gigawatt (GW) seviyesine yükseltti.

Genel olarak, tahminen 0,5 GW yeni jeotermal enerji üretme kapasitesi geçtiğimiz yıl çevrimiçi oldu ve küresel toplamı 13,3 GW'a çıkardı.

2000 yılı itibariyle Türkiye'de yaklaşık 210.000 jeotermal mesken ısıtmasının imkanı ve projesi uygulanmıştır. Şuanda 51.600 mesken edeğeri ısıtma yapılmaktadır. Türkiye'deki merkezi ısıtma imkanı jeotermal olarak mevcut olan birimleri bu şekilde sıralanabilir, Balıkesir, İzmir, Çeme, Narlıdere, Kırşehir, İncirliova, Gözlek, Aydın, Erci, Gönen, İkizdere, Salavatlı, Pamukçu eferihisar, Söke.....



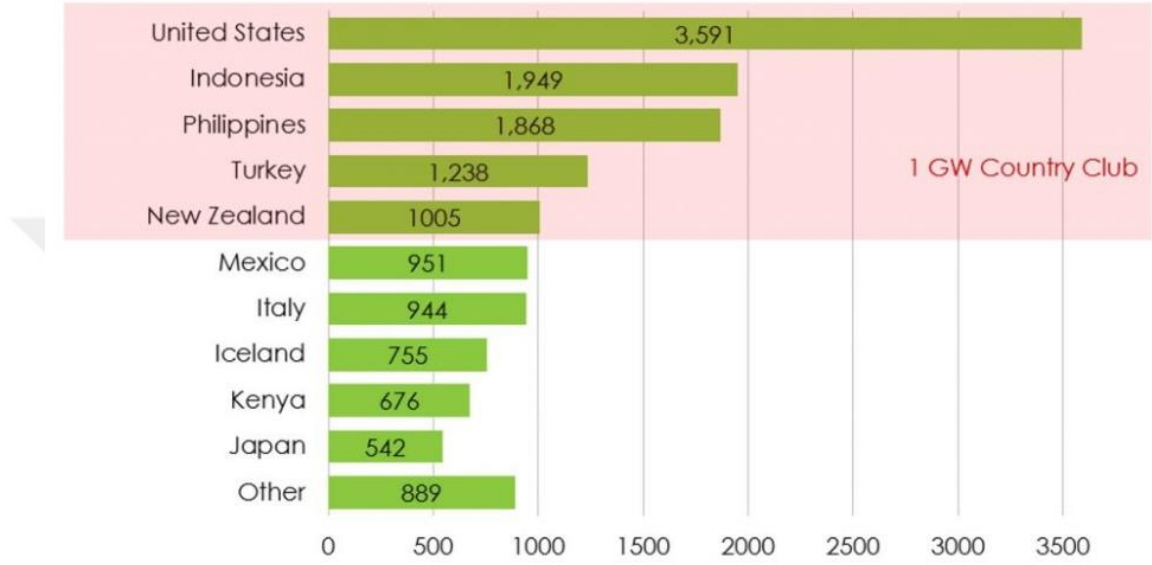
Şekil. 2.9. Türkiye’de nanotektoniği-volkanik etkinliği ve jeotermal alanlar

Türkiye’nin 2017’de 40 jeotermal sahası oldu ve Eylül 2019 itibariyle 43 birime yükseldi. Türkiye’de nanotektoniği-volkanik etkinliği ve jeotermal alanları Şekil 2.9’de gösterilmektedir. Türkiye’nin ana jeotermal buhar kaynakları, iç Ege bölgesinde, İzmir’den Uşak’a, iç kısımda Balıkesir’in kuzey Ege bölgesini, ayrıca kuzey Orta Anadolu’da başkent Ankara çevresindeki diğer bölgeleri ve doğuda daha küçük rezervleri bulunmaktadır.

Türkiye ve Endonezya yeni tesislerde lider kaldı ve kurulan yeni kapasitenin yaklaşık üçte ikisini oluşturdu. Yıl sonunda jeotermal enerji üretim kapasitesinin en fazla olduğu ülkeler ABD, Endonezya, Filipinler, Türkiye, Yeni Zelanda, Meksika, İtalya, İzlanda, Kenya ve Japonya’dır ( Şekil 2.10).

TÜBİTAK tarafından müstakbel jeotermal potansiyelin tatbikatının getirebileceği ekonomik faydasını 9 milyar \$/yıl olarak zaman aşımı ile kazanılmıştır .

Türkiye’de jeotermal enerji üstünde devlet destekli yatırımlar yapılması mecburiyetindedir. Jeotermal enerji ile ilişkili doğru politikalarla kullanımı baya artacaktır.



Şekil 2.4.2.2. jeotermal enerjinin ilk 10 ülke kullanımında

## 2.5. Jeotermal Enerjinin Ekonomik Katkıları ve Çevresel Etkileri

Jeotermal gelişimin ve elektrik üretiminin çevresel etkileri, arama ve tesis yapımı, gürültü ve manzara kirliliği, su ve gazların deşarjı, kötü kokuların oluşumu ve toprak çöküşü ile ilişkili arazi kullanımındaki değişiklikleri içerir. Jeotermal enerji ve çevre jeotermal çevreye ufak zarar verir ise bile yine de yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Son milyarca yılda ısı germektedir ve bir sonraki yıllarda yayınlaması sürdürmeye devam edecektir. Senelerce, yeryüzündeki çekirdeğin devamlı ışınetkin bozunmasına bağlı olarak.

Toprak çekirdeğinden çıkan buhar ve sıcak su çoğunlukla hidrojeni çürümüş yumurta pis kokan sülfür. Bundan başka zararlı birçok kimyasallar ve gazlar jeotermal kuyulardan çıkabilir. Bunlardan rağmen jeotermal santraller petrolle ve kömürle ateşlenenlerle karşılaştırıldığında sülfür bileşiklerinin sadece% 3'ünü vermektedir.

Bununla birlikte, bu etkilerin çoğu, günümüzdeki teknolojiyle azaltılabilir böylece jeotermal kullanımların çevre üzerinde minimum bir etkiye sahip olmaması sağlanır. Örneğin sıvı suni gübreye dönüştürür yada bazı jeotermal enerji santrallerinde olduğu gibi gazları jeotermal kuyulara geri sokma kapasitene sahiptir.

Jeotermal kuyuların büyük kısmı ısıyı ortama atmaktadır, fakat su kalaysı sokarak jeotermal bitkileri sıcaklığı azaltmayı yardımcı olur ve bu yeniden geri sokmak işlemi mikroearthquakes'e neden olabilir.

Jeotermal enerjinin faydalarını diğer enerji kaynaklarıyla karşılaştırarak temel yükünün günde 24 saat haftada 7 gün güneş ve rüzgârın sadece üçte birinin mevcut olmasıdır. Ek olarak, jeotermal enerjinin maliyeti kilovat saat başına 5 ila 10 kuruş arasında değişmekte olup, kömür gibi diğer enerji kaynakları ile rekabet edebilmektedir. Fakat Jeotermal enerji ekonomiye ters, tesislerin ve altyapıların inşasında yüksek ilk yatırım maliyetinin ve kaynakların kanıtlanması riskinin yüksek olmasıdır.

Düşük geçirgenliğe sahip kayaçlardaki jeotermal kaynaklar sıklıkla bulunur ve araştırma faaliyetleri genellikle “kuru” delikler açar bu da ekonomik olarak işletilemeyecek kadar düşük miktarlarda buhar üreten delikler. Ancak, kaynak kanıtlandığında yıllık maliyet yakıt (sıcak su ve buhar) düşüktür ve fiyat olarak yükselme eğiliminde değildir.

jeotermal enerji santralleri diğer fosil yakıtlı santrallerle kıyaslandığı zaman elektrik üretmek için yakıt ihtiyacı olmamaktadır ve 1-% 4 karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) yayarlamaktadır. İkili sistemlerde jeotermal tesisler çok büyük miktarlarda tatlı suya ihtiyaç duymazlar. Ancak buharlaşmayan veya ortada bırakılmayan bir ısıtma maddesi olarak bir miktarda suya ihtiyaç olur. Suyun ikili sistem içine çeken zararlı maddelerle (bor, florür, arsenik, vb.) Buharlaşır. Geri dönüşüm ve bu maddelerin atmosfere toksik olmayan buhar olarak bırakılması. Bununla birlikte, toksik-21Sıvı yeraltı su sistemlerine sızır, içme suyunu ve sucul ortamı kirletebilir.

## 2.6. Isı Pompalarının Tanıtımı

Isı pompası basit tanımı, elektrik enerjisini kullanarak ısıyı soğuk alandan sıcak alana taşıma işlemini gerçekleştiren makinedir. Soğutma ve ısı pompası makineleri tıpkı termodinamik çevrime göre çalışmaktadır. Yani kullanım hedefi birbirinden ayıran tek farktır. Termodinamik bakımından ve çalışma prensiplerinden aralarında hiçbir farka raslanmamaktadır.

Avrupa’da ilk büyük ısı pompası 1938 yılında ve 17 güç ile inşaa edilmiştir. Daha sonra Amerika, İsviçre ve Japonya gibi ülkelerde sunulmuştur. Türkiye’de son yıllarda ısı pompası uygulamaları çoğaltmaktadır.

## 2.7. Isı Pompaların Tasnifi (sınıflandırılması)

Isı pompaları ısı kaynaklarına (enerjiyi çektiği ortama ) göre

- Toprak kaynaklı ısı pompası
- Atık sıvılar yada atık gazlar kaynaklı ısı pompası
- Su kaynaklı ısı pompası
- Güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası
- Hava kaynaklı ısı pompası

kullanım yerine göre

- Evsel ısı pompaları
- Endüstriyel ısı pompaları

olarak sınıflandırılabilir.

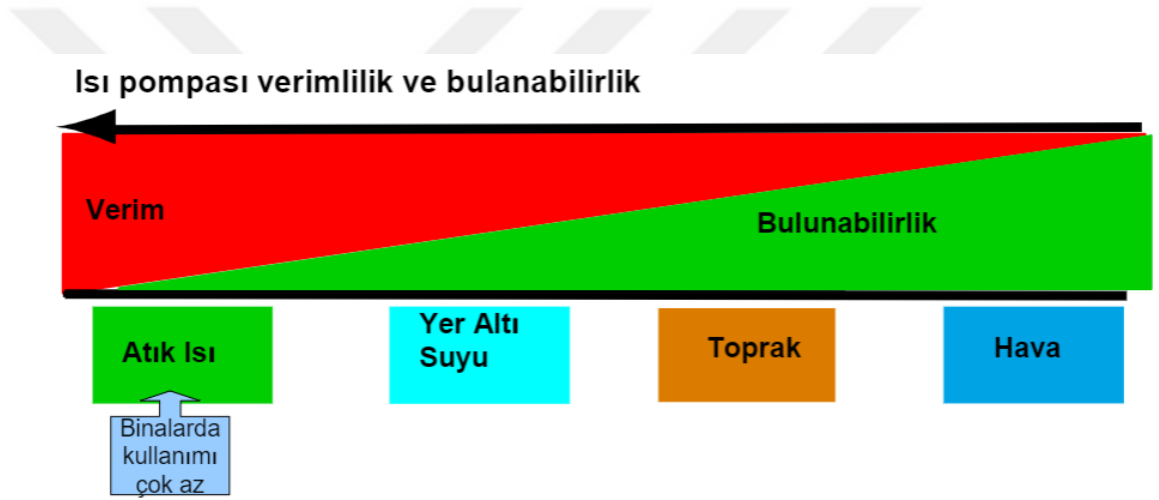
Isının aktarılma yöntemi göre

- Buhar sıkıştırmalı ısı pompası
- Termoelektrik ısı pompası
- Jet buhar püskürtmeli ısı pompası
- Absorbsiyonlu ısı pompası
- Resorbsiyonlu ısı pompası.... vb.

Hava, su ve toprak; yenilenebilir, bitmeyen, sonsuz ve ücretsiz enerji kaynaklarıdır. Hava genel kullanımda zahmetsiz elde edilebildiğinden dolayı pek çok öncelikli kullanılan ısı kaynağıdır. Su havaya göre bir takım avantajları bulunduğu için elde edilebildiği etraflarda ısı kaynağı olarak kullanılabilir. Toprak kaynaklı ısı pompaları ise çok mühim projesi gerçekleştirilmektedir.

ısı pompasının enerji kaynağına göre 2 ayırıcı özellik seçimi vardır; verim ve bulunabilirlik (Şekil 2.11).

kaynağın sıcaklığı ve ısı pompasının verimi doğru orantılıdır. Yani kaynağın sıcaklığı düşerse ısı pompasının verimi de düşer.



Şekil 2.11. Isı pompası için ısı kaynağına göre seçimi

Dış hava sıcaklığına nazaran toprak ve yeraltı suyu sıcaklığı daha yüksektir. Bu yüzden yüksek performans ve verim elde edilmektedir.

Isı kaynağı olarak hava ise en yüksek bulunabilirlik sahibidir yani yere bağlı olarak geniş bir alternatif olabilmektedir.

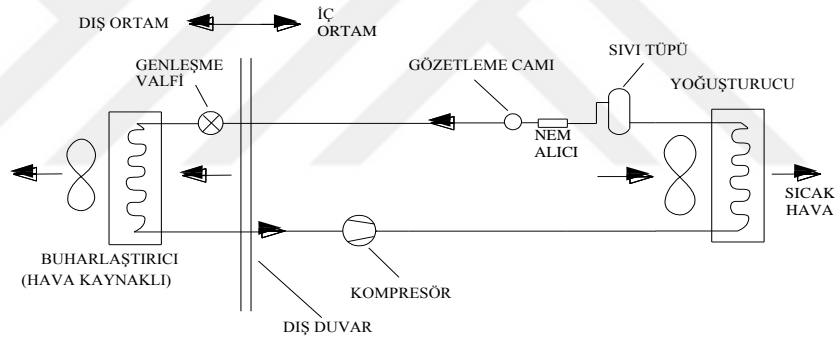
Isı pompaları, çalışmak için elektriğe ihtiyaç duyduklarından çevre üzerinde bir miktar etkiye sahiptir, ancak yerden, havadan veya sudan çıkardıkları ısı, sürekli olarak doğal olarak yenilenir.

### 2.7.1. Hava kaynaklı ısı pompası

Hava, her mekanda bulunabilen, üniversal ve ucuz bir ısı kaynağı olduğu için ülkelerin çoğu yaygın ve kullanılmaktadır. Hava kaynaklı ısı pompalarının faydaları, daha düşük yakıt faturaları, özellikle geleneksel elektrikli ısıtmayı değiştiriliyorsa, düşük ev karbon emisyonunu değiştiriliyorsa, hangi yakıt dağıtımını değiştirilme gerekmediğine bağlı olarak, evi ısıtılabilir, ayrıca gerekli minimum su kaynağını, toprak kaynaklı ısıdan daha kolay bir şekilde kurulabilir. Gaz ve yağ kazanlarının aksine, ısı pompaları çok daha uzun sürelerde düşük sıcaklıklarda ısı verirler.

Havayı kaynak olarak kullanan bir ısı pompası Şekil 2.12’de gösterilmektedir.

Kış boyunca evi verimli bir şekilde ısıtmak için sürekli açık olmaları gerekebilir. Radyatörlerin, bir gaz veya yağ kazanı kullanırken, dokunabilecekleri kadar sıcak hissetmeyeceklerini de fark edilecektir.



Şekil 2.12. Havayı kaynak olarak kullanan bir ısı pompası

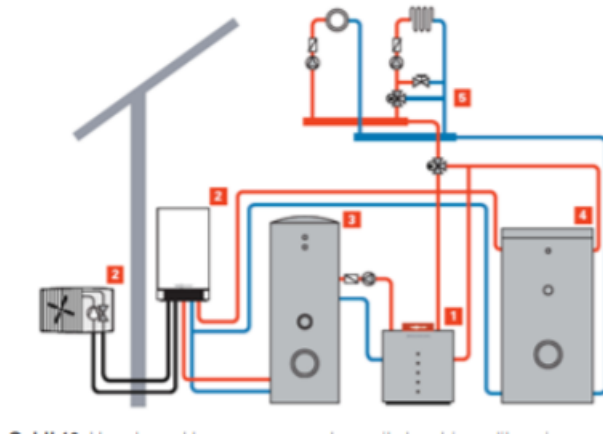
Hava kaynaklı ısı pompalarının diğer taraftan dikkate alınması gereken iki dezavantajı vardır; buzlanma sorunu ve hava sıcaklığının oldukça değişken olması.

Hava sıcaklığının düşük olduğu anlar bizim ısı ihtiyacımızın yüksek olduğu anlardır. Hava sıcaklığının yüksek olduğu zamanlarda ise soğutma ihtiyacımız bulunmaktadır. Bu durumda da, ısı pompasının soğutma ve ısıtma kapasitelerinin olumsuz yönde etkiler. Bu durumda ya ek bir sisteme ihtiyaç duyulur ya da cihaz minimum ve maksimum sıcaklıkları karşılayabilecek cihaz seçilir. Isı kaynağındaki sıcaklığın değişken olması, ekipman seçimini ve projelendirmeyi zorlaştırır.

Isı kaynağından bağımsız olarak ısı pompası sistemlerinin yatırım maliyeti geleneksel ısıtma sistemlerinden çok daha yüksektir. Yalnızca ısıtma amaçlı bir sistem yapılacaksa, eğer dış hava sıcaklığı olan bir mahalda sistem kullanılacaksa, ısı kaybının tamamının sistem yoluyla karşılanmasının talep edilmesi durumunda ilk yatırım maliyeti oldukça artacaktır. Bu yüzden sistem modelini yapılırken en düşük sıcaklığın yılın zamanlarında hissedileceği düşünülerek ve ekonomik kriterlerde göz önünde bulundurularak sistem modelini yapılır.

İyi yalıtılmış bir özelliğe sahip hava kaynaklı ısı pompaları, tüm ısıtma ihtiyaçlarını kendi başlarına sağlayabilir. Bununla birlikte, ısı pompalarının kendi başlarına tamamen etkili olması için yeterince yüksek bir standarda yalıtılmasının mümkün olmadığı daha eski özelliklerde, genellikle geleneksel bir gaz veya yakıtla çalışan kazan olan ısı pompasının yanında başka bir ısıtma sistemine sahip olabilirsiniz.

Bu kurulum bivanet ısı pompası veya iki değerli bir sistem olarak adlandırılır (Şekil 2.13). Bu sistemler sayesinde, çoğu zaman ısı pompası tüm ısıtma ihtiyaçlarınızı karşılayacak ve gaz veya yağ kazanı kapatılacaktır. Ancak, ısı pompasının, dış hava sıcaklıklarının çok düşük olması ve ısıtma talebinizin yüksek olması gibi, kendi başına yeterli ısı sağlayamadığı durumlarda, fosil yakıtlı kazan açılır.



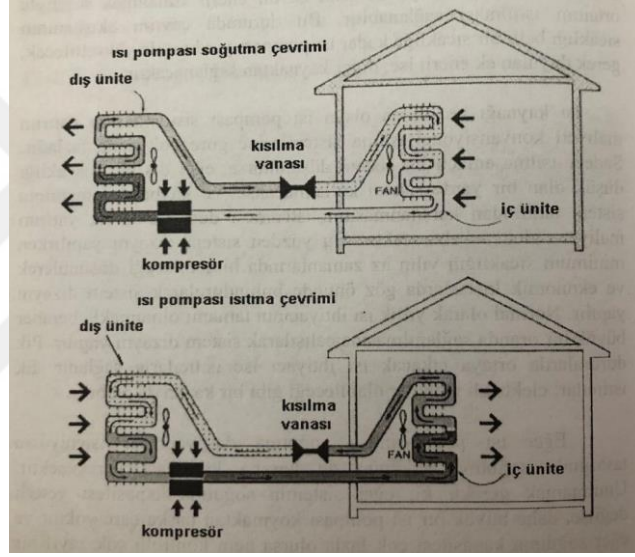
**Şekil 2.13.** Bivanet 'hava kaynaklı ısı pompası ve kazan' iki değerli sistem



Sistem, kazanın tüm ısınızı vermesini sağlayacak şekilde ısı pompası daha sonra kapanacak şekilde ayarlanabilir veya her iki sistemin de aynı anda çalışması için ayarlanabilir. Bu, kendi sisteminizin tasarımına ve hangi kurulumun sizin için daha uygun maliyetli olacağına bağlı olacaktır.

Eğer ısı pompandan soğutma da yapması ihtiyac duyulursa dizayında soğutma yükünün de hesaba eklenmesi lazım olacaktır. Eğer sistemin soğutma gücü yeterli olmayacak ise, daha büyük bir ısı pompası kullanmak gerekecektir.

Yine de ısı pompasından hem ısıtma hem de soğutma sağlanması isteniyorsa soğutma ve ısıtma kapasite lazımsınımları arasında bir balans temin edilmelidir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Basit hava kaynaklı ısı pompası

Isı pompası verimi, kondenser ve evaporatör arasındaki sıcaklık farkının yükselmesine bağlı olarak azalacaktır. Bu da büyük bir dezavantajdır. Ayrıca kışın soğuk günlerinde ısıtılacak yerin ısı ihtiyacı yükselirken ısı pompasının ısıtma tesir katsayısı düşecektir. Bu kapasite düşmesi gerçekleşir çünkü, emme basıncı düştüğünde, soğutucu akışkan buharının yoğunluğu azalır.

Soğutucu akışkanın  $m^3$  başına kütlesinin (yoğunluğunun) azalması yüzünden, kompresör sisteme daha az soğutucu akışkan pompalar. Bundan dolayı, sistemde daha az soğutucu akışkan dolaştırılır ve ısı pompasının kapasiteni azalacaktır.

Hava kaynaklı ısı pompasında dış hava fanla, ısı geçişi alanını arttırmak için kanatlarla kaplı olan buharlaştırıcı boruları üzerine üflenir ve borular içindeki soğutucu akışkanla hava arasında 5-10 °C'lik sıcaklık fark oluşturulur. Ancak bu fanın açık alanlarda çıkardığı ses seviyesi ev ısıtmasında dikkate alınması gerekir.

Hava kaynaklı ısı pompası kullanılmasının en büyük sıkıntısı, ısı ihtiyacının en çok olduğu kış aylarında sıcaklığın iyice düşmesi çevrim verimini olumsuz yönde etkiler.

Bundan başka hava içindeki su buharı, buharlaştırıcı üzerinde yoğunlaşır ve düşük hava sıcaklıklarında donar. Bu buz tabakasının buharlaştırıcı üzerinden ortadan yok edilmesi lazımdır. Bunun için defrost işlemi yapılır. Çünkü oluşan buz ve karlanma ısı iletim verimi ve kanatlar arasını doldurması nedeni ile ısı geçişi alanını azaltmasına neden verir. Buzun, buharlaştırıcı yüzeyleri üzerinde uzun süre birikmesine izin edildiği takdirde ısı geçişi engellenir. Bu halde ısı pompasının ısıtma verimi ve kapasitesinin düşmesine sebep olur. Ayrıca suyun buza dönüşmesi (genleşmesi), buharlaştırıcıya zarar verebilir. korozyonu önlemek için endüstriyel alanlarda ve Deniz kıyısında dış ortamın tamamı bakırdan yapılmalıdır.

Havanın ısı kaynağı olarak kullanılmasının bir sıkıntısı daha, buharlaştırıcıda ısı geçişinin düşük olmasıdır. Bu yüzden ısı geçişini arttırmak amacıyla genellikle genişletilmiş yüzeylerden ve fanlardan faydalanılır.

Isı pompasının evin içinde olması durumunda hava bir kanal ile ısı pompasına ulaştırılır ve ısı çekilip tekrar dışarı salınır , veya ısı pompası tamamıyla evin dışına koyulur. -20°C'deki dış hava sıcaklıklarında bile ısıtma yapabilen Yeni hava kaynaklı ısı pompaları vardır. Fakat ısı pompasının kapasitesi sınırlı dolaylı olduğundan tüm ısıtmayı kendini sağlayamayabilir. Evin bodrum katında bulunan hava kaynaklı ısı pompası kazan veya kombinin yerini almıştır.

### **2.7.2. Mesken ısı pompası uygulamaları**

Meskenlerde enerji tüketimi en önemli miktarı ısıtmada gerçekleşir. Daha sonra sıcak su ihtiyacı (mutfak ve banyoda), yemeklerin soğutulması-dondurulması, aydınlatma ve elektrikli cihazlar gelmektedir. Binaların ısıtılmasında hava kaynaklı ısı pompası yada her hangi bir ısı pompası kullanılabilir.

Bir ısı pompası, ısıtma ihtiyacın veya ekonomik şartlar lazımdında ek ısıtıcıların kısa süreli devreye girmesi şeklinde bir kullanım da sağlanmak olmalıdır. Isı pompası, soğutma hedefli sistemlerle birleştirilebilir. Lakin bu durumda ısıtma amaçlı kullanımda kondenserde atılan ısı, evin ısıtılmasında yetersiz kalabilir.

Isı pompaları yalnız yada yardımcı bir sistemle çalıştırılabilir. Isıtma ihtiyacını tek olarak temin edenlere "monovalent ısı pompaları", yardımcı kaynak kullananlara ise "bivalent ısı pompaları" denir.

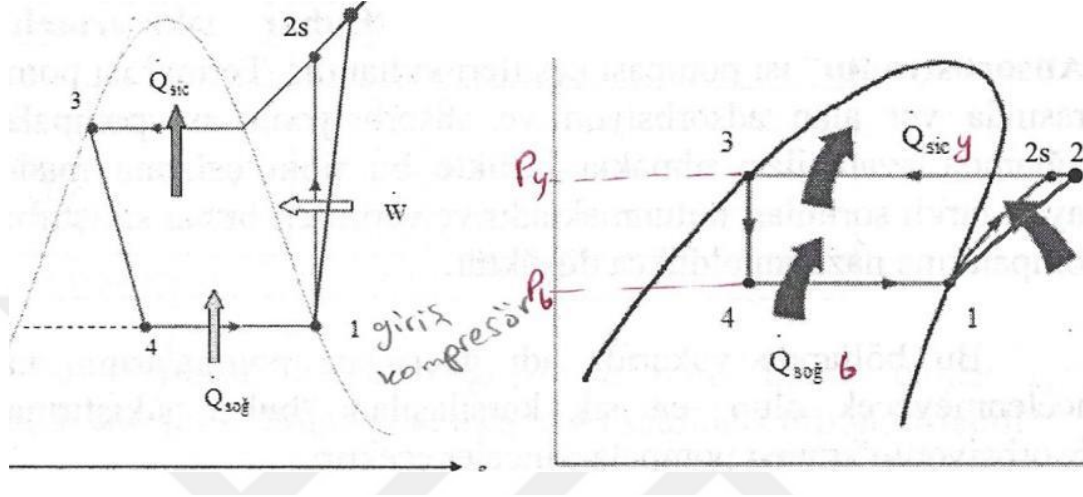
Optimum yalıtımlı binalarda (yeni binalar, düşük enerjili evler, pasif evler), hava / su ısı pompaları, ısıtma mevsimi boyunca tüm ısı kayıplarını çoğunlukla telafi edebilir. Bu gibi durumlarda, fazladan bir ısıtma kaynağına ihtiyaç duyulmadığında, ısı pompası sisteminin tek değerli bir konfigürasyonda olduğu söylenir.

Minimum ısı yalıtımlı eski binalarda, hava / su ısı pompaları, dış sıcaklıklar kış aylarında düşük seviyelere düştüğünde fazladan bir ısıtma kaynağı gerektirir. Sıcaklık donma noktasının oldukça altında olduğunda, örn. -15 °C'de, hava / su ısı pompaları, böyle bir binanın tüm ısıtma ihtiyaçlarını karşılamak için yeterli miktarda ısıtma gücü sağlayamaz. Ortam sıcaklığı düştükçe, hava / su ısı pompası gücü düşer ve binanın ısıtma gereksinimleri aynı anda artar. Bina yalıtımı ne kadar zayıfsa, ısı kayıpları da o kadar yüksek olur. Bu nedenle, kışın en soğuk dönemlerinde ekstra ısıtma için ekstra bir ısıtma kaynağı sağlanmalıdır. Gereken ekstra ısıyı sağlamak için mevcut bir kazan, dairesel elektrikli ısıtıcı veya bir şömine kullanılabilir.

Isı pompasının elektronik kontrolleri, iki değerli sistemin ekstra bir ısıtma kaynağı ile düzenlenmesini sağlar. Belirli bir ortam sıcaklığında, örn. -10 °C'de kontrol mekanizması, binanın istenen oda sıcaklığına ısıtılmasında ısı pompası ile çalışmak için ekstra kaynağı çalıştırır. Diğer bir seçenek ise, iki değerli noktaya (tek başına ısı pompası ile ısıtma artık yeterliyse) erişilemediğinde, ısı pompası olmadan sadece ekstra kaynağın çalışmasına izin vermektir. Sıcaklık iki değerli noktadan üzerine çıktığında, ısı pompası tekrar devreye girecektir. Üçüncü bir alternatif, ekstra bir ısıtma kaynağı olmadan tek değerli çalışmayı elde etmek için aşırı güçlü bir ısı pompası kullanmaktır. Bivalent sistemde ısı pompası, ısıtma yükünün %50-95'ini temin edebilir. Bivalent sistemlere en yaygın örneği ısı pompası-kazanlar yada ısı pompası-güneş toplayıcılar.

## 2.8. Buhar Sıkıştırılmalı Isı Pompası ve Çevrim Hesapları

Buhar sıkıştırılmalı ısı pompası, ana hatları ile evaporatör, kompresör, kondenser, genişleme valfi oluşmaktadır.



Şekil 2.15. Gerçek ve ideal buhar sıkıştırılmalı ısı pompasının basınç-entalpi diyagramı

- Şekil 'deki ideal çevrim kademeleri

1-2s Kompresörde tersinir adiabatik (izentropik) sıkıştırma.

2s-3 Yoğuşturucuda tersinir sabit basınçta ısı terk etme.

3-4 Kısılma vanasında sabit entalpide genişleme.

4-1 Buharlaştırıcıda tersinir sabit basınçta ısı çekilmesi.

kademlerden oluşur ( Şekil 2.15).

- Gerçek çevrim kademeleri ise

1- 2 Kompresörde adiabatik sıkıştırma.

2-3 yoğuşturucuda tersinir sabit basınçta ısı terk etme.

3-4 Kısılma vanasında sabit entalpide genişleme.

4-1 Buharlaştırıcıda tersinir sabit basınçta ısı çekilmesi.

## Çevrim Hesapları

İdeal buhar sıkıştırırmalı ısı pompası çevrim hesapları aynı soğutma çevrim hesapları gibi yapılır.

Bir ısı pompası sisteminde, sistemi oluşturan her bir eleman açık sistem olarak (SASA) incelenmektedir.

İdeal ısı pompası çevriminde,

- $S_1$  kompresör girişindeki özgül entropi
- $S_{2s}$  kompresör çıkışındaki özgül entropi

Termodinamik ikinci kanununa göre,

$$S_1 = S_{2s} \quad (2.1)$$

Yazılır.

İdeal ısı pompası kompresör işi  $W_{ki}$ , gerçek kompresör işi  $W_k$  üzere, kompresör iç verimi,

$$\eta_{jk} = \frac{\text{İdeal kompresör işi}}{\text{Gerçek kompresör işi}} = \frac{W_{ki}}{W_k} = \frac{\dot{m}s(h_{2s}-h_1)}{\dot{m}s(h_2-h_1)} \quad (2.2)$$

Şeklinde ifade edilir.

Gerçek ısı pompası çevriminde,

$h_1$  kompresör girişindeki özgül entalpi ve  $h_{2s}$  tersinir adyabatik sıkıştırma sonucunda kompresör çıkışındaki özgül entalpisi olduğunda, kompresör çıkışında  $h_2$  özgül entalpisi,

$$h_2 = h_1 + \frac{h_{2s}-h_1}{\eta_{jk}} \quad (2.3)$$

İle ifade edilir.

$\dot{m}s$  (kg/s) sistemde doluşan soğutucu akışkan debisi ise yoğuşturucudan atılan ısı,

$$\dot{Q}_y = \dot{m}s (h_2 - h_3) \quad (2.4)$$

Yazılabilir.

Aynı şekilde buharlaştırıcının çektiği ısı,

$$\dot{Q}_b = \dot{m}s ( h_1 - h_4 ) \quad (2.5)$$

Yazılabilir.

Kısılma vanası,

$$h_4 = h_3 \quad (2.6)$$

Giriş ve çıkışında özgül entalpisi eşittir.

$\eta_{mk}$  mekanik verimi iken kompresöre verilen iş

$$\dot{W}_k = \dot{m}s ( h_2 - h_1 ) / \eta_{mk} \quad (2.7)$$

ile hesaplanır.

Isıtma tesir katsayısı (ITK) : Birim iş başına yapılan ısıtma miktarı olarak tarif etmektedir. Genel olarak istenen ( ortama ısı vermek) ve harcayan ( kompresöre verilen enerji ) olduğuna göre ısı pompası için,

$$ITK = \frac{Amaç}{Bedel} = \frac{\dot{Q}_y}{\dot{W}_k} = \frac{h_2 - h_3}{(h_2 - h_1) / \eta_{mk}} \quad (2.8)$$

İdeal ısı pompasında İdeal ısı pompası çevriminin ısıtma tesir katsayısı,

$$ITK_I = \frac{\dot{Q}_{yi}}{\dot{W}_{ki}} = \frac{h_2s - h_3}{h_2s - h_1} \quad (2.9)$$

şeklinde bulunur.

Gerçek ısı pompasının ITK ile ideal ısı pompasının ITK\_I arasında

$$ITK = ( ITK_I + \frac{1}{\eta_{ik}} - 1 ) \eta_{ik} \eta_{mk} \quad (2.10)$$

İrtibatı böyle bulunur.

Buhar sıkıştırımlı ısı pompasının, Carnot ısı pompasının ısıtma tesir katsayısı ise

$$ITK_C = \frac{T_{sic}}{T_{sic} - T_{soğ}} = \frac{T_y}{T_y - T_b} \quad (2.11)$$

Burada  $T_y$  yoğuşma sıcaklığı ve  $T_b$  buharlaştırma sıcaklığıdır.

## 2.9. Isı Pompası Verim Terimleri

### 2.9.1. Isı pompası verimi

katsayısı ITK ve Carnot ısı pompasının ısıtma tesir katsayısı ITKC olmak üzere

$$\eta_{pk} = ITK / ITKC \quad (2.12)$$

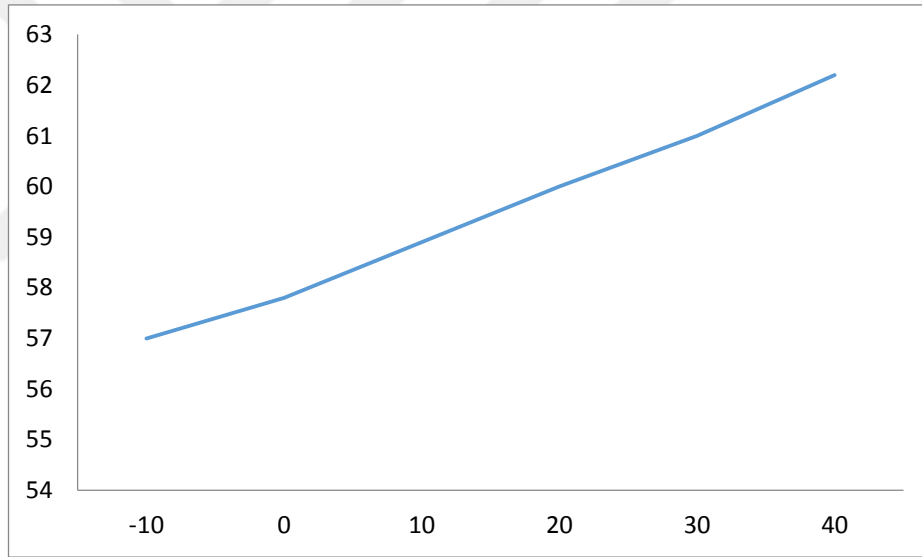
ile ifade edilir.

Yukarıdaki denklemi düzenlenmek üzere

$$\eta_{pk} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \eta_{mk} \left( 1 - \frac{T_b}{T_y} \right) \quad (2.13)$$

şeklinde yazılır.

Gerçek ısı pompasının verimi evaporatör sıcaklığına ilişkili değişikliği Şekil 16'de gösterilmektedir. Görüldüğü gibi değişim doğru orantıdır.



Şekil 2.16. Isı pompası veriminin evaporatör sıcaklığına bağlı değişim

### 2.9.2. Isı pompası iyilik derecesi

Gerçek buhar sıkıştırımlı ısı pompasında, yoğuşturucudan atılan ısı , kompresöre verilen enerji ve kompresöre verilen enerjinin üretildiği tesisin verimi olmak üzere iyilik derecesi

$$İYD = \frac{\dot{Q}_y}{\dot{W}_k / \eta_s} \quad (2.14)$$

Gerekli düzenleme yapılırsa

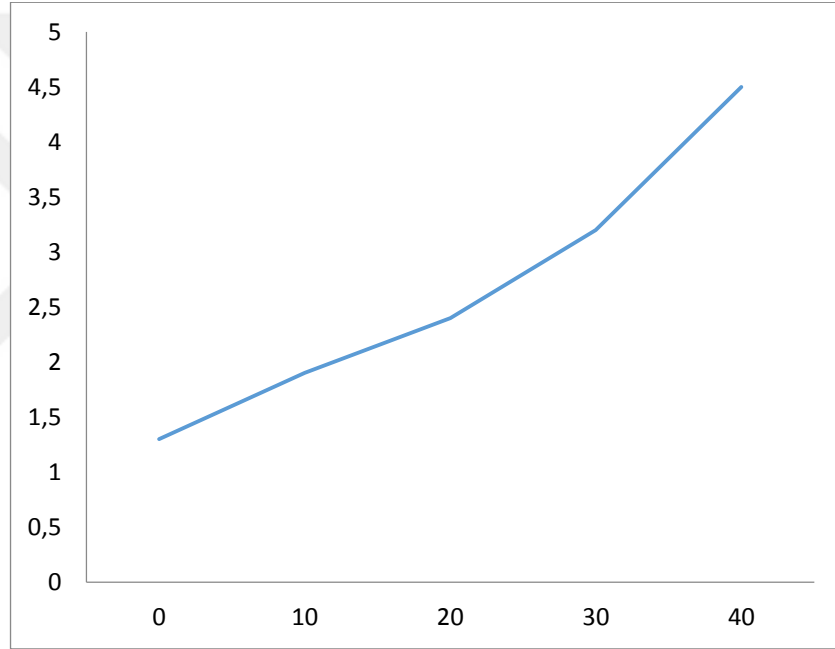
$$\dot{YD} = \text{ITK} \cdot \eta_s \quad (2.15)$$

Rankine güç çevrimine göre çalışan sistem ile ısı pompasının kombine çalışması durduğunda,  $\eta_s$  Rankine güç çevriminin verimi ve ITK ısı pompasının ısıtma tesir katsayısı ise kombine sistemin iyilik derecesi

$$\dot{YDC} = \eta_s (\text{ITK} - 1) + 1 \quad (2.16)$$

İle ifade edilir.

Gerçek ısı pompasında iyilik derecesinin, evaporatör sıcaklığına bağlı olarak değiştiği Şekil 2.17’de gösterilmektedir. Görüldüğü gibi arasındaki ilişkili doğru orantıdır.



Şekil 2.17. Isı pompası iyilik derecesinin evaporatör sıcaklığına bağlı değişimi

### 2.9.3. Enerji verimlilik oranı (EVO / EER)

EVO ve ITK’da kullanılan ifadelerin ikisi aynı olup, farklı birimlerle belirtilir. EVO daha kolay anlaşılması ve kullanılması hedefiyle kullanıcılar tarafından geliştirilmiştir. EVO’yu etikete yazmak cihazın spesifik değerleri için , üreticiler tarafından kanun değerinde bir gereklilik olmuştur. Bu EVO’ları ölçmek için belirli bir dizi sıcaklıklarda ARI’nın belirlediği test koşullarını kullanırız.



Ünite şeklinde olan klima cihazlarının veya ısı pompası sistemlerinin soğutma verimini belirlemek için kullanılan terime EVO denir.

$$EVO = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{W}_k} \quad (2.17)$$

Burda  $\dot{Q}_e$  Btu/h olarak çekilen ısı.

Kıyaslama amaçları için, EVO ne kadar yüksek ise, sistem o kadar verimlidir.

EVO ve ITK arasındaki bağı

$$ITK = \frac{EVO}{3.412} \quad (2.18)$$

Şeklinde yazılabilir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Jeotermal Enerji İle Bir Villanın Isıtma Sistemi Hesapları

##### 3.1.1. Bina durumu

villa serbest konumdadır ve zemin kat birinci kat ve çatı katından oluşmaktadır.

Rüzgarlı – Serbest – Ayrık

Bina durum katsayısı:  $H= 3,52(KJ/m^2.k)$

Bursa 2. Bölge

Dış sıcaklık :  $-6^{\circ}C$  Rüzgarlı

Isıtılacak ortamların sıcaklıkları;

- Oturma odası  $+22^{\circ}C$
- Salon  $+22^{\circ}C$
- Ebeveyn odası  $+20^{\circ}C$
- Çocuk odası  $+20^{\circ}C$
- Banyo  $+26^{\circ}C$
- Antre – WC giriş holü  $+18^{\circ}C$
- Merdiven  $+15^{\circ}C$

Isılmayan ortamların sıcaklıkları;

- Havalandırma  $+10^{\circ}C$
- Çatı arası  $+2^{\circ}C$

Dış genişlik: enine 15m, boyuna 14m, yükseklik 9m'dır

$$A_n \approx 0,8(15*14)*3 = 504m^2 \text{ villanın kullanım alanı}$$

Öncelikle binadaki dış kapı, pencere, dış duvar, tavan ve taban. Dış ortalama temas eden alanlar hesaplanır.

Dış kapı:  $(1,75*2,2)$

Balokon kapısı:

- Büyük (1,75\*2,2)
- Küçük (0,9\*2,1) \*3

İç kapı:

- Büyük (1,75\*2,2) \*2
- Küçük (0,9\*2,1) \*16

Pencere:

- Banyo (0,75\*0,5) \*6
- Normal (2,1\*1,2) \*21



$$A_p=56m^2$$

$$A_D = (15*9)*2 + (14*9)*2 - 56 = 466m^2$$

$$A_T = 250m^2 = A_t$$

$$V_{b\ddot{u}rt} = 15*14*9 = 1890m^3$$

$$A_{top} = 56 + 466 + 250 + 250 = 1022m^2$$

### 3.1.2. Yapı malzemelerinin U toplam ısı geçişi katsayıları

Dış duvarlar (dış havaya açık)

Malzemenin adı	(d)kalınlık cm	(λ)ısııl iletkenlik w/m.k	d/λ m <sup>2</sup> .k/w
İç sıva	3	0,87	0,034
Pelikli tuğla	10	0,5	0,20
Polistren köpüklü	4	0,035	1,14
Tuğla	10	0,5	0,2
Dış sıva	3	1,4	0,02

$$1/U = 0,13 + 0,034 + 0,2 + 1,14 + 0,2 + 0,02 + 0,04 = 1,76$$



$$U = 0,57 \text{ w/m}^2\text{k}$$

### İç duvarlar

Malzemenin adı	(d)kalınlık cm	(λ)ısııl iletkenlik w/m.k	d/λ m <sup>2</sup> .k/w
İç sıva	2	0,87	0,034
Delikli tuğla	15	0,5	0,3
Dış sıva	2	1,4	0,014

$$1/U=0,13+0,023+0,3+0,014+0,13=0,6 \quad \Rightarrow$$

$$U=1,675 \text{ w/m}^2\text{k}$$

### Taban

Malzemenin adı	(d)kalınlık(cm)	(λ)ısııl iletkenlik w/m.k	d/λm <sup>2</sup> .k/w
PVC yer düşeme	0,3	0,2	0,015
Sentetik malzeme	5	0,23	0,217
Çimento harçlı sap	5	1,4	0,036
Polistren köpüğü	6	0,035	1,714
Donatılı beton	20	2,5	0,08

$$1/U=0,17+0,015+0,217+0,036+1,714+0,08+0,04=2,272 \quad \Rightarrow$$

$$U=0,44 \text{ w/m}^2\text{k}$$

- Pencereleer: özel birleştirilmiş çift camlı (CCP)  $U=2,6 \text{ w/ m}^2\text{k}$
- Dış kapı: ahşap – camsız  $U=3,5 \text{ w/ m}^2\text{k}$
- İç kapı:  $U=2 \text{ w/m}^2\text{k}$

### Çatı(tavan)

Malzemenin adı	(d)kalınlık cm	(λ)ısııl iletkenlik w/m.k	d/λ m <sup>2</sup> .k/w
İç sıva	3	0,87	0,034
Donatılı beton	10	2,5	0,04
Cam yünü	15	0,035	4,286

$$1/U=0,13+0,034+0,04+4,286+0,13=4,62 \quad \Rightarrow$$

$$U=0,22 \text{ w/m}^2\text{k}$$

Döşeme(kat arası)

Malzemenin adı	(d)kalınlık cm	(λ)ısııl iletkenlik w/m.k	d/λ m2.k/w
Mozaik	2	1,4	0,014
Sentetik malzeme	5	0,23	0,217
Tavsiye beton	3	1,4	0,021
Donatılı beton	12	2,5	0,048
Polistren köpüğü	4	0,35	1,143
İç sıva	2	0,87	0,023

$$1/U=0,17+0,014+0,217+0,021+0,048+1,143+0,023+0,17=1,783 \Rightarrow U=0,56 \text{ w/m}^2\text{k}$$

TS-825 A.3 bölgelere göre tavsiye edilen U değerleri

	U <sub>D</sub>	U <sub>tavan</sub>	U <sub>taban</sub>	U <sub>P</sub>
2.bölge	0,60	0,40	0,60	2,8
Bulunan değer	0,57	0,22	0,44	2,6

$$V_{\text{brüt}}=14*15*9=1890\text{m}^3$$

$$V_h=0,8*V_{\text{brüt}}=1512\text{m}^3$$

### 3.1.3. Isı kaybı hesabı

Zemin kat

$$Z01 Oturma odası(+22 C^0) Q_h=2071 \text{ W}$$

$$Z02 Antre (+18 C^0) Q_h=932 \text{ W}$$

$$Z03 Salon (+22 C^0) Q_h=1161 \text{ W}$$

$$Z04 Giriş merdivan (+15 C^0) Q_h=334 \text{ W}$$

$$Z05 Banyo (+26 C^0) Q_h=677 \text{ W}$$

$$Z06 Mutfak (+18 C^0) Q_h=218 \text{ W}$$

$$Z07 Yardımcı Odası (+22 C^0) Q_h=708 \text{ W}$$

$$Z08 Banyo (+26 C^0) Q_h=500 \text{ W}$$

Birinci kat

101 Ebeveyn Banyosu (+26 C<sup>0</sup>) Q<sub>h</sub>=575 W

102 Ebeveyn Yatak Odası (+20 C<sup>0</sup>) Q<sub>h</sub>=1368 W

103 Salon (+22 C<sup>0</sup>) Q<sub>h</sub>=1285 W

104 Yatak Odası (+20 C<sup>0</sup>) Q<sub>h</sub>=879 W

105 Merdivan (+15 C<sup>0</sup>) Q<sub>h</sub>=188 W

106 Erkek Banyosu (+26 C<sup>0</sup>) Q<sub>h</sub>=594 W

107 Erkek Yatak Odası (+20 C<sup>0</sup>) Q<sub>h</sub>=1124 W

108 Kız Banyosu (+26 C<sup>0</sup>) Q<sub>h</sub>=524 W

109 Kız Yatak Odası (+20 C<sup>0</sup>) Q<sub>h</sub>=206 W

İkinci kat

201 Misafir Yatak Odası (+20 C<sup>0</sup>) Q<sub>h</sub>=1380 W

202 Kıyafet Odası (+26 C<sup>0</sup>) Q<sub>h</sub>=1863 W

203 Banyo (+26 C<sup>0</sup>) Q<sub>h</sub>=442 W

204 Merdivan (+15 C<sup>0</sup>) Q<sub>h</sub>=188 W

### 3.1.4. Radyatör seçimi ve yerleştirilmesi

Isı kaybı hesap cetvelinde bulunan toplam ısı kayıplarına göre ekteki tablodan radyatör seçimi yapılır.

Panel Plus Radyatör

\*Yüksek ısı gücü.

\*En uzun ömür.

\*Pratik montaj.

\*Yüksek işletme basıncı.

Yukarıdaki sebeplerin nedeniyle tercih edildi.

(90 C<sup>0</sup>/70 C<sup>0</sup>) sistem için (21Plus-500)seçildi.

$$X = \frac{2077}{1447} = 1,43 \text{ m}$$

Radyatörlerin piyasada satışı 10'ar cm , aralıkla olduğundan 1,5 m'lik bir radyatör seçilerek ,

1,5\*1447=2170 W ısı verimi değerleri için tabloyu dolduruz.

Isıtıcıların en soğuk yerleri yerleştirilmesi gerektiğinden dolayı sıtılan hacimlerin dış duvar civarında hava sıcaklıkları farkı çok olup pencere önleri koyulmalıdır.



**Çizelge 3.1.** Radyatör ve donanım seçim çizelgesi

RADYATÖR ve DONANIMI SEÇİM ÇİZELGESİ															Sayfa:1						
Bursadaki inşa edilen üç katlı villası															Kat:Zemin						
ODANIN					RADYATÖRLERİN						DONANIMIN										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
No	Adı	Sıcaklığı	Hacmi	Hesap Edilen Isı Kaybı	Birim verimi	Yüzeyi	Isı Gücü	CİNSİ			Musluk			Rakor							
		°C	m <sup>3</sup>	W	W/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W	21 plus 500	Grup adeti	Konsol Adeti	Kelebeç Adeti	DN15(1/2")	DN20(3/4")	DN25(1")	DN15(1/2")	DN20(3/4")	DN25(1")				
Z01	Oturma odası	22		2077	1447		2170	1,5				3	6	3							
Z02	Antre	18		932	1583		950	0,6				1	2	1							
Z03	Salon	22		1161	1447		1302	0,9				1	2	1							
Z04	Merdivan	15		334	1687		337	0,6				1	2	1							
Z05	Banyo	26		677	1314		788	0,2				1	2	1							
Z06	Mutfak	18		218	1583		317	0,5				1	2	1							
Z07	Yardımcı odası	20		708	1515		757	0,4				1	2	1							
Z08	Banyo	26		500	1314		526	0,2				1	2	1							



**Çizelge 3.1. Radyatör ve donanım seçim çizelgesi ( Devam)**

RADYATÖR ve DONANIMI SEÇİM ÇİZELGESİ																Sayfa:2					
Bursadaki inşaa edilen üç katlı villası																Kat: Birinci- ikinci					
ODANIN					RADYATÖRLERİN						DONANIMIN										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
No	Adı	Sıcaklığı °C	Hacmi m <sup>3</sup>	Hesap Edilen Isı Kavabı W	Birim verimi W/ m <sup>2</sup>	Yüzeyi m <sup>2</sup>	Isı Gücü W	CİNSİ					Musluk			Rakor					
								21 plus 500					Grup adeti	Konsol Adeti	Keleççe Adeti	DN15(1/2")	DN20(3/4")	DN25(1")	DN15(1/2")	DN20(3/4")	DN25(1")
101	Ebeveyn odası	26		575	131 4		657		0,5				1	2	1						
102	Ebeveyn banyosu	20		1368	151 5		1363		0,9				1	2	1						
103	Salon	22		1285	144 7		1302		0,9				1	2	1						
104	Yatak odası	20		879	151 5		909		0,6				1	2	1						
105	Merdivan	15		188	168 7		337		0,2				1	2	1						
106	Erkek banyosu	26		594	131 4		657		0,5				1	2	1						
107	Erkek yatak	20		1124	151 5		1212		0,8				1	2	1						
108	Kız banyo	26		524	131 4		526		0,4				1	2	1						
109	Kız yatak	20		206	151 5		303		0,2				1	2	1						
201	Misafir odası	20		1380	151 5		1515		1				2	4	2						
202	Kıyafet odası	26		1863	131 4		1971		1,5				2	4	2						
203	Banyo	26		442	131 4		526		0,4				1	2	1						
204	Merdivan	15		188	168 7		337		0,2				1	2	1						

### 3.1.5. Ek melzemelerin hesabı

#### Boru Hesabı

Boru hesabına başlanırken sadece tesisat bilgileri bulunmakta!

**Çizelge 3.2.** Boru çapı hesabı çizelgesi

BORU ÇAPI HESABI ÇİZELGİSİ															Sayfa			
.....BİNASI															Kat			
a	b	c	d	e	F	g	H	ı	k	l	m	n	o	P	r	s	T	
Boru parçaları	Isı miktarı	Sıcaklık farkı göre	Boru barçası uzunlu	Yaklaşık boru çapına göre						Değiştirilmiş boru çapına göre					Fark			
				d	W	R	LR	$\sum \xi$	Z	d	w	R	L	$\sum \xi$	z	L	Z	
No	w	W	m	m	m/s	mm ss/m	mms s		mm ss						mm ss		mm ss	
1	337		3,5	3/8	0,12	2,6	9,1	9,2	6,64									
2	674		3,5	3/8	0,12	2,6	9,1	2,5	1,8									
3	1011		3	½	0,13	2,2	6,6	11,1	9,28									
4	2982		6	¾	0,16	2,2	13,2	5,1	6,53									
5	3299		2,5	¾	0,16	2,2	5,5	5,1	6,53									
6	6253		4	1	0,20	2,2	8,8	5,1	10,1									
7	8290		4	1	0,22	2,6	10,4	5,1	12,24									
8	10073		1,5	1 ¼	0,24	2,2	3,3	13,1	37,75									
9	18759		2	1 ½	0,26	2,2	4,4	5,7	19,01									
							+		+									
							70,4	+	109,88	=				180,28				

**Çizelge 3.3. ξ Değerleri hesaplama çizelgesi**

ξ DEĞERLERİNİ HESAPLAMA ÇİZELGESİ																		Sayfa			
.....BİNASI																		Kat			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Parça No	Boru Çapı	Kazan	Kollektör	Pantolon parça	S parça	Çift dirsek	Çift dirsek dar	T Birleşme	T Ayrılma	T Karsıt	Tgeçiş	TGiriş	Boru çapları	Deve boynu 90	dirsek	Şiber vana	Kolon vanası düz	Kolon vanası eğlik	Radyatör ventilli dğz	Radyatör ventilli köşe	Toplam
		3	0.5	1.6	0.5	1	2	1	1.5	3	0.5	1									
1	3/8"	3							1.5						1.7					3	9.2
2	3/8"							1	1.5												2.5
3	1/2"							1	1.5						2.6			6			11.1
4	3/4"							1	1.5						2.6						5.1
5	3/4"							1	1.5						2.6						5.1
6	1"							1	1.5						2.6						5.1
7	1"							1	1.5						2.6						5.1
8	1¼"		1.0					1	1.5						2.6	1		6			13.1
9	1 1/2"	3	0.5					1	1.5						2.2						5.7

### Dolşım pompası hesabı

Basınç:

$$H_{p_{kritic}} = \sum(L.R) + \sum z \quad (\text{mmss})$$

$$H_{p_{kritic}} = 180 \quad (\text{mmss})$$

Emniyetle çalışma için bu basınç %10 ilave edilir ve kazan dairesi göz alınmadığı için (300-800) arttırılır.

$$H_p = 180 * 1,1 + 600 = 798 \text{ mmss.}$$

Debisi:

$$V_p = \frac{3,6Q_k}{c.g(T_g - T_d)} = \frac{3,6 * 24000}{4,186 * 1000 * 20} = 1,03 \text{ m}^3/\text{h}$$

Yukardeki değerler için pompa seçimi : (PVO-25)

### Eşanjörün hesabı

$$Q = 24000 \text{ W}$$

$$M = 1,03 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$m = 0,3 \text{ kg/s}$$

Yukardeki değerler için eşanjörün seçimi : Model C030- Bağlantı çapı 3/4\* 1/2- plaka sayısı 12

### Kapalı Genleşme Deposu Hesabı

$$P_{st} = H_{st}/10 + 1 = 3 * 3/10 + 1 = 1,9 \text{ bar} \quad \text{statik basınç}$$

$$P_{üst} = P_{st} + 1 = 2,9 \text{ bar} \quad \text{üst basınç}$$

Sistemde panel radyatör kullanılmaktadır ve 200 Kw'lık güç için diyagramdan v=1600lt olarak bulunur

$$V_{gd,k} = \frac{V_e}{1 - \frac{P_{st}}{P_{üst}} * 0,8} = \frac{1600 * 0,035}{1 - \frac{1,9}{2,9} * 0,8} = 118 \text{ lt}$$

3bar ve 120lt için( REFLEX NG 140) seçildi .

### 3.1.6. Maliyet hesabı

Radyatör	Birim fiyatı	Adet	Fiyat
0,2	101,40	5	507
0,4	101,40	3	304,2
0,5	126,75	8	1014
0,6	141,72	4	566,88
0,8	183,76	1	183,76
0,9	206,73	4	826,92
Toplam	3402,67		TL

Direk	Birim fiyatı	Adet	Fiyat
3/8"	4	20	80
1/2"	6	18	108
3/4"	9	12	108
1"	15	20	300
1 1/4"	6	4	24
1 1/2"	9	2	18
Toplam	638		TL

Boru	Birim fiyatı	Metre	Fiyat
3/8"	4,3	115	495
1/2"	6,02	105	632
3/4"	29,2	57	1665
1"	14,14	18	255
1 1/4"	22	8	176
1 1/2"	25,5	3	76,5
Toplam	3300		TL

Vana	Birim Fiyatı	Adet	Fiyat
Şiber	20	2	40
Kollektor	22	5	120
Kolon	43	24	1032
Köşe	26	20	520
Radyatör	39	52	2028
Toplam	3760		TL

Te	Birim Fiyatı	Adet	Fiyat
3/8"	3	10	30
1/2"	3,5	18	63
3/4"	4	12	48
1"	4,2	10	42
1 1/4"	4,5	0	-
1 1/2"	5	0	-
<b>Toplam</b>		<b>183</b>	<b>TL</b>

Eşanjör 210

Genleşme Deposu 1400

Dolaşım pompası 750

Toplam maliyat yaklaşık 20000 TL (19650)

### 3.2. Hava Kaynaklı Isı Pompası İle Bir Villanın Isıtma Sistemi Hesapları

Isı ihtiyacı,

- Zemin kat için 6601 W
  - Birinci kat için 6743 W
  - İkinci kat için 3873 W
- }  $Q_y = 17,5 \text{ kW}$

#### 3.2.1. Isıtma tesir katsayısı aylara bağlı değişimleri

Isı pompasının ısıtma tesir katsayılarının ayların sıcaklığına bağlı değişimleri hesabı

Kondenserin sıcaklığı,  $T_{\text{kond}} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$

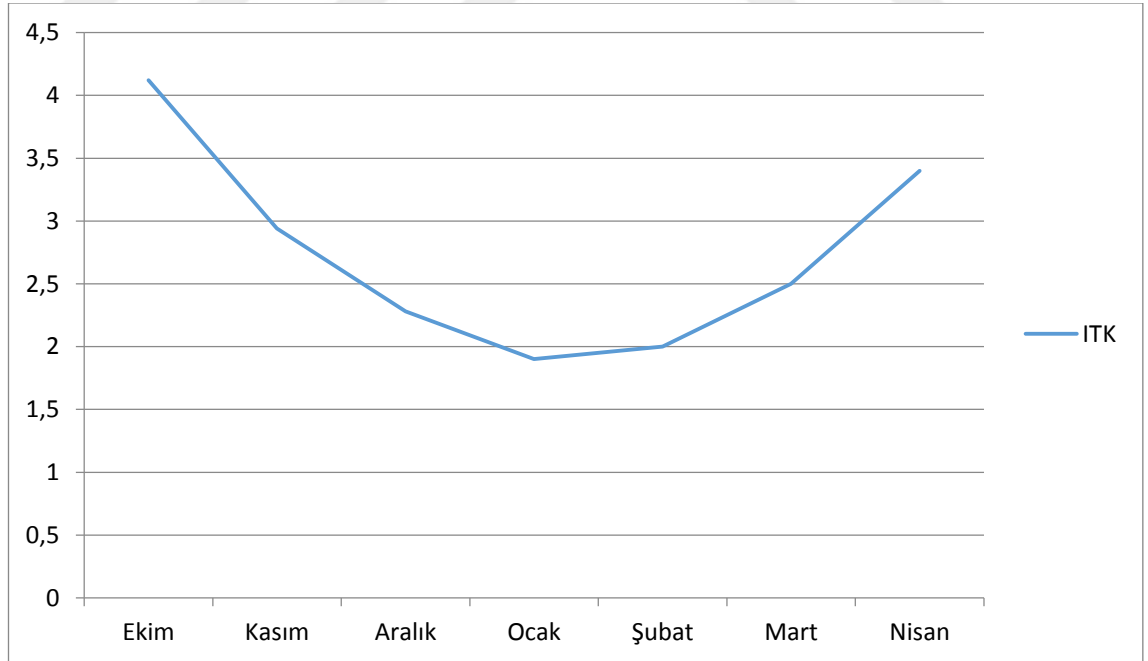
R134a soğutucu akışkan seçilerek, çevrime ait noktaları basınç-entalpi diyagramından bulunur.

Nokta	P(bar)	T( $^\circ\text{C}$ )	h(kj/kg)
1	$P_b$	$T_b$	$h_1$
2s	15	55	$h_{2s}$
3	15	55	275
4	$P_b$	$T_b$	275

Meteorolojiğe göre Bursa'nın 2018'de en düşük sıcaklığı yıl boyunca aşağıya yazılır.

Bursa	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan
<b>T<sub>b</sub></b>	<b>7,7</b>	<b>2,4</b>	<b>-0,5</b>	<b>-2,7</b>	<b>-2</b>	<b>1,1</b>	<b>5,8</b>
P <sub>b</sub>	3,8	3,2	2,95	2,6	2,8	3,15	3,5
h <sub>1</sub>	408	402	398	394	396	400	405
h <sub>2s</sub>	429	433	437	441	439	436	430
h <sub>2</sub>	434,25	442,3	450	460,2	454,9	447,4	436,6
<i>m<sub>s</sub></i>	0,11	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,11
η <sub>jk</sub>	0,80	0,77	0,75	0,71	0,73	0,76	0,79
<i>W<sub>k</sub></i>	4,26	5,95	7,68	9,24	8,7	7	5,1
<b>ITK</b>	<b>4,12</b>	<b>2,94</b>	<b>2,28</b>	<b>1,9</b>	<b>2</b>	<b>2,5</b>	<b>3,4</b>

ITK'nın soğuk aylara bağlı değişimler çizilebilmek için gereken tüm hesapları yapıp yukarıdaki tabloya yazılmıştır ( Şekil 3.1).



**Şekil 3.1.** Isıtma tesir katsayısının aylara bağlı değişimler

### 3.2.2. Isı pompası boyutları seçimi ve maliyeti hesabı

$$\dot{Q}_b = \dot{m}_s (h_1 - h_4) = 0,11 (408 - 275) = 14,63 \text{ kW}$$

- 9,24 kW'lık kompresör
- 17,5 kW'lık condenser
- 14,65 kW'lık evaporator

Isı pompası yukarıdaki kapasiteler ve kazan kapasitesine göre (18000 - 25000) kcal/h

RGN-15-60-130 seçildi (16650 TL) , çapı 1" ve pompa bağlantı rakoru 1" ikili takım (215 TL)

Sıvı yakıt ve doğalgaz kazanlarında kazan kapasitesi kazan yüzeyi (m<sup>2</sup>) olarak değil ısı kapasite olarak tanımlanmaktadır.

$$Q_k = Q_H (1+Z_R) \text{ olacak}$$

$Q_H$  Kazan ısı yükü

$Z_R$  Kazan ısı yükü artırma katsayısı (0,10) alınır

$$Q_k = 17,5 (1+0,10) = 19,25 \text{ kW} = 16555 \text{ kcal/h}$$

Kazan T-25MY seçildi (4425 TL) ve özellikleri

- 25000 kcal/h
- Kazan gidiş dönüş 1"
- Emniyet gidiş dönüş 3/4 "
- Doldurma boşaltma 1/2"
- Baca çabı 130 mm
- Su hacmi 35 lt
- Ağırlık 113 kg

$$\text{Yakıt sarfiyatı} = \frac{Q \cdot t}{H_u \cdot \eta} = \frac{16555 \cdot 16 \cdot 30}{8250 \cdot 0,90} = 1070 \text{ m}^3/\text{h}$$

$Q$  Kazanın ısı gücü (kcal/h)

$t$  İşletme süresi

$H_u$  Yakıtın alt ısı değeri (kcal/ m<sup>3</sup>)

$\eta$  Brülör verimi (0,90)

Yıllık yakıt sarfiyatı

$$G_y = 1070 \cdot 7 \text{ ay} = 7492 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

$$P_{Ty} = 7492 \cdot 2,75 = 20600 \text{ TL/yıl}$$



#### **4. BULGULAR VE TARTIŞMA**

Bir eve herhangi bir yeni ısıtma veya soğutma sistemi kurmadan önce, evin enerji yükünü değerlendirmek ve azaltmak gerekir. Sonra verimli ve faturaların maliyetini düşürecek bir sistemin seçilmelidir.

Üç katlı villanın ısıtması amacıyla iki yöntem ile, hava kaynaklı ısı pompası ve jeotermal enerjisi kullanarak, uygulanmıştır.

Jeotermal enerjisi ile hesaplar yapıldığında tesislerin ve altyapıların inşasında ilk yatırım maliyetini yüksek ve pahalı çıkmıştır. Diğer taraftan sonraki ve yıllık masrafları diğer yöntem kıyasıyla düşüktür. Yani bir jeotermal tesisin maliyeti büyük ölçüde tesisin yapımında ve alanın keşfedilmesindedir. Öte yandan, verimli elektrik üretmek için çok az bakım gerektirir.

Hava kaynaklı ısı pompası ile hesapları, ilk yatırım maliyeti düşük ve yıllık masrafları jeotermal yönteminden daha yüksek olduğuna rağmen maakuldur.

Hava daima bulunduğu ve alçak işletme-bakım maliyetlerine sahip teçhizatla çalışma sebebiyle çok tercih edilen kaynaklarındandır. Fakat havanın ısı kaynağı olarak faydalanmasından en büyük sıkıntısı, sıcaklığın devamlı ve hızlı bir şekilde değişmesidir. Gün içinde olduğu gibi mevsimden mevsime de farklılıklar belirtiyebilir.

Jeotermal enerji, hava doğru kullanıldığında ve pisliği oluşturmayan bir enerjidir. Çevre dostu ve temiz bir enerji olması, yanma ve yakılma yöntemleri kullanılmaması nedeniyle tarımlar, endüstriler, konutlar, sera ısıtması ve benzeri alanlarda pek çok maksatlı ısıtma uygulamalarında kullanılmaktadır.

## 5. SONUÇ

Çağımızda enerjinin temin etmesi (özellikle yakıt kaynaklarına sahip olmayan bütün ülkeler için) insanlığın en önemli sorunlarından biri olmuştur. Tezde ısı pompaları, yenilenebilir enerjisi arasındaki en önemli ilgi alanlardan birisi de hava kaynaklı ısı pompası ve jeotermal enerjiden yararlanma üzerine olup çalışmayı ve hesapları yapılmıştır.

Hava Kaynaklı Isı Pompasının Avantajları; bir hava kaynaklı ısı pompası geleneksel yağ ve gaz kazanlarına kıyasla  $-20^{\circ}\text{C}$ 'de daha düşük sıcaklıklarda ısı verebilir, hemen veya daha sonra kullanmak üzere sıcak suyu ısıtır, bir sonraki enerji faturanızda daha fazla tasarruf edilir, 20 yıla kadar çalışabilecekleri özenli, uzun ömürlüdürler, hava kaynaklı ısı pompasını takmak sadece birkaç gün sürer, birkaç ayda bir temizlenmeli ve yılda bir teknisyen tarafından servis yapılmalı yeterlidir, yaz aylarında soğutma ve kışın ısıtma sağlar, yakıt deposu gerekmez ve yüksek mevsimsel enerji verimliliği değerlendirme nedeniyle yaz aylarında verimlidir. Diğer taraftan hava kaynaklı ısı pompalarıyla ilgili dezavantajları; bu tip hava kaynaklı ısıtma yağ ve gaz kazanlarına kıyasla ısı arzını azaltır ve bu nedenle daha büyük radyatörler gerekli olacaktır, yüksek enerji tasarrufu avantajlarından yararlanmak için çok yalıtılmış bir eve ihtiyacı olacaktır, çalışırken bir klima gibi gürültülü, düşük Performans Katsayısı (COP) seviyeleri nedeniyle kışın daha az verimlidir.

Tesisatı kurulmadan önce bir hava kaynaklı ısı pompasının maliyetini anlamak önemlidir. Birçok ısı pompası gibi, satın almak ve monte etmek biraz pahalı olabilir. İşletme maliyetleri söz konusu olduğunda, bunlar evinizin büyüklüğü gibi yalıtım miktarına bağlı olarak değişme eğilimindedir. Bunlardan ikincisi, sistemin maliyetleri ve genel verimliliği söz konusu olduğunda önemli bir husustur. Tipik bir pompaya kıyasıyla pahalı çıkabiliyor ama yine de jeotermal enerji maliyetine göre uygundur.

Fakat jeotermal enerji tükenebilir ve yenilenebilir bir kaynak olarak kabul edilir, temiz, bitmeyen, faturalarında tasarruf, sıcak su üretir, düşük bakım ve sessiz bir sistemdir. Ayrıca Türkiye jeotermal enerji bakımından şanslı ve bereketli ülkelere öz menşe kurmaktadır.

Jeotermal sistemlerin tasarımı ve montajı bir profesyonelin hizmetini gerektirir. Ayrıca, jeotermal değişim sistemlerinin evdeki diğer sistemlerle entegrasyonu özel uzmanlık gerektirir. Jeotermal ısıtma sistemi, döngü sisteminin tipine bağlı olarak değişir ve bu geleneksel bir ısıtma, soğutma ve sıcak su sisteminin maliyetinin yaklaşık iki katıdır. Ancak jeotermal ısıtma / soğutma sistemleri Őebeke faturalarını % 40 ile % 60 oranında azaltabilir.

Bir sistemin geri ödemesi 2-10 yıl arasında değişirken, sistemin ömrü 18-23 yıl arasında değişebilir ve geleneksel bir sistemin neredeyse iki katı olabilir. Ek olarak, yenilenebilir enerji sistemleri evinizin değerine değer katar.



## KAYNAKLAR

- Avcı, M. 2000.** Jeotermal kaynaktan yararlanarak ısıtma ve soğutma yapabilmek için uygun sistemin seçimi. *Yüksek Lisans Tezi*, Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Balıkesir.
- DPT, 2001.** Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu. Sekizinci BeşYıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara, Sekizinci BeşYıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Karakoç, T, H. 2011.** Kalorifer Tesisat Hesabı. Anadolu üniversitesi, Eskişehir.
- Li, K., Bian, H., Liu, C., Zhang, D., Yang, Y. 2015.** Comparison of geothermal with solar and wind power generation systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 1464-1774.
- Lund, J. W., Freeston, D. H., Boyd, T.L. 2005.** Direct application of geothermal energy: 2005 Worldwide review. *Geothermics*, 34(6): 691-727.
- Menendez, J., Ordonez, A., Alvarez, R., Loredo, J. 2019.** Energy from closed mines: Underground energy storage and geothermal applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 108, 498-512.
- MTA, 1996.** Türkiye Jeotermal Envanter, Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Şimşek, E. 1999.** Jeotermal Enerji Uygulama Alanları Ve İklimlendirme Sistemleri Uygulama- larının Tasarımı. *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir.
- Yamankaradeniz, R. 2002.** Soğutma tekniği ve ısı pompası uygulamaları. *Vipaş*, Bursa. 80 pp.
- Yamankaradeniz, R. 2009.** Soğutma tekniği ve ısı pompası uygulamaları. *İkinci Baskı*, Bursa. 505 pp.

## **EKLER**

Ek 1. AutoCAD ile proje çizimi

Ek 2. Projenin mimar çizimi

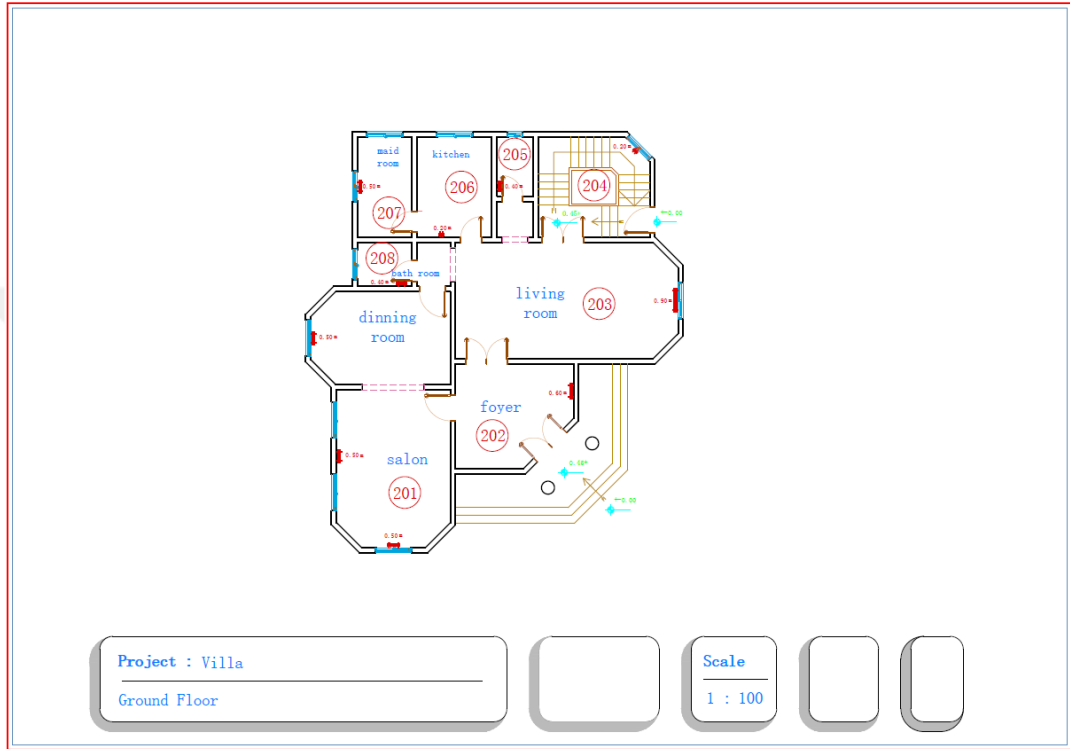
Ek 3. Demir döküm kataloğu

Ek 4. Isı kaybı hesabı çizelgesi

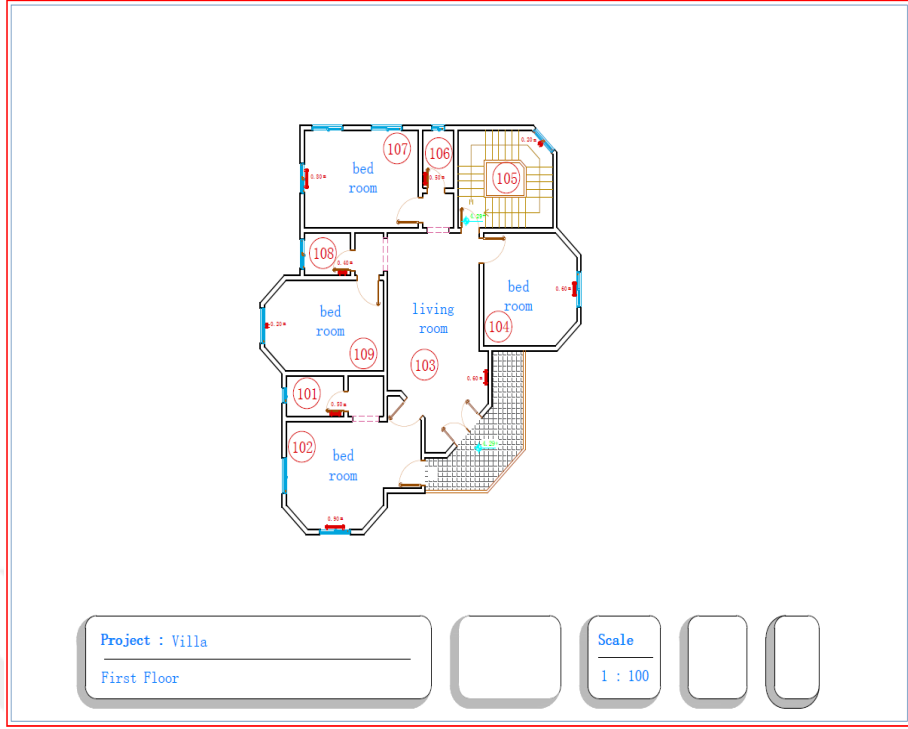


## EK 1. AutoCAD ile proje çizimi

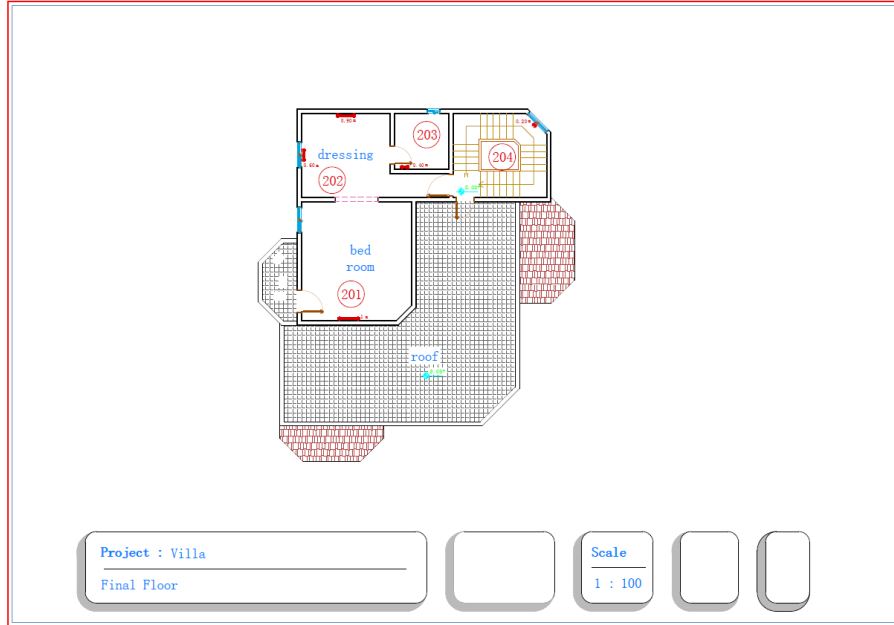
Aşağıdaki şekillerde AutoCAD ile odalarında radyatörlerin yerleştirilmesi ve boyutları belirlemiştir.



Ek 1.1. Zemin kat planı radyatör dağılımı

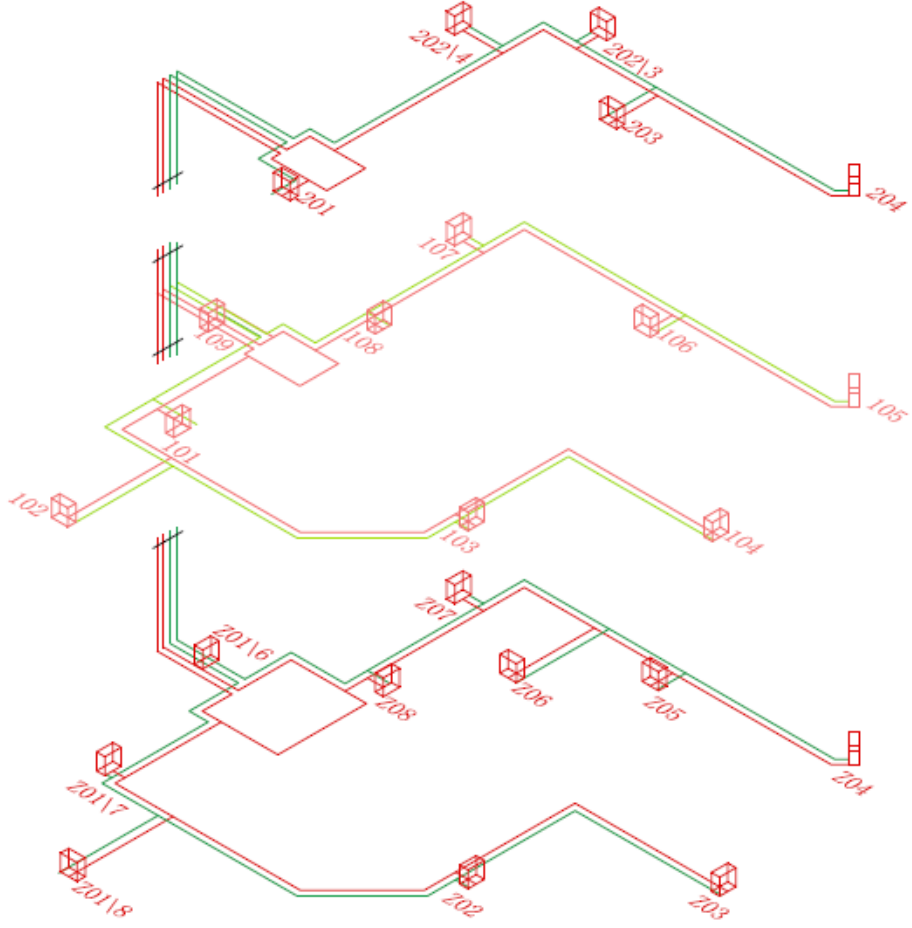


**Ek 1.2.** Birinci kat planı ve radyatör dağılımı



**Ek 1.3.** ikinci kat planı ve radyatör dağılımı

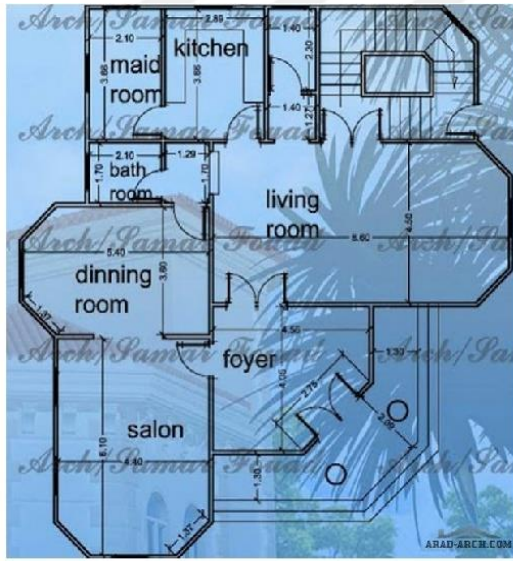
Boru hesabı için AutoCAD ile kolon şeması çizilmesi



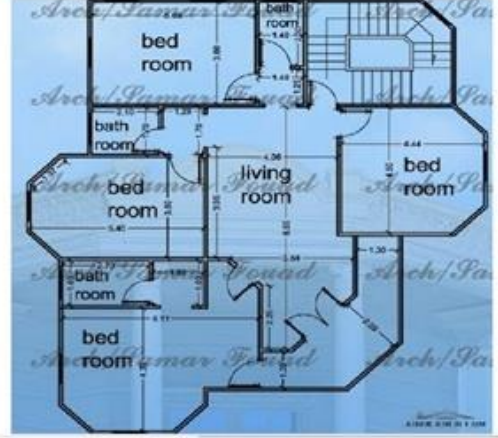
**Ek 1.4.** kolon şeması



## EK 2. Projenin mimar çizimi



Ek 2.1 Zemin katın mimar çizimi



Ek 2.2 Birinci katın mimar çizimi



Ek 2.3 İkinci katın mimar çizimi

## EK 3. Demir döküm katalogu

### Konforlu ve kaliteli, Panel Plus Radyatör tabii ki!

- 25 mm hatve
- Yüksek ısı gücü
- Nano teknolojik zirkonyum kaplama , kateforez uygulaması
- Benzerlerinden 2-4 kat yüksek korozyon direnci
- En uzun ömür
- Yüksek işletme basıncı
- Üstün kalite ve güvence  
(TSE- CE - BSI-KITEMARK, sertifikalı)
- Pratik montaj
- 10 yıl garanti



Isıl Güç (watt; kcal/h) 75°C - 65°C

		Oda Sıcaklığı															
Tip	Anma	10 °C		12 °C		15 °C		18 °C		20 °C		22 °C		24 °C		26 °C	
		Ölçüsü	watt	kcal/h	watt	kcal/h	watt	kcal/h	watt	kcal/h	watt	kcal/h	watt	kcal/h	watt	kcal/h	watt
21 Plus	300	1020	877	975	839	908	781	843	725	800	688	758	652	716	651	675	680.5
	400	1275	1097	1219	1048	1135	975	1053	908	999	859	946	814	894	700	842	724.1
	500	1615	1303	1447	1244	1347	1158	1249	1074	1185	1019	1122	955	1059	830	998	859.3
	600	1742	1498	1654	1431	1548	1331	1435	1234	1361	1170	1288	1108	1216	953	1145	984.7
22 Plus	300	1341	1153	1282	1103	1194	1027	1108	953	1052	905	996	857	941	737	887	752.8
	400	1677	1442	1603	1379	1493	1284	1386	1192	1315	1131	1245	1071	1176	921	1109	953.7
	500	1995	1715	1906	1639	1775	1527	1647	1418	1563	1344	1480	1273	1398	1095	1307	1124.0
	600	2295	1974	2184	1887	2043	1757	1895	1630	1798	1546	1702	1484	1608	1259	1515	1302.9
	900	3148	2705	3003	2583	2781	2400	2584	2222	2448	2105	2314	1990	2183	1711	2053	1755.6

Isıl Güç (watt; kcal/h) 90°C - 70°C

		Oda Sıcaklığı															
Tip	Anma	10 °C		12 °C		15 °C		18 °C		20 °C		22 °C		24 °C		26 °C	
		Ölçüsü	watt	kcal/h	watt	kcal/h	watt	kcal/h	watt	kcal/h	watt	kcal/h	watt	kcal/h	watt	kcal/h	watt
21 Plus	300	1252	1077	1205	1036	1134	975	1055	916	1020	877	975	839	930	800	885	752
	400	1567	1348	1508	1297	1419	1220	1332	1146	1275	1097	1219	1048	1153	1000	1107	952
	500	1864	1603	1792	1541	1687	1451	1583	1361	1515	1303	1447	1244	1380	1187	1314	1130
	600	2146	1846	2053	1774	1941	1699	1821	1596	1742	1498	1654	1431	1587	1365	1510	1299
22 Plus	300	1547	1416	1585	1353	1492	1283	1401	1205	1341	1153	1282	1103	1223	1052	1186	1003
	400	2061	1772	1982	1705	1857	1505	1752	1507	1677	1442	1603	1379	1530	1315	1457	1253
	500	2451	2108	2358	2028	2220	1909	2084	1792	1995	1716	1908	1639	1819	1554	1732	1490
	600	2822	2427	2715	2335	2555	2197	2399	2053	2295	1974	2194	1887	2093	1800	1993	1714
	900	3889	3345	3737	3214	3512	3020	3291	2830	3145	2705	3003	2583	2861	2480	2721	2340

**DemirDöküm**

demirdokum.com.tr 444 1 833  

 MÜŞTERİ İLETİŞİM MERKEZİ

#### EK 4. Isı kaybı hesabı çizelgesi

ISI KAYBI HESABI ÇİZELGESİ																Sayfa	1
																Kat	Zemin kat
																Tarih	
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					artırımlar				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
İşaret	Yön	kalınlık	uzunluk	Yükseklik ve genişlik	Toplam alan $A_0$	miktar	Çıkarılan alan $A$	Hesab giren alan $A$	Isı geçiş katsayısı $U$	Sıcaklık farkı $\Delta T$	Artırmsız ısı kaybı $Q_0$	Birleşik $Z_0$	Kat yüksekliği $Z_w$	Yön $Z_H$	Toplam $Z$	Toplam ısı ihtiyacı $Q_h = Q + Q_s$	
		cm	m	m	m <sup>2</sup>	Ad	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	K	W	%	%	%	1+%	W	
Z.01 OTURMA ODASI (+22°C)																	
D	D	30	1,3	3,0	3,9	1	-	3,9	0,5	28	62						
D	D	30	1,3	3,0	4,11	1	-	4,11	0,5	28	66						
D	D	30	2,4	3,0	7,38	1	2,5	4,86	0,5	28	78						
D	D	30	1,3	3,0	4,11	2	-	8,22	0,5	28	131						
D	D	30	6,7	3	20,3	1	7,5	12,8	0,5	28	204						
D	D	30	1,3	3	4,11	1	-	4,11	0,5	28	66						
İD	K	19	4,4	3	13,2	1	1,8	11,4	1,6	-4	-76						
DP	G	-	2,1	1,2	2,52	1	-	2,52	2,6	28	183						
DP	B	-	2,1	1,2	2,52	3	-	2,52	2,6	28	183						
İK	K	-	0,9	2,1	1,89	1	-	1,89	2	-4	-15						
İK	D	-	0,9	2,1	1,89	1	-	1,89	2	4	15						
İD	D	19	7,4	3	22,2	1	1,8	20,4	1,6	4	136						
TB	-	36	9,7	4,4	42,6	1	-	42,6	0,4	15	282						
										$Q_0 =$	1315	7	0	-5	1,02		
										$Q_i =$	1341						
										$Q_s =$	730						
													$Q_h =$	1341+730		2071	

**EK 4. Isı kaybı hesabı çizelgesi ( Devam)**

TesisinAdı : <b>ISI KAYBI HESABI ÇİZELGESİ</b>															Sayfa	2
															Kat	Zemin kat
															Tarih	
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı				artırımlar				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
İşaret	Yön	kalınlık	uzunluk	Yükseklikveyagenişlik	ToplamalanA <sub>0</sub>	miktar	ÇıkarılanalanA	HesabagirenenalanA	Isı geçişkatsayısıU	Sıcaklık farkıΔT	Artırimsızısı kaybıQ <sub>0</sub>	BirleşikZ <sub>D</sub>	Kat yüksekliğiZ <sub>w</sub>	YönZ <sub>H</sub>	ToplamZ	ToplamısıhtiyacıQ <sub>h</sub> = Q <sub>i</sub> +Q <sub>s</sub>
		cm	m	m	m <sup>2</sup>	Ad	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/ m <sup>2</sup> K	K	W	%	%	%	1+ %	W
<b>Z.02 ANTRE (+18°C)</b>																
İD	B	19	4,0 0	3,0 0	12	1	1,8 9	10,1 1	1,6 7	-4	-67					
İD	K	19	4,5 0	3,0 0	12	1	3,8 5	8,15	1,6 7	-4	-54					
İK	B	-	0,9	2,1	1,8 9	1	-	1,89	2	-4	-15					
İK	K	-	1,7 5	2,2	3,8 5	1	-	3,85	2	-4	-31					
D	G	30	2,6 0	3	7,8	1	-	7,80	0,5 7	24	10 7					
D	G	30	2,7 5	3	8,2 5	1	3,8 5	4,4	0,5 7	24	60					
D	D	30	2,1	3	6,3	1	-	6,3	0,5 7	24	86					
D	G	-	1,7 5	2,2	3,8 5	1	-	3,85	3,5	24	32 3					
TB	-	36	4,0 0	4,5 0	18	1	-	18	0,4 4	11	87					
										Q <sub>0</sub> =	49 6	7	0	-5	1,0 2	
										Q <sub>i</sub> =	50 5					
$Q_s=1/3,6(2*10,1*0,9*3,52*24*1) = 427$											Q <sub>s</sub> =	42 7				
													Q <sub>h</sub>	505+427	932	

#### EK 4. Isı kaybı hesabı çizelgesi ( Devam)

ISI KAYBI HESABI ÇİZELGESİ															Sayfa	3		
Tesisin Adı :															Kat	Zemin kat		
															Tarih			
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı				artırımlar						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
İşaret	Yön	kalınlık	uzunluk	Yükseklik veya genişliği	Toplam alan A <sub>0</sub>	miktar	Çıkarılan alan A	Hesabı gereken alan A	Isı geçiş katsayısı U	Sıcaklık farkı ΔT	Artırmsız ısı kaybı Q <sub>0</sub>	Birleşik Z <sub>p</sub>	Kat yüksekliği Z <sub>w</sub>	Yön Z <sub>h</sub>	Toplam Z	Toplam ısı ihtiyacı Q <sub>h</sub> = Q <sub>t</sub> +Q <sub>s</sub>		
		cm	m	m	m <sup>2</sup>	Ad	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/ m <sup>2</sup> K	K	W	%	%	%	1+%	W		
Z03 salon (+22°C)																		
DD	KD	30	1,37	3	4,11	1	-	4,11	0,57	28	66							
DD	D	30	2,5	3	7,5	1	2,52	4,89	0,57	28	79							
DD	GD	30	1,37	3	4,11	1	-	4,11	0,57	28	66							
DP	D	-	2,1	1,2	2,52	1	-	2,52	2,6	28	183							
DD	G	30	3	3	9	1	-	9	0,57	28	144							
İD	G	19	4,6	3	13,8	1	3,85	9,95	1,67	4	66							
İK	G	-	1,75	2,2	3,85	1	-	3,85	2	4	31							
İD	B	19	4,5	3	13,5	1	1,68	11,82	1,67	0	0							
İK	B	-	0,9	2,1	1,89	1	-	1,89	2	0	0							
İD	K	19	4,6	3	13,8	1	3,85	9,95	1,67	7	116							
İK	K	-	1,75	2,2	3,85	1	-	3,85	2	7	54							
İD	K	19	3	3	9	1	3,36	5,64	1,67	-4	-38							
İK	K	-	0,9	2,1	1,89	2	-	3,78	2	-4	-30							
TB	-	36	8,6	4,5	38,7	1	-	38,7	0,44	15	255							
										Q <sub>0</sub> =	762	7	0	-5	1,02			
										Q <sub>i</sub> =	777							
Q <sub>s</sub> = 1/3,6(2*7,8*0,9*3,52*28*1) = 384													Q <sub>h</sub> =	777 + 384	1161			

#### EK 4. Isı kaybı hesabı çizelgesi ( Devam)

TesisinAdı :															Sayfa	4
ISI KAYBI HESABI ÇİZELGESİ															Kat	Zemin Kat
															Tarih	
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı				artırımlar				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
İşaret	Yön	kalınlık	uzunluk	Yükseklik veya genişlik	Toplam alan $A_0$	miktar	Çıkarılan alan $A$	Hesaba giren alan $A$	Isı geçişi katsayısı $U$	Sıcaklık farkı $\Delta T$	Artırmsız ısı kaybı $Q_0$	Birleşik $Z_0$	Kat yüksekliği $Z_w$	Yön $Z_H$	Toplam $Z$	Toplam ısı ihtiyacı $Q_h=Q_i+Q_s$
		cm	m	m	m <sup>2</sup>	Ad	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	K	W	%	%	%	1+%	W
Z04 BANYO (+26°C)																
DD	K	30	1,4	3	4,2	1	0,4	3,8	0,57	32	69					
DP	K	-	0,75	0,5	0,4	1	-	0,4	2,6	32	33					
İD	B	19	3,6	3	10,8	1	-	10,8	1,67	8	144					
İD	G	19	1,4	3	4,2	1	1,89	2,31	1,67	4	15					
İK	G	-	0,9	2,1	1,89	1	-	1,89	2	4	15					
İD	D	19	3,6	3	10,8	1	-	10,8	1,67	11	198					
TB	-	36	3,6	1,4	5,04	1	-	5,04	0,44	19	42					
										Q <sub>0</sub> =	516	7	0	5	1,12	
										Q <sub>i</sub> =	578					
$Q_s = 1/3,6(2*1,75*0,9*3,52*32*1) = 99$													Q <sub>h</sub> =	578 + 99	677	

#### EK 4. Isı kaybı hesabı çizelgesi ( Devam)

TesisinAdı : <b>ISI KAYBI HESABI ÇİZELGESİ</b>																Sayfa	5
																Kat	Zemin Kat
																Tarih	
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı				artırımlar					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
İşaret	Yön	kalınlık	uzunluk	Yükseklik veya genişlik	Toplam alan $A_0$	miktar	Çıkarılan alan $A$	Hesaba giren alan $A$	Isı geçişi katsayısı $U$	Sıcaklık farkı $\Delta T$	Artırmsız ısı kaybı $Q_0$	Birleşik $Z_D$	Kat yüksekliği $Z_w$	Yön $Z_H$	Toplam $Z$	Toplam ısı ihtiyacı $Q_h=Q_i+Q_s$	
		cm	m	m	m <sup>2</sup>	Ad	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	K	W	%	%	%	1+%	W	
Z05 MUTFAK (+18 °C )																	
DD	K	30	2,9	3	8,7	1	2,52	6,18	0,57	24	84						
DP	K	-	2,1	1,2	2,52	1	-	2,52	2,6	24	157						
İD	B	19	3,6	3	10,8	1	1,89	8,91	1,67	-2	-30						
İK	B	-	0,9	2,1	1,89	1	-	1,89	2	-2	-8						
İD	G	19	2,9	3	8,7	1	1,89	6,81	1,67	-8	-91						
İK	G	-	0,9	2,1	1,89	1	-	1,89	2	-8	-30						
İD	D	19	3,6	3	10,8	1	-	10,8	1,67	-8	-144						
TB	-	36	3,6	2,9	10,44	1	-	10,44	0,44	-8	-37						
										Q <sub>0</sub> =	-99	7	0	5	1,12		
										Q <sub>i</sub> =	-111						
Q <sub>s</sub> = 1/3,6(2*7,8*0,9*3,52*24*1) = 329													Q <sub>h</sub> =	-111+329	218		



#### EK 4. Isı kaybı hesabı çizelgesi ( Devam)

ISI KAYBI HESABI ÇİZELGESİ															Sayfa	6
TesisinAdı :															Kat	Zemin Kat
															Tarih	
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı				artırımlar				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
İşaret	Yön	kalınlık	uzunluk	Yükseklik veya genişlik	Toplam alan $A_0$	miktar	Çıkarılan alan $A$	Hesaba giren alan $A$	Isı geçişi katsayısı $U$	Sıcaklık farkı $\Delta T$	Artırımsız ısı kaybı $Q_0$	Birleşik $Z_D$	Kat yüksekliği $Z_w$	Yön $Z_H$	Toplam $Z$	Toplam ısı ihtiyacı $Q_h = Q_i + Q_s$
		cm	m	m	m <sup>2</sup>	Ad	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	K	W	%	%	%	1+%	W
Z06 YARDIMCI ODASI (+ 20 °C)																
DD	K	30	2,1	3	6,3	1	-	6,3	0,57	26	93					
DD	B	30	3,6	3	10,8	1	2,52	8,28	0,75	26	123					
DP	B	-	2,1	1,2	2,52	1	-	2,52	2,6	26	170					
İD	G	19	2,1	3	6,3	1	-	6,3	1,67	-6	-63					
İD	D	19	3,6	3	10,8	1	1,89	8,91	1,67	2	-30					
İK	D	-	0,9	2,1	1,89	1	-	1,89	2	2	-8					
TB	-	36	3,6	2,1	7,56	1	-	7,56	0,44	13	43					
										$Q_0 =$	328	7	0	0	1,07	
										$Q_i =$	351					
$Q_s = 1/3,6(2*7,8*0,9*3,52*26*1) = 357$													$Q_h =$	351 + 357	708	

#### EK 4. Isı kaybı hesabı çizelgesi ( Devam)

ISI KAYBI HESABI ÇİZELGESİ																Sayfa	7	
TesisinAdı :																Kat	Zemin Kat	
																Tarih		
																Yapı Bileşeni		Alan Hesabı
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
İşaret	Yön	kalınlık	uzunluk	Yükseklik veya genişlik	Toplam alan $A_0$	miktar	Çıkarılan alan $A$	Hesaba giren alan $A$	Isı geçişi katsayısı $U$	Sıcaklık farkı $\Delta T$	Artırmsız ısı kaybı $Q_0$	Birleşik $Z_D$	Kat yüksekliği $Z_w$	Yön $Z_H$	Toplam $Z$	Toplam ısı ihtiyacı $Q_h = Q_i + Q_s$		
		cm	m	m	m <sup>2</sup>	Ad	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	K	W	%	%	%	1+%	W		
Z07 BANYO (+26 °C)																		
DD	B	30	1,70	3	5,1	1	0,4	4,7	0,57	32	86							
DP	B	-	0,75	0,5	0,4	1	-	0,4	2,6	32	33							
İD	G	19	3,4	3	10,2	1	1,89	8,31	1,67	4	55							
İK	G	-	0,9	2,1	1,89	1	-	1,89	2	4	15							
İD	D	19	1,70	3	5,1	1	1,89	3,21	1,67	4	21							
İK	D	-	0,9	2,1	1,89	1	-	1,89	2	4	15							
İD	K	19	3,4	3	10,2	1	-	10,2	1,67	6	102							
TB	-	36	3,4	1,7	5,78	1	-	5,78	0,44	19	48							
										Q <sub>0</sub> =	375	7	0	0	1,07			
										Q <sub>i</sub> =	401							
$Q_s = 1/3,6(2*1,75*0,9*3,52*32*1) = 99$													Q <sub>h</sub> =	401+ 99	500			

#### EK 4. Isı kaybı hesabı çizelgesi ( Devam)

ISI KAYBI HESABI ÇİZELGESİ															Sayfa	8	
TesisinAdı :															Kat	Zemin Kat	
															Tarih		
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı				artırımlar					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
İşaret	Yön	kalınlık	uzunluk	Yükseklik veya genişlik	Toplam alan $A_0$	miktar	Çıkarılan alan $A$	Hesaba giren alan $A$	Isı geçişi katsayısı $U$	Sıcaklık farkı $\Delta T$	Artırmsız ısı kaybı $Q_0$	Birleşik $Z_D$	Kat yüksekliği $Z_w$	Yön $Z_H$	Toplam $Z$	Toplam ısı ihtiyacı $Q_h=Q_i+Q_s$	
		cm	m	m	m <sup>2</sup>	Ad	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	K	W	%	%	%	1+%	W	
Z08 GİRİŞ MERDİVENİ (+15 °C)																	
DD	D	30	2,6	3	7,8	1	1,89	5,91	0,57	21	71						
DD	KD	30	1,37	3	4,11	1	1,44	2,67	0,57	21	32						
DP	KD	-	1,2	1,2	1,44	1	-	1,44	2,6	21	79						
DD	K	30	3,6	3	10,8	1	-	10,8	0,57	21	129						
DK	D	-	0,9	2,1	1,89	1	-	1,89	3,5	21	139						
İD	B	19	3,6	3	10,8	1	-	10,8	1,67	-11	-198						
İD	G	19	4,6	3	13,8	1	3,85	9,95	1,67	-7	-116						
İK	G	-	1,75	2,2	3,85	1	-	3,85	2	-7	-54						
TB	-	36	4,6	3,6	16,56	1	-	16,56	0,44	8	58						
										Q <sub>0</sub> =	140	7	0	5	1,12		
										Q <sub>i</sub> =	157						
Q <sub>s</sub> = 1/3,6(2*4,8*0,9*3,52*21*1) = 177													Q <sub>h</sub> =	157+177	344		

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Asma NADAF  
Doğum Yeri ve Tarihi : Halep/ SURİYE 15/05/1985  
Yabancı Dil : Türkçe, İngilizce ve Arapça

### Eğitim Durumu

Lise : Fen Bilimleri Lisesi

Lisans : Halep Üniversitesi /Üretim Mühendisliği

İletişim (e-posta) : asma.nadaf14@gmail.com