

T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MALATYA İLİNDE BİR BİNADA TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI
UYGULAMASININ MERKEZİ KLİMA VE DOĞALGAZLI SİSTEMLERLE
KARŞILAŞTIRILMASI

ALPER KADİR KURAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MALATYA

2012

Tezin Başlığı: Malatya İlinde Bir Binada Toprak Kaynaklı Isı Pompası Uygulamasının Merkezi Klima ve Doğalgazlı Sistemlerle Karşılaştırılması

Tezi Hazırlayan: Alper Kadir KURAL

Sınav Tarihi: 25.06.2012

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jürisi Üyeleri:

Prof. Dr. Mehmet YILMAZ (Jüri Başkanı)

Prof. Dr. Suat CANBAZOĞLU (Danışman)

Yrd. Doç. Dr. İ. Gökhan AKSOY

İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. Asım KÜNKÜL

Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “MALATYA İLİNDE BİR BİNADA TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI UYGULAMASININ MERKEZİ KLİMA VE DOĞALGAZLI SİSTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

ALPER KADİR KURAL

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MALATYA İLİNDE BİR BİNADA TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI
UYGULAMASININ MERKEZİ KLİMA VE DOĞALGAZLI SİSTEMLERLE
KARŞILAŞTIRILMASI

ALPER KADİR KURAL

İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

98 + viii SAYFA

2012

DANIŞMAN: Prof. Dr. SUAT CANBAZOĞLU

Bu çalışmada; toprak kaynaklı ısı pompası, Malatya ilinde bir binada merkezi klima ve doğalgazlı sistemlerle karşılaştırılmıştır.

Bu karşılaştırmada, sadece ısıtma yapabilen doğalgazlı sistemlere soğutma yapabilmeleri için soğutma grubu sistemi uygulanmıştır. Toprak kaynaklı ısı pompasında ve doğalgazlı sistemde ısıtma ve soğutma, yerden ısıtma ve soğutma ile; merkezi klima sisteminde ise hava kanalları ile yapılması planlanmıştır. Tüm sistemlerin ilk yatırım maliyetleri ve yıllık enerji sarfiyatları hesaplanmış, elde edilen değerler üzerinden para geri ödeme süreleri bulunmuştur.

Elde edilen para geri ödeme süreleri ile ısıtma ve soğutmanın birlikte uygulanması göz önüne alındığında, toprak kaynaklı ısı pompasının diğer sistemlerden daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Toprak Kaynaklı Isı Pompası, Merkezi Klima Santrali, Doğalgaz, Isıtma ve Soğutma Karşılaştırılması, Maliyet Analizi, Para Geri Ödeme Süresi

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

COMPARISON OF APPLICATION OF GROUND SOURCE HEAT PUMP WITH
CENTRAL AIR CONDITIONING AND NATURAL GAS SYSTEMS IN A
BUILDING IN MALATYA

ALPER KADİR KURAL

İNÖNÜ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

98 + viii PAGES

2012

SUPERVISOR: Prof. Dr. SUAT CANBAZOĞLU

In this study, ground source heat pump has been compared with central air conditioning and natural gas systems in a building in Malatya.

In this comparing, chiller system has been applied to give cooling feature natural gas systems which have only heating feature. It has been planned ground source heat pump and natural gas for heating and cooling system with under floor heating and cooling; central air conditioning system with air ducts. Initial investment costs and annual energy consumption of all systems have been calculated and duration of repayment of the money has been found over the values obtained.

It has been concluded that the ground source heat pump is more advantageous than the other systems when considering the implementation of heating and cooling together and the periods of repayment of money.

KEY WORDS: Ground Source Heat Pump, Central Air Conditioning Unit, Natural Gas, Heating and Cooling Comparison, Cost Analysis, Repayment Period of Money

TEŐEKKÖR

Bu tez alıřmasını yaparken, en iyisini oluřturmak için bu sűrecin her ařamasında bana yol gűsteren, yardım eden; bilgi, tecrűbe ve kaynaklarını benimle paylařan danıřman hocam Sayın Prof. Dr. Suat CANBAZOĐLU'na;

Bugűne gelmemde en bűyűk paya sahip olan ve benden hiçbir řeylerini esirgemeyen Anneme, Babama ve Kardeřime teőekkűrű borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİL DİZİNİ	vii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	5
2.1 Isı Pompası Sistemi	5
2.2 Isı Pompası Elemanları	7
2.2.1 Kompresör.....	8
2.2.2 Buharlaştırıcılar (Evaporatörler)	8
2.2.3 Yoğusturucular (Kondenserler)	9
2.2.4 Genleşme valfi	9
2.3 Isı Pompası Çalışma Prensipleri.....	9
2.4 Isı Pompasında Kullanılan Isı Kaynakları.....	12
2.4.1 Hava	13
2.4.2 Su	13
2.4.3 Toprak	14
2.4.4 Güneş	15
2.5 Isı Pompası Çeşitleri	15
2.5.1 Su Kaynaklı Isı Pompası	16
2.5.2 Hava Kaynaklı Isı Pompası.....	17
2.5.3 Toprak Kaynaklı Isı Pompası.....	18
2.5.3.1 TKIP Çeşitleri	19
2.5.3.1.1 Açık Çevrim Sistemler	19
2.5.3.1.2 Kapalı Çevrim Sistemler	21
2.5.3.1.2.1 Yatay Tip Toprak Kaynaklı Isı Pompaları	21
2.5.3.1.2.2 Dikey Tip Toprak Kaynaklı Isı Pompaları.....	23
2.5.3.2 TKIP'nın Avantajları ve Dezavantajları	25
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	28
3.1 Örnek Bina Tanımlaması	28
3.2 Toprak Kaynaklı Isı Pompası Uygulaması ve Ekonomik Analizi	29
3.2.1 TKIP Uygulaması	29

3.2.1.1	İç Tesisat	30
3.2.2	TKIP Seçimi.....	31
3.2.2.1	Sistem Bilgileri	32
3.2.2.2	Toprak Altı Boru Bilgileri	33
3.2.2.3	Toprak Bilgileri.....	34
3.2.2.4	Yer Sıcaklık Bilgileri	34
3.2.2.5	Isı Pompası Teknik Bilgileri	35
3.2.2.6	Boru Boyunun Hesaplanması	35
3.2.2.7	Sirkülasyon Pompaları	38
3.2.3	Ekonomik Analiz	38
3.2.3.1	İlk Yatırım Maliyeti	38
3.2.3.2	Enerji Sarfıyatları Maliyetleri	39
3.3	Klima Santrali Uygulaması ve Ekonomik Analizi.....	40
3.3.1	Klima Santrali Uygulaması.....	40
3.3.2	Klima Santrali Seçimi	44
3.3.3	Ekonomik Analiz	45
3.3.3.1	İlk Yatırım Maliyeti	45
3.3.3.2	Enerji Sarfıyatları Maliyetleri	47
3.4	Doğalgazlı Kazan Uygulaması ve Ekonomik Analizi	47
3.4.1	İlk Yatırım Maliyeti	49
3.4.2	Enerji Sarfıyatlarının Maliyetleri	50
3.5	Isıtma Soğutma Sistemlerinin Karşılaştırılması ve Geri Ödeme Süresi Hesabı	51
4.	SONUÇLAR	53
5.	KAYNAKLAR	55
6.	EKLER.....	57
	EK 1 Bina Isı Kaybı Hesabı.....	57
	EK 2 Bina Isı Kazancı Hesabı	92
	EK 3 Yerden Isıtma ve Soğutma İçin Bir Dairenin Boru Metraj Hesabı	93
	EK 4 Klima Santrali Seçim Dokümanları.....	94
7.	ÖZGEÇMİŞ	98

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

COP_{IP}	Isıtma performans katsayısı
COP_{SM}	Soğutma performans katsayısı
F_1	Isıtma çalışma faktörü (ortamın ısı kaybı / ünitenin kapasitesi)
F_k	Toplam yaşam alanı (m^2)
L_1	Isıtma mevsiminde, birim ısıtma yükü için toprak ısı değiştiricisi boru boyu (m/kW)
L_{1top}	Toplam ısıtma mevsimi için boru boyu uzunluğu (m)
R_b	Boru direnci ($m^{\circ}C/W$)
R_t	Toprak direnci ($m^{\circ}C/W$)
T	Yıllık ortalama hava sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_d	Yılın en düşük toprak sıcaklık değeri ($^{\circ}C$)
$T_{dış}$	Dış sıcaklık ($^{\circ}C$)
T_m	Yıllık ortalama toprak sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_{max}	Üniteye girecek en yüksek su sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_{min}	Üniteye girecek en düşük su sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_y	Yılın en yüksek toprak sıcaklık değeri ($^{\circ}C$)
Q_1	Cihazın ısıtma kapasitesi (kW)
Q_h	Toplam yapı ısı ihtiyacı (kW)
TKIP	Toprak kaynaklı ısı pompası
PESCH40	Polietilen schedule-40

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Kıtalara göre kalan petrol rezervleri	1
Şekil 1.2 Dünyada sektörlere göre enerji kullanım oranları	2
Şekil 2.1 Isı pompası akış şeması	6
Şekil 2.2 Isı pompası uygulaması	6
Şekil 2.3 Isı pompası elemanları	7
Şekil 2.4 Farklı kompresör tipleri	8
Şekil 2.5 TKIP çevrimi	10
Şekil 2.6 Isı pompasının Termodinamik şeması	11
Şekil 2.7 Isı pompası çalışma prensibi.....	11
Şekil 2.8 Isı pompası ln P-h diyagramı.....	12
Şekil 2.9 Isıtma esnasındaki ısı pompası	15
Şekil 2.10 Soğutma esnasındaki ısı pompası	16
Şekil 2.11 Su kaynaklı ısı pompası	16
Şekil 2.12 Hava kaynaklı ısı pompası.....	17
Şekil 2.13 Hava kaynaklı ısı pompası tesisatı.....	17
Şekil 2.14 Toprak kaynaklı ısı pompası (direk ısıtma tipi).....	18
Şekil 2.15 Toprak kaynaklı ısı pompası (sole tipi)	18
Şekil 2.16 Açık çevrimli sistem örneği.....	20
Şekil 2.17 Toprak altı ısı değiştiricisinin yerleşim şekli.....	21
Şekil 2.18 Yatay toprak ısı değiştiricisi	22
Şekil 2.19 Dikey tip ısı değiştiricisi	24
Şekil 2.20 Düşey borulu sistemde ısı taşınımı için üç farklı kanal uygulaması	24
Şekil 2.21 Farklı toprak altı boru uygulamaları	27
Şekil 3.1 Örnek bina vaziyet planı	28
Şekil 3.2 Örnek bina kat planı	28
Şekil 3.3 Yerden ısıtma ve soğutma sistemi	30
Şekil 3.4 TKIP VIESMANN VİTOCAL 300-G PRO.....	32
Şekil 3.5 Klima santrali	41
Şekil 3.6 Konutlarda havalandırma kanalı uygulaması	41
Şekil 3.7 Dağıtıcı menfez şekilleri.....	43
Şekil 3.8 Kanal imalatları ve izolasyonu	46
Şekil 3.9 Doğal gaz kazanı özellikleri	48

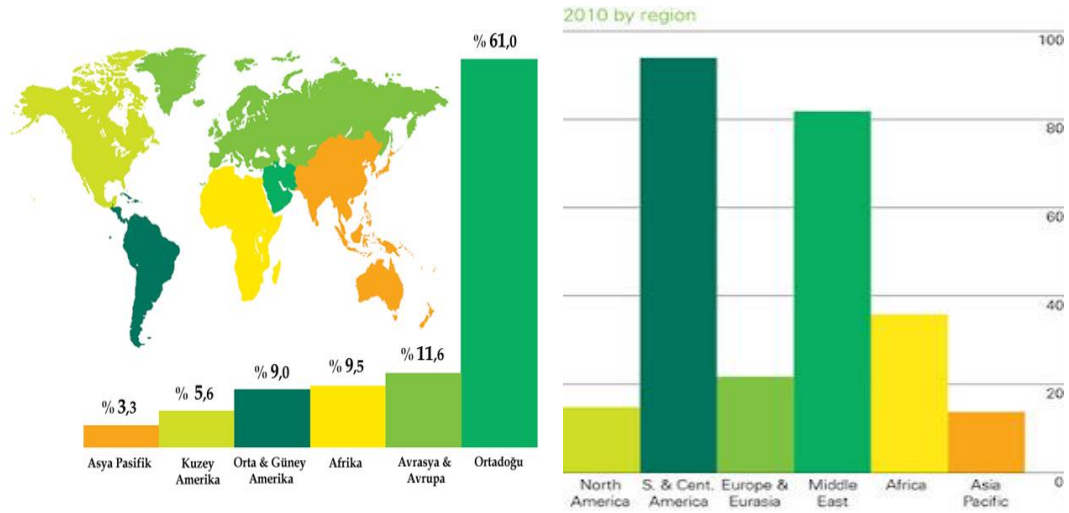
ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1 Kullanılan enerji cinsine göre CO ₂ dönüşüm katsayısı	2
Çizelge 2.1 Boru çapı ve boyu arasında tavsiye edilen değerler.	23
Çizelge 3.1 Örnek bina genel özellikleri	29
Çizelge 3.2 Boru direnci.	33
Çizelge 3.3 Toprak Direnci.....	34
Çizelge 3.4 Boru boyu hesaplama tablosu.....	37
Çizelge 3.5 TKIP uygulaması ilk yatırım maliyetleri.....	39
Çizelge 3.6 TKIP uygulaması yıllık enerji sarfıyatı	39
Çizelge 3.7 Kanal ebat hesapları.....	42
Çizelge 3.8 Menfez ölçüsü belirlenmesi.....	43
Çizelge 3.9 Klima santrali seçim çizelgeleri	44
Çizelge 3.10 Klima santrali uygulaması ilk yatırım maliyetleri	46
Çizelge 3.11 Klima santrali uygulaması yıllık enerji sarfıyatı	47
Çizelge 3.12 Doğalgazlı sistem uygulaması ilk yatırım maliyetleri	50
Çizelge 3.13 Doğalgazlı sistem uygulaması yıllık enerji sarfıyatları	50
Çizelge 3.14 Para geri ödeme süresi için gerekli değerler.....	51

1. GİRİŞ

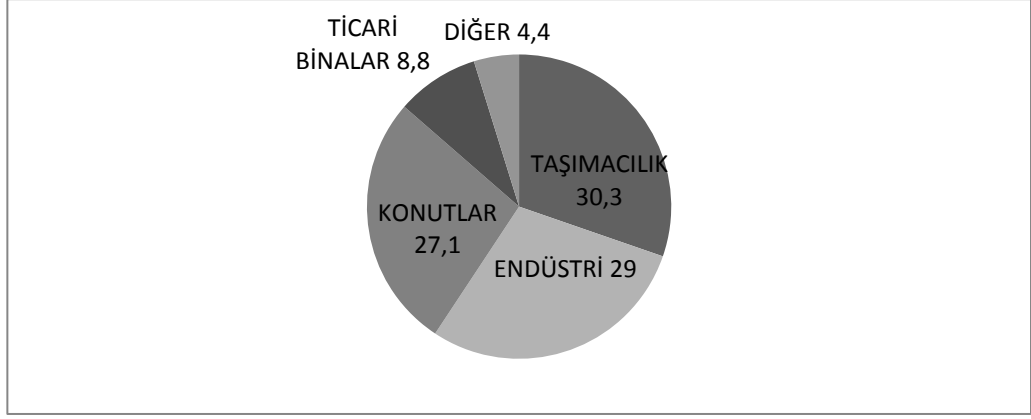
Günümüzde kullanılan enerji kaynakları, kaynakların tükenmesi ve değişen teknoloji ile paralel olarak değişmektedir. Daha önceleri elde edilmesi kolay olan odun vb. yakacaklar kullanılırken daha sonra kömür ve son zamanlarda ise petrol ve doğal gaz gibi yenilenemez enerji kaynakları kullanılmaya başlanmıştır. Günümüz şartlarında nerdeyse tüm enerji ihtiyacımız yenilenemez enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Bu yenilenemez enerji kaynaklarının rezervlerinin azalması hatta tükenmesi sorunu yanında fiyatlarındaki artış alternatif enerji kaynakları arayışına girilmesinin kaçınılmaz olduğunu göstermektedir.

Şekil 1.1’de gösterilen ilk diyagramda, tüm dünyada ve kıtalarda kalan petrol rezervlerinin miktarları yüzde olarak gösterilmiştir. İkinci diyagramda ise 2010 yılı için kıtalara göre mevcut petrol rezervlerinin miktarları trilyon metreküp olarak verilmiştir.



Şekil 1.1 Kıtalarla göre kalan petrol rezervleri (yüzde - trilyon metreküp)

Enerji kaynaklarına, endüstriden taşımacılığa kadar birçok sektörde ihtiyaç duyulmaktadır. Dünyada tüketilen enerjinin sektörlere göre dağılımı Şekil 1.2’de verilmiştir.



Şekil 1.2 Dünyada sektörlere göre enerji kullanım oranları [1]

Aynı zamanda çevre kirliliğine sebep olan yenilenemez enerji kaynakları ekolojik dengeyi de olumsuz olarak etkilemektedir. Bu etkilerin başında yenilenemez enerji kaynaklarının kullanımı sonrası atmosfere verilen karbondioksit ve diğer sera gazı emisyonlarındaki hızlı artış gösterilebilir. Bu atıklar sonucu kuvvetlenen ‘sera etkisi’ ve ozon tabakasının incelmeye neden olan diğer bileşikler sırasıyla küresel ısınmaya ve yeryüzüne ulaşan ultraviyole ışınlarının artmasına neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak doğaya verilen zarar canlı türlerinin yok olmasına neden olarak ekolojik dengeyi bozmaktadır.

Doğalgaz ısınma amacıyla tüketilen enerji kaynaklarından en temiz olmakla birlikte, kullanım amacıyla tüketilen elektrik, binalarda yüksek oranda sera gazı emisyonuna sebebiyet vermektedir. Çizelge 1.1’de kullanılan enerjilerin CO₂ salınımıyla ilgili katsayılar verilmiştir. [2]

Çizelge 1.1 Kullanılan enerji cinsine göre CO₂ dönüşüm katsayısı [2]

KULLANILAN ENERJİ CİNSİ	CO ₂ Dönüşüm Katsayısı (kg CO ₂ /kWh)
DOĞALGAZ	0,354
SIVI YAKIT	0,202
ELEKTRİK	0,286
HİDROJEN	0

Tüketilen elektrik miktarı (kWh) değeri standartça belirlenen özgül değerle çarpılarak şebeke elektriği tüketmenin yarattığı CO₂ miktarı hesaplanabilir. Elektrik kullanımının sebep olduğu karbondioksit üretimi birçok kaynağa göre farklılık göstermektedir. Bunun sebebi kaynağın kullanıldığı ülkedeki elektrik üretiminin çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır.

Bu sebeplerden yola çıkılarak toprak ısısı gibi doğadaki olağan sınırsız enerjiyi kullanabileceğimiz sistemlerin kullanımı son derece cazip hale gelmiştir.

Dünyada birçok ülkede yıllardır, sorunsuz, bilinçli ve memnun edici bir şekilde uygulanan bu sistemlerde ısı pompası başrolde. Düşük ısıdan yararlanma olanağı sağlayan bu sistemlerden, toprağın ısısı toprak içine yerleştirilen ve içerisinde antifrizli su dolaştırılan borular ile faydalı ısı elde edilmektedir. Toprak ısının yıl boyunca çok fazla değişmemesi ısı pompası için düzenli bir çalışma ortamı sağlamaktadır.

Yeryüzünün güneş ışınlarından elde ettiği ısıdan yeniden kazanılabilen enerjiyi kullanarak, ticari binaların, çeşitli mühendislik yapılarının ısıtılması ve soğutulması ile kullanma sıcak suyu üretiminde kullanılan bir sistem olan “Toprak Kaynaklı Isı Pompası” (TKIP)’nin kullanımı gittikçe artmaktadır. Sistemin çalışma prensibi, ısının taşınması esasına dayanmaktadır. TKIP sistemleri, elektrik enerjisi ile ısıtma ve soğutma yapılmasını sağlayan sistemler olduklarından çevre dostu bir sistem olarak, özellikle ABD, Kanada, Almanya ve başta İsveç olmak üzere, İskandinav ülkelerinde uzun zamandır kullanılmaktadır. TKIP’lar, toprağın içindeki sıcaklığın kararlı değişmesi ve soğuk iklimlerde performansını yüksek seviyede tutması nedeniyle enerjinin kullanımında daha etkili sonuçlar ortaya çıkarır. [3]

Güneş ışınlarının yeryüzüne çarpmasıyla jeokütlerde depolanan ısı enerjisini yeryüzünden yaşam alanlarına aktarmak amacıyla TKIP tasarlanmıştır. TKIP, toprağı ısı kaynağı ya da ısı kuyusu olarak kullanılır. Toprak sıcaklığının yüzeyden derinlere doğru gittikçe kısmen sabit kalması ve ayrıca bu sıcaklığın insanın konfor şartları için gerekli olan sıcaklığa çevre sıcaklığına göre daha yakın olması, bu tip ısı pompası uygulamasını cazip hale getirmektedir. Bu sabite yakın olan sıcaklıktan dolayı, sert iklimli bölgelerde dahi toprak kaynaklı ısı pompaları ile çevrimin performansında daha yüksek değerler elde edilir. Kaynak olarak havayı kullanan ısı pompaları çok yaygın

olarak kullanılmasına rağmen, özellikle soğuk ve değişken iklimli bölgelerde düşük verimde çalışmaları ve elektrik besleyicileri için arzu edilmeyen yüklemelere sebep olmaları gibi bazı dezavantajlara sahiptirler. Bu tip istenmeyen faktörler TKIP kullanılmasıyla giderilmektedir. TKIP ile hava kaynaklı ısı pompalarına göre daha yüksek performans elde edilmektedir. [4]

Soğuk aylarda toprağın ısınısını alarak ısıtmada kullanan bu sistem, sıcak yaz günlerinde de ortam ısınısını toprağa vererek serinletme ihtiyacına da cevap verir. Toprak ısınısının sabit bir şekilde seyretmesi ile ısı pompasına düzenli bir çalışma olanağı sağlanmaktadır. Hava sıcaklığına göre toprağın yaz aylarında soğuk, kış aylarında ise sıcak olması ısı kaynağı olarak hava kullanılan ısı pompalarına nazaran çok daha düşük enerji kullanarak ısıtma ve soğutma yapmamızı sağlamaktadır.

Uygulamada ısıtma veya soğutma yapabilen TKIP, ülkemiz sınırları içerisinde henüz üretim aşamasına geçmediği için dışarıdan paket tip olarak temin edilmektedir. Bu da yatırım maliyetinin artmasına neden olmaktadır. Ancak TKIP, yatırım maliyetini çıkartma süresi hesaba katıldığında ve sağladığı lüks ve konfor ile birleştğinde çok cazip bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca elektrik CO₂ emisyonu diğer enerjilerden fazla olmasına rağmen aynı sistem için ısı pompası kullanıldığında COP değeri faktörü devreye gireceğinden daha az enerji tüketimi, dolayısıyla diğer enerjilerden daha az emisyon yapılmış olunacaktır.

Bu tezin içeriğinde; ısı pompaları, elemanları ve kaynakları hakkında bilgi verilmiştir. Malatya ilinde bir bina ele alınarak TKIP'nın; merkezi klima ve doğalgazlı sistemlerle karşılaştırılması yapılmış, ilk yatırım maliyetleri ve geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Bu karşılaştırma ve hesaplamalar yapılırken daha sağlıklı bir kıyaslama ve daha verimli sonuçlar elde edebilmek adına kendi başına sadece ısıtma yapabilen doğalgazlı sistemin soğutma grubu yardımıyla soğutma da yapabileceği öngörülmüştür ve tüm karşılaştırma ve hesaplar hem ısıtma hem de soğutma beraber düşünülerek yapılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Isı Pompası Sistemi

Endüstride ve günlük hayatta ısıtma ve soğutmanın önemi; ısıtma ve soğutma için sarf edilen enerjinin, toplam enerji tüketimi içindeki payının yüksekliği, araştırmaların enerji kullanımında verimliliğin artırılmasında ve güneş enerjisinden atık ısıya kadar geniş bir yelpaze içerisinde çeşitli kaynakların değerlendirilmesine ve bu konular üzerine yoğunlaşmasına neden olmuştur.

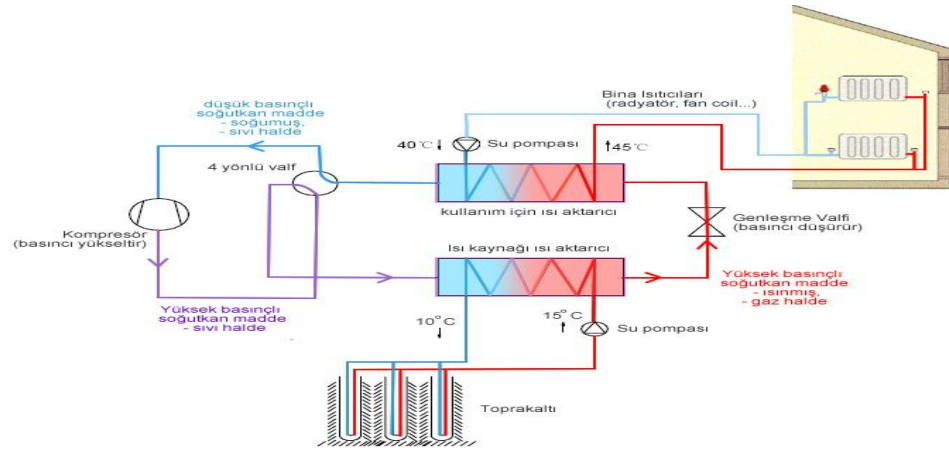
Son yıllarda ülkemizde de adını özellikle konut ısıtma amaçlı olarak sıkça duymaya başladığımız ısı pompası sistemlerinde dış hava, toprak, nehir suyu, göl suyu vb. gibi bir ortam kış şartlarında düşük sıcaklık kaynağı olarak kullanılarak alınan ısı, ısıtılması hedeflenen ortama aktarılmaktadır. Yaz şartlarında ise serinletilmesi hedeflenen ortamdan alınan ısı bu sefer yüksek sıcaklık kuyusu olarak görev yapan dış hava, toprak, nehir suyu, göl suyu, vb. transfer edilmektedir. Sıcaklık kaynağı veya kuyu olarak kullanılacak ortamın seçilmesi ise iklim şartları, coğrafik yerleşim, ilk yatırım maliyeti gibi pek çok etkene bağlı olmaktadır.

Sadi Carnot, Buharlı Güç Çevriminin ters çalıştırılması ile ısıнын çevreden alınıp, yüksek sıcaklık bölgesine transfer edilebileceğini fark etmiştir. Ancak, bu prensibe dayanan ısı pompalarının pratikte uygulanabilirliği fikri ilk defa William Thompson (Lord Kelvin) tarafından ortaya atılmış (1852), belirgin bir şekilde uygulama alanına girmesi ise II. Dünya Savaşından sonra olmuştur [5].

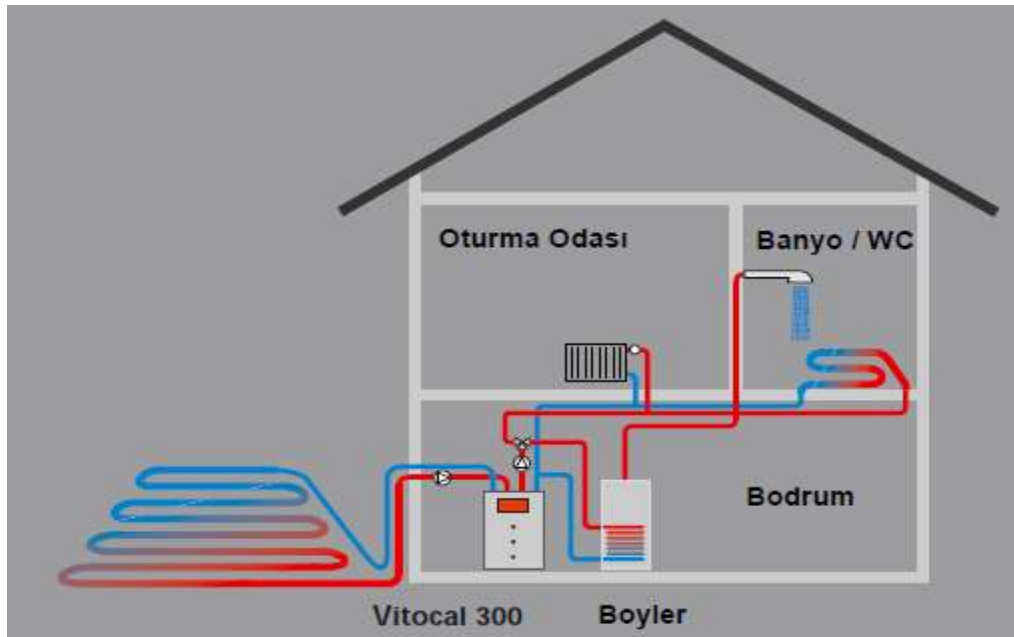
Isı pompası basit olarak ısı enerjisini bir ortamdan diğer bir ortama taşıyan ve elektrikle beslenen bir sistemdir. Bilindiği üzere enerji vardan yok, yoktan var edilemez, sadece ya biçim değiştirir ya da bir yerden bir yere taşınır. Isı pompası da adını, ısı enerjisini bir ortamdan diğer bir ortama "pompalama" veya "taşıma" kabiliyetinden alır. Bu olaya en basit örnek olarak dalgıç pompalar gösterilebilir. Dalgıç pompalar nasıl suyu üretmiyorlarsa, ısı pompaları da ısıyı üretmeyip sadece taşırlar. Dalgıç pompalarının su pompalaması için bir su kaynağına daldırılmalarına benzer olarak, ısı pompaları da yeryüzünde bir enerji kaynağına temas etmedikleri sürece ısıyı taşıyamazlar. Gerekli şartlar sağlandığında yüksek miktarlarda enerji düşük maliyetlerle kullanıma sunulabilir.

Birçok ülkede yaygın olmasına rağmen özellikle de ülkemizde ısıtma sektöründe çoğu insan için ısı pompası terimi yenidir. Oysaki evlerimizdeki buzdolabı, klima, nem giderici ve dondurucular aynı prensibin ürünüdürler. Çalışma prensibi ısıyı taşıma olduğundan "ısı pompası" başlığı altında toplanabilirler. Isı pompasının günümüze kadar soğutmada izlediği yükselen grafikte olduğu gibi, bugünden itibaren ısıtma amaçlı kullanımda da çok büyük bir rolü olacaktır.

Şekil 2.1’de ısı pompasının akış şeması, şekil 2.2’de ise bir ısı pompasının uygulaması görülmektedir.



Şekil 2.1 Isı pompası akış şeması



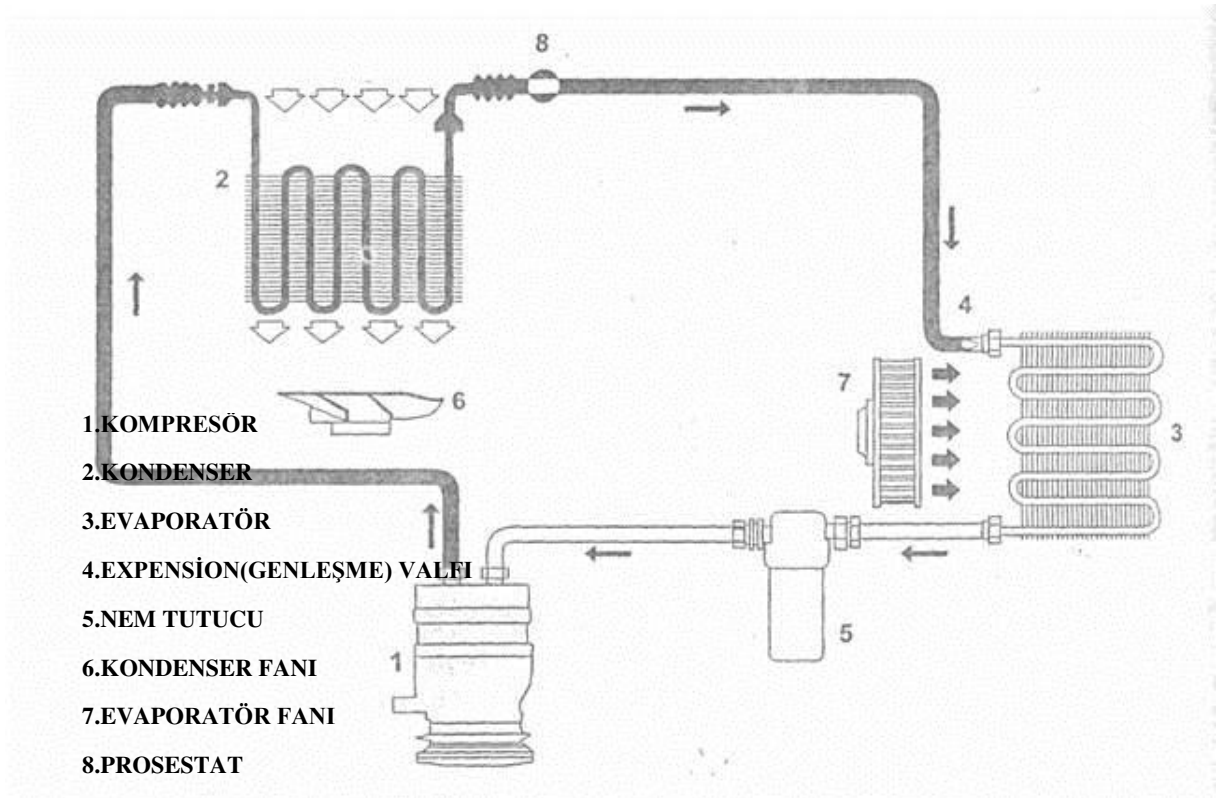
Şekil 2.2 Isı pompası uygulaması [8]

Isı Pompaları kullanılan enerji şekline göre elektrik enerjisi ile tahrik edilen ısı pompaları (mekanik ısı pompaları) ve termal enerji ile tahrik edilen ısı pompaları olmak üzere iki ana grupta toplanabilmektedir.

Klasik buhar sıkıştırırmalı ısı pompaları ilk grup içinde yer almakta olup, birincil enerjinin (kömür, fuel oil...) elektrik enerjisine dönüşüm verimindeki düşüklük elektrik enerjisine dayalı ısı pompalarının toplam veriminde düşüşe ve kısıtlı kullanımına neden olmaktadır. Elektrik enerjisinin ucuz olduğu ülkelerde şehirlerin ısıtma ve serinletmesine yönelik merkezi sistemlerin uygulamasına karşılık (İsviçre, İsveç, gibi) yakıt maliyetinin nispeten düşük olduğu ülkelerde (İngiltere gibi) binaların ısıtılmasında kullanım oldukça kısıtlıdır [6].

2.2 Isı Pompası Sistemlerinin Elemanları

Şekil 2.3’de bir ısı pompası sistemi üzerinde elemanları gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Isı pompası elemanları

2.2.1 Kompresör

Kompresörler alçak basınçta ve buhar halinde buharlaştırıcılardan çıkan akışkanı yoğuşma sıcaklığına daha kolay gelebilmesi için sıkıştıran elemanlardır. Dört tip kompresör vardır:

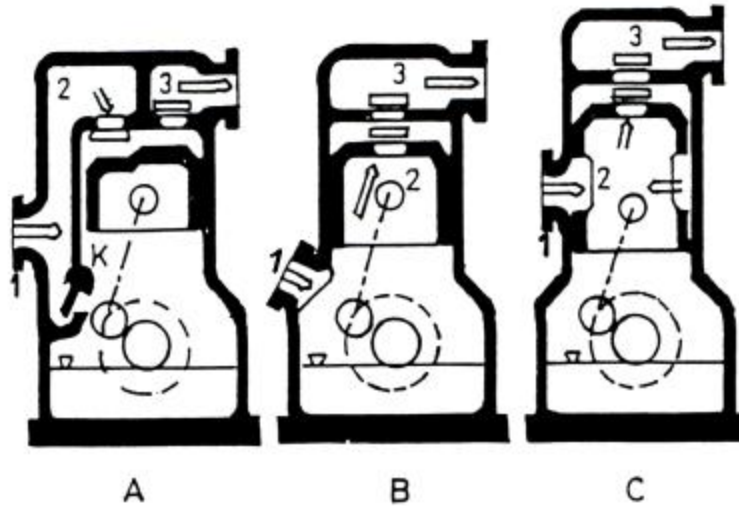
Pistonlu kompresörler

Rotatif (dönel) kompresörler

Turbo (santrifüj) kompresörler

Vidalı kompresörler

Kompresörler genellikle elektrik motoru yardımıyla tahrik edilmektedir. [7]



Şekil 2.4 Farklı kompresör tipleri [7]

2.2.2 Buharlaştırıcılar (Evaporatörler)

Buharlaştırıcılar soğutulması istenilen ortamdan ısı çekerek ortamın istenilen şartlara ulaşmasını sağlayan elemanlardır. Bu işlem yapılırken ortamdan ısı çeken akışkan burada buharlaşmaya başlar. Soğutucu akışkanın cinsine göre muhtelif malzemelerden yapılır. Genellikle bakır ve çelik borular kullanılır. Buharlaştırıcı şekillerine göre;

Gövde borulu buharlaştırıcılar

Koaksiyal buharlaştırıcılar

Kanatlı buharlaştırıcılar olarak gruplara ayrılırlar.

2.2.3 Yoğuşturucular (Kondenserler)

Yoğuşturucular, kompresörde kızgın haldeki akışkana basınç uygulandıktan sonra çıkan akışkan buharının yoğunlaştırıldığı yerdir. Burada soğutma işlemini hava ve su yaptığı için yoğuşturucular hava soğutmalı ve su soğutmalı yoğuşturucular olmak üzere iki gruba ayrılabilir.

Hava soğutmalı sistemlerde yoğuşturucu kanatlı boru sistemine göre yapılır, dış yüzeyi havayla temas eden borular içerisinde soğutucu akışkan bulunmaktadır ve ısı taşınımı bu sistem aracılığı ile yapılır. Hava taşınım katsayısının küçük olması nedeniyle bu sistemin genellikle daha küçük alanlarda ve küçük soğutma yüklerinde kullanılır. Aksi takdirde çok büyük alanların kullanılması söz konusudur. Bu sisteme en güzel örnek evlerimizde kullandığımız buzdolaplarıdır. Dolabın arkasında açık halde bulunan borulardan geçen akışkan hava ile teması ederek ısı transferini gerçekleştirir.

Su soğutmalı sistemlerde ise kullanılabilir su varsa ve elektrik enerjisinden tasarruf yapmak isteniyorsa su soğutmalı sistem en kullanışlı hale geçer. Bütün bu soğutma sistemindeki suyun dışarıya nakil edilmesi büyük masraf ve atık sistem yapılmasında sorunlar çıkarabilir. Bu yüzden soğutma kuleleri kurularak suyun devridaim işlemi yapılması ve suyun tekrar kullanılmasına başvurulmuştur.

2.2.4 Genleşme Valfi

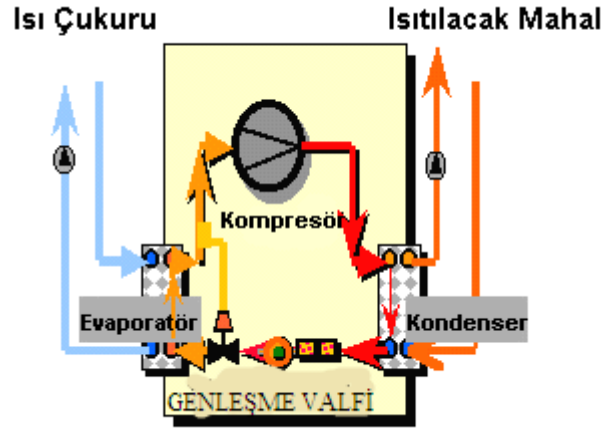
Genleşme valfi, soğutucu akışkanın basıncını arzu edilen basınç değerine düşüren elemandır. Basınç ayarlayıcı olarak kılcal borular kullanılır ve akışkan miktarını ayarlamak için de belli başlı bazı borular kullanılır.

2.3 Isı Pompası Çalışma Prensibi

Isı pompası, dışarıdan enerji verilmesi ile düşük sıcaklıktaki bir ortamdan aldığı ısıyı yüksek sıcaklıktaki ortama veren bir makinedir. Kışın ısıtma maksadı ile kullanılan ısı pompası, yazın da soğutma için kullanılabilir.

Alkol su karışımı ile doldurulmuş polietilen boru toprağın içine yerleştirilir ve toprakta olan ısı alışverişini gerçekleştirmesini sağlar.

Sirkülasyon pompası alkol ve su karışımını ısı çukuru ile ısı pompası arasında dolaştırır.



Şekil 2.5 TKIP Çevrimi

Alkol su karışımı ısı enerjisini ısı çukurundan çekerek buharlaştırıcıya transfer eder ve ısı pompasının işletilmesi için gerekli enerji sağlanır.

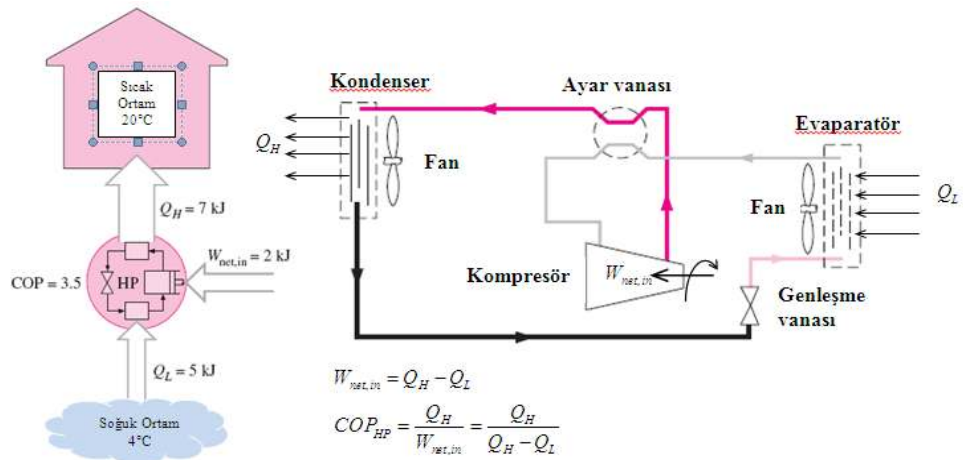
Buharlaştırıcıya aktarılan enerji sayesinde soğutucu akışkan buharlaşır. Soğutucu akışkan kapalı bir devre içinde ve basınç altında dolaştırılır, soğutucu akışkanın basıncı arttırıldığında sıcaklığı da yüksek mertebeye ulaşacaktır.

Soğutucu akışkan buharlaştırıcıdan gaz halinde çıkarak kompresöre ulaşır. Kompresörde sıkıştırılan gaz halindeki soğutucu akışkanın basıncıyla birlikte sıcaklığı da artar.

Kompresörden geçen soğutucu akışkan kondensere ulaştığında ısının büyük bir kısmını plakalı ısı değiştiricileri yardımıyla ısıtma tesisatı çevrimine aktarır. Soğuyan akışkan yoğunlaşır ve sıvı faza gelir Daha sonra genleşme valfinde basıncı düşürülür ve düşük sıcaklıktaki soğutucu akışkan çevrimin başına dönmüş olur.

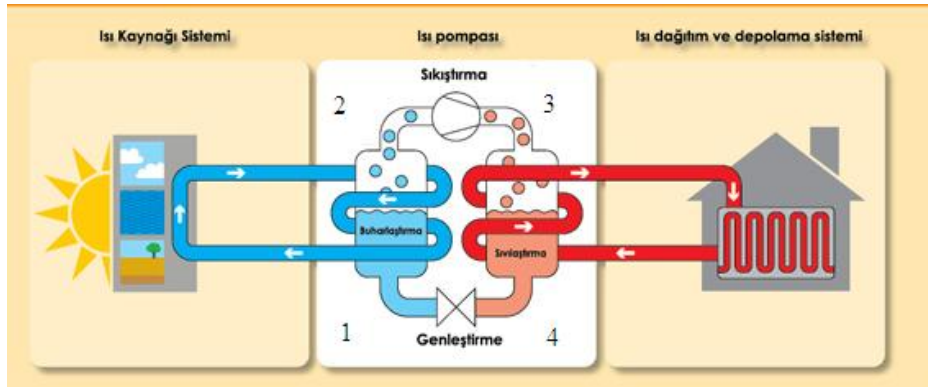
Bir ısı pompasının en önemli karakteristiği performans katsayısıdır (COP). Verimli bir sistemin COP değerleri 4'ten büyük olmalıdır, yani sisteme girilen her bir birim girdi karşılığında 4 birim enerji elde edilir. Genel olarak kullanıma uygun ısı pompalarının COP değerleri 5'in üzerindedir.

Soğutma makineleri ve ısı pompaları aynı çevrimi gerçekleştirirler fakat kullanım amaçları farklıdır. Bir soğutma makinesinin amacı düşük sıcaklıktaki ortamı, ortamdan ısı çekerek çevre sıcaklığının altında tutmaktır. Daha sonra çevreye veya yüksek sıcaklıktaki bir ortama ısı geçişi, çevrimin tamamlanması için yapılması zorunlu bir işlemdir fakat amaç değildir. Isı pompasının amacı ise bir ortamı sıcak tutmaktır. Bu işlevi yerine getirmek için düşük sıcaklıktaki bir ısı deposundan alınan ısı, ısıtılmak istenen ortama verilir. Düşük sıcaklıktaki ısı deposu genellikle soğuk çevre havası, kuyu suyu veya toprak, ısıtılmak istenen ortam ise bir evin içidir.

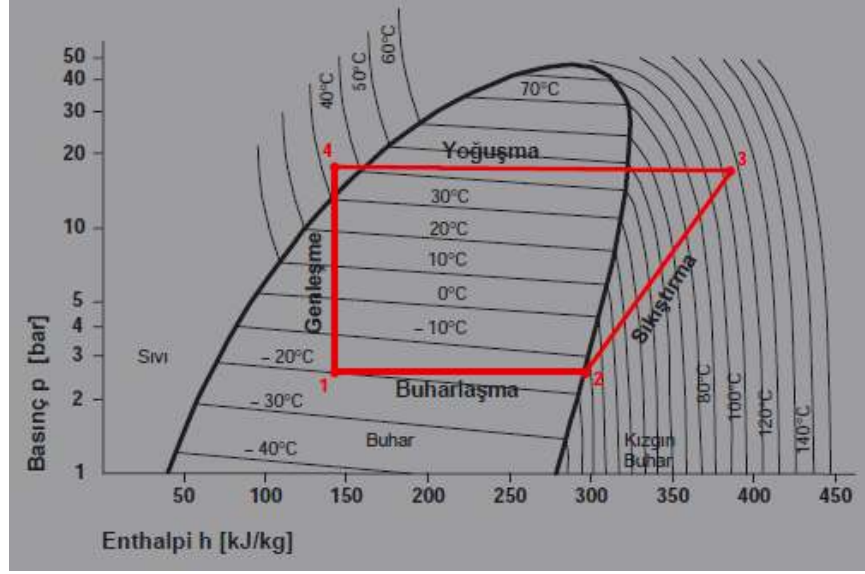


Şekil 2.6 Isı pompasının termodinamik şeması

Şekil 2.6’da görüldüğü gibi ısı pompası ısı kaynağından alınan enerjiyi sisteme vermektedir. Isı pompalarında ısıtma ve soğutma çevrimleri aynı prensiple çalışmaktadır.



Şekil 2.7 Isı pompası çalışma prensibi



Şekil 2.8 Isı pompası ln P-h diyagramı [8]

2.4 Isı Pompalarında Kullanılan Isı Kaynakları

Isının çekildiği ortamın sıcaklığı ile ısının verildiği ortamın ulaşılması istenen sıcaklığının aynı olmaları halinde, ısı pompası maksimum verimde çalışır. Dolayısıyla mümkün olan en sıcak kaynak ısı pompası için en uygun kaynaktır. Aynı zamanda, kaynak sıcaklığının doğrudan kullanılamayacak bir sıcaklıkta olması gerekir. Aksi takdirde ısı pompasına ihtiyaç olmaz.

Isı kaynağını seçerken aşağıdaki ana faktörler göz önüne alınır:

1. Coğrafi durum
2. İklim şartları
3. İlk maliyet
4. Uygunluk

Isı pompası tasarımında başlıca zorluklardan biri de, kullanılacak kaynaklarla ilgili verilerin elde edilmesidir. Isı pompalarında başlıca dört kaynaktan yararlanılır. Bunlar, hava, su, toprak ve güneş enerjisidir. Bunlardan ilk üçü tek başlarına kullanılabilmeyle beraber, güneş enerjisi genellikle yardımcı kaynak olarak kullanılmaktadır. Bu dört kaynağın dışında atık ısı ve lağım sularından da özel durumlarda ısı kaynağı olarak yararlanılır.

2.4.1 Hava

Hava, ısı pompası için tedariki kolay, ucuz ve bol bir ısı kaynağıdır. En önemli yararları, sürekli bulunmasından başka, her ortamda kullanılması, kullanılan ekipmanların makul boyutlarda olması ve düşük işletme ve tesis maliyetleri gerektirmesidir. Ayrıca tasarımı ve uygulaması için, şu anda çok geniş ve ayrıntılı bilgi kaynakları mevcuttur.

Hava kaynaklı ısı pompalarının iki büyük dezavantajı sıcaklık değişimi ve buzlanma problemidir. Hava kaynaklı ısı pompalarının tasarımı hava sıcaklığı değişimi ile çok ilgilidir. Birçok yerde hava sıcaklığının değişimi büyüktür. Buna göre, ısıtma yükü, hava sıcaklıklarının düşük olduğu zaman, yüksek değerlerde olmalıdır. 0 °C veya daha alçak sıcaklıklarda ısı değiştirici yüzeylerinde don meydana gelir. Periyodik olarak donun çözülmesi gerekir.

2.4.2 Su

Kuyulardan, göllerden, nehirlerden, şehir şebekesinden ve üretim işlerinden elde edilen su, ısı kaynağı olarak kullanılabilir.

10m ve daha fazla derinliklerde yer altı suyunun sıcaklığı yıl boyunca çok az değişir. Sıcaklığı ortalama olarak 10 °C'dir. Kuyuların yerleştirildiği sahaya ve suyun çıkarıldığı yer altı suyu stok durumuna göre, yer altı suyu sıcaklığı kış ortasında 8-12 °C ve yaz ortasında 10-14 °C arasında değişir.

Su kaynağı olarak göller, nehirler gibi yerüstü sularından yararlanıldığında ise, sıcaklık kuyu sularına göre daha fazla değişmekle beraber, hava kadar değişmemektedir. Ülkemizde yerüstü sularının genellikle 0 °C'nin altına düşmemesi de su kaynaklı ısı pompalarının kullanımı için ayrı bir yarar sağlamaktadır.

Kaynak olarak su kullanıldığı takdirde, kullanılan suyun kalitesi de önemlidir. Su kalite testi kesinlikle yapılmalı ve içerdiği mineraller korozyon probleminden ötürü önceden incelenmelidir.

Suyu kaynak olarak kullanmanın başka bir yararı ise, ısı değiştiricilerinde ısı geçişinin daha yüksek olmasıdır. Ancak ısı değiştiricilerinin suyla temasıyla sağlayacağı

ısı geçişinden en iyi şekilde yararlanmak ve ömrünü uzatmak için daha verimli ve kompakt yapılmaları gerekmektedir.

2.4.3 Toprak

Toprağın bir yıl boyunca az değişen (1-2 m derinlikte) bir sıcaklığı vardır. Isı bir yıl boyunca güneşin yeryüzüne ısıdığı ve toprağın depoladığı güneş enerjisinden kaynaklanmaktadır. Güneş yazın öğle zamanlarında 1000 W/m^2 -yeryüzü alanı, kışın $50\text{-}200 \text{ W/m}^2$ -yeryüzü alanı ışırlar. Toprağın içinden yeryüzüne akan ısı akısı sadece $0.042\text{-}0.063 \text{ W/m}^2$ -toprak alanı tutmaktadır [11]. Bu nedenle pratikte ihmal edilebilir.

Toprak; sıcaklık sabiti, sıcaklık durumu, yerel ve zamansal varlığı ve de depolama imkanı açısından çok elverişli bir ısı kaynağıdır. Sakıncaları ise; ısı çekilen elemanların yüksek masrafı, toprağın bünyesinden ve yerel ile zamansal değişimlerinden dolayı ölçülmesinin emniyetsizliği, boş toprak alanına olan ihtiyaç, yerleştirilmesindeki güçlükler, tamir veya değişimlerdir. Bu mahsurların yanında sistematik denenmesi ve pratik deneyimlerin değerlendirilmesine dayanarak, bugün hala mevcut emniyetsizlikleri ortadan kaldırmak ve uygun metotlarla toprağı küçük taban alanı ihtiyacıyla yetinerek kullanmak uygundur.

Toprak altına gömülen borulardan doğrudan soğutucu akışkan veya daha ucuz olması bakımından, genellikle, salamura geçirilir. Bu ısı geçişini sağlayan yüzeyler (toprak ısı değiştiricileri), yatay ve dikey olmak üzere iki şekilde yerleştirilir.

Toprağın bileşimi, yoğunluğu, içerdiği nem miktarı ve gömme derinliği, toprak ısı değiştirici seçimini ve boyutlandırılmasını etkiler. Toprak özelliklerinin zamana bağlı olarak değişmesi projelendirmede güçlük yaratan sebeplerden birisidir. Aynı şekilde ısı pompası çalıştırıldığı andan itibaren toprağın özelliklerini değiştirir. Örneğin; ısı pompası ile ısıtma yapıldığı takdirde, toprak ısı değiştiricisine yakın yerlerde toprak sıcaklığı düşer. Dolayısıyla bu bölgede nem miktarı ve toprak özellikleri değişir. Geri dönüş suyu sıcaklığı da aynı sebeple düşer ve bu da, ısı pompasının gerek kapasitesini gerekse ısıtma tesir katsayısını doğrudan etkiler. Soğuk yörelerde, ısıtma yapıldığı süre içinde toprağa yeteri kadar ısı girişi olmazsa; kış aylarında topraktan sürekli çekilen ısı nedeniyle, toprağın donması tehlikesi de mevcuttur.

2.4.4 Güneş

Güneş yeryüzüne sürekli olarak yüksek miktarda enerji ısıtır, öyle ki yazın öğlen zamanı bu enerji miktarı 1000 W/m^2 , kışın yeryüzünde sadece $50\text{-}200 \text{ W/m}^2$ 'dir. Bu enerjiden alışlagelmiş güneş kolektörleri ile % 50 yararlanılabilir. Güneş enerjisinden tek başına veya diğer kaynaklarla birlikte yararlanılır.

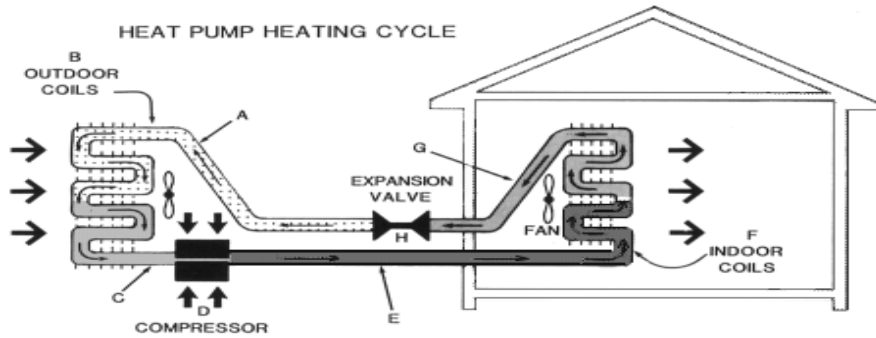
Kaynak olarak güneş enerjisinden yararlanıldığında iki sistem söz konusudur. Bunlar direkt ve endirekt sistemlerdir. Direkt sistemlerde buharlaştırıcılar doğrudan güneş kolektörüne yerleştirilir. Endirekt sistemlerde ise kolektörlerden su veya su buharı geçirilerek kaynak olarak bunlardan yararlanılır. Ancak hava kaynağında olduğu gibi, ısı ihtiyacı bulunan günlerde güneşten elde edilebilecek enerji az olduğundan; ek bir ısıtma tesisatına veya ısıнын depolanmasına ihtiyaç vardır ki bu da zaten pahalı olan sistemin maliyetinin artmasına neden olur.

2.5 Isı Pompası Çeşitleri

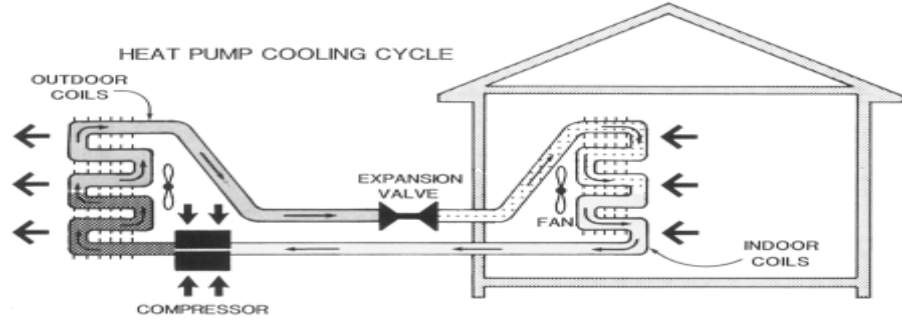
Isı pompalarını basitçe ısı kaynağı bakımından üç öge üzerinde inceleyebiliriz. Bunlar şöyledir ;

- Isı Kaynağı "Su" Olan Isı Pompaları
- Isı Kaynağı "Hava" Olan Isı Pompaları
- Isı Kaynağı "Toprak" Olan Isı Pompaları

Şekil 2.9 ve 2.10'da ısıtma ve soğutma yapan bir ısı pompası çeşidi görülmektedir.



Şekil 2.9 Isıtma esnasındaki ısı pompası

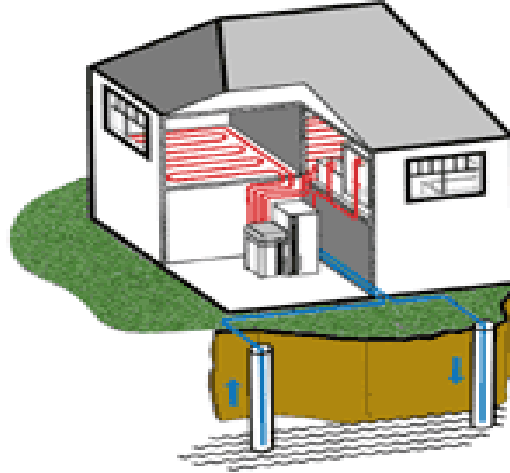


Şekil 2.10 Soğutma esnasındaki ısı pompası

2.5.1 Su Kaynaklı Isı Pompası

Toprağın ulaşılabilir derinliğinde sürekli akışı olan yeraltı su kaynağı bulunması durumunda bu kaynaktaki su ısı kaynağı olarak kullanılabilir. $+8^{\circ}\text{C}$ ila $+12^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkları arasındaki su optimal bir işletmeye imkan tanır. Bu sistemlerde, yeraltı suyu açılan bir kuyu ile topraktan emilir, ısı pompasında kullanıldıktan sonra emiş kuyusuna 15 metre uzaktaki bir geri basma kuyusu ile tekrar toprağa gönderilir.

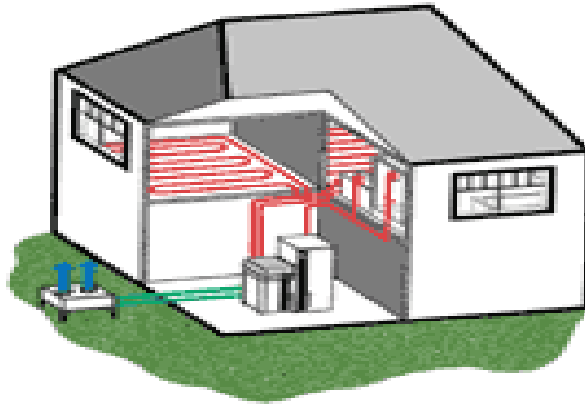
Su kaynaklı ısı pompalarını da basitçe şöyle sınıflandırabiliriz. Bunlar sudan – suya toprak kaynaklı ve deniz kaynaklı ısı pompalarıdır.



Şekil 2.11 Su kaynaklı ısı pompası

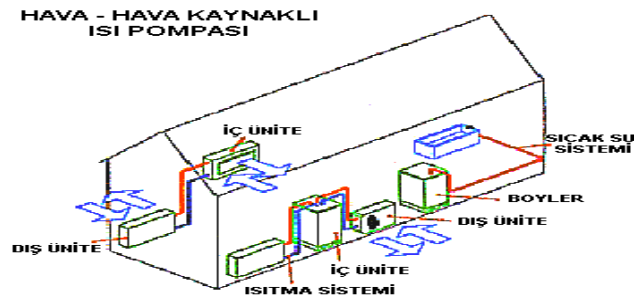
2.5.2 Hava Kaynaklı Isı Pompası

Yeraltı su kaynağı olmaması ve topraktan ısı alınmasının çeşitli nedenlerle mümkün olmaması durumunda, ısı kaynağı olarak dış hava kullanılır. Bu tür ısı pompaları, mevcut sistemlere yapılan ekler ve çiftli işletim sistemleri için ideal çözümdür. Isı pompasında mevcut olan donmayı önleyici sistem sonucu, dış hava sıcaklığının -18°C soğuk olması halinde bile kusursuz bir çalışma mümkündür. Bu sistemlerde, ısı pompası bina içine, buharlaştırıcı sistem ise bina dışına kurulur.



Şekil 2.12 Hava kaynaklı ısı pompası

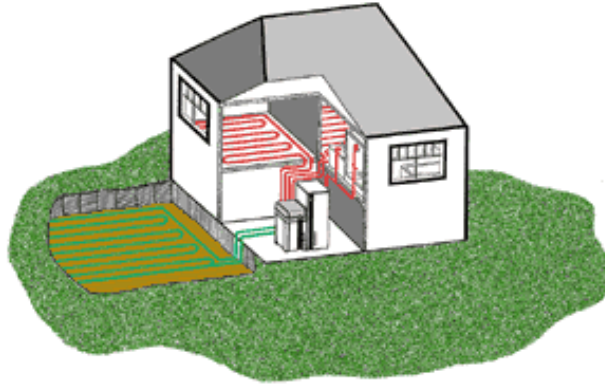
Ev içindeki havadan yararlanabilmek için ev, bir havalandırma sistemiyle havalandırılabilmelidir. Havalandırma, kullanışlı bir vantilatör sistemiyle tamamlanmalıdır. Bir hava ısı pompası, evdeki havalandırmayı artırır. Bu da genellikle, küf, rutubet ve radon gazı problemlerini çözer. En büyük kazancı, hem sıcak su hem de radyatör suyu için harcanan ısıyı kullanabilmesidir. Bu tip ısı pompaları bir ünitenin içine monte edilmiştir.



Şekil 2.13 Hava kaynaklı ısı pompası tesisatı

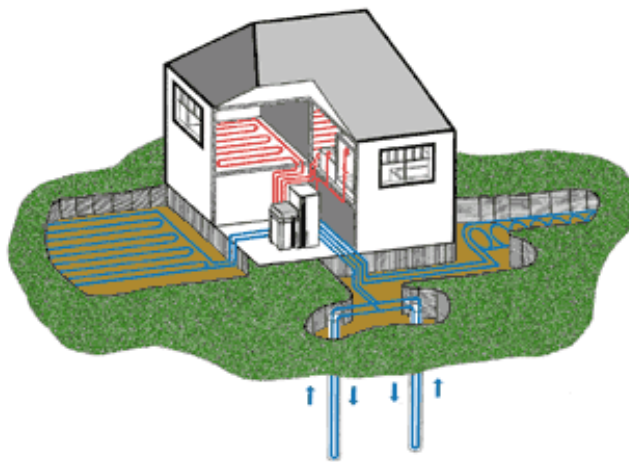
2.5.3 Toprak Kaynaklı Isı Pompası

Toprak ısısı %98 oranında depolanmış güneş enerjisidir. Toprak, kışın en soğuk günlerinde bile, en uygun işletme için gerekli olan sıcaklık değerlerine sahiptir. "Toprak kolektörleri" adı verilen özel kolektörler toprağa yerleştirilerek topraktaki ısı alınır. Toprak kolektörlerinin içinde dolaşan ısı taşıyıcı sıvı topraktaki ısıyı, ısı pompasına iletir. Isı taşıyıcının cinsine göre " direkt ısıtma " veya " sole " adı verilen işletim sistemleri söz konusudur.



Şekil 2.14 Toprak kaynaklı ısı pompası (direkt ısıtma tipi)

Direkt ısıtmada, ısı pompasının çalışma elemanı olan Freon 407 C (R 407C) gazı toprak kolektörünün içinde dolaşır. Bu durumda, ısı transfer plakaları ve sole pompası kullanılmaz.



Şekil 2.15 Toprak kaynaklı ısı pompası (sole tipi)

Sole seçeneğinde ise ısı taşıyıcı olarak sole (antifrizli su) dolaştırılarak ısı topraktan alınır ve ısı pompasına iletilir.

Bu durumda, toprak kolektörleri farklı şekillerde döşenebilir, bunlar;

- Yeterli arazi olduğu takdirde, ısıtılacak yapının takriben 1.5 katı büyüklüğünde bir alana, yer seviyesinin 1.5 metre altına döşenmesi
- Yeterli arazi olmaması halinde, borunun spiral şekilde döşenmesi
- Derin delik (sonda) uygulaması

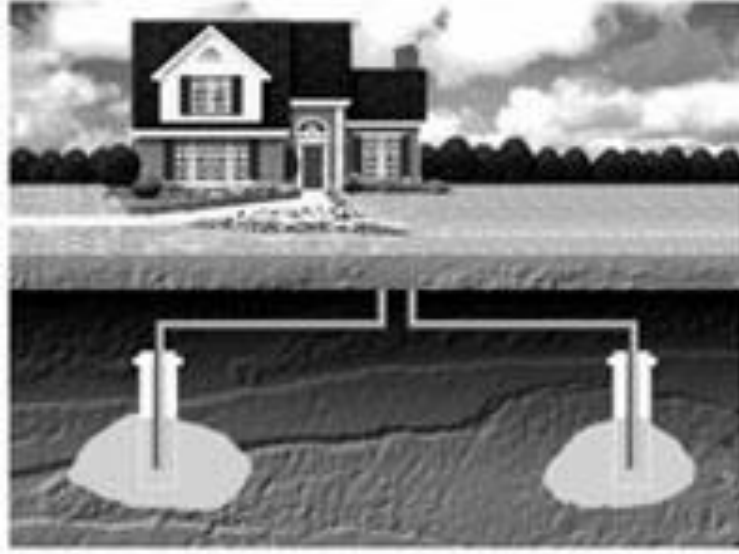
2.5.3.1 TKIP Çeşitleri

2.5.3.1.1 Açık Çevrim Sistemler

Açık çevrimli sistemler kapalı çevrimli sistemlere göre daha az tercih edilmesine karşılık kaynak suyunun bol olduğu yerlerde kullanılabilirler. Amaç maliyetin daha az olmasını sağlamaktır. Sistemde gömülü olan borunun içinden akan sıvı akışkan yerine, göl, kuyu gibi kaynaklardan gelen su kullanılır. Yeraltında bulunan su bir kuyudan çekildikten sonra ısı değiştiriciye ısı transferi yapıldıktan sonra tekrar geri boşaltılır. Bu boşaltma ya deşarj kuyusuna ya da tekrar alındığı kaynağa verilir. Hem su ihtiyacını karşılamakta hem de ısı pompasında kullanılan bir sistemdir.

Sistemde deşarj olayı mevcut olduğundan dolayı performansı yüksektir. Yıl boyunca da yer altı su sıcaklığının sabit olması sistemin avantajıdır.

Açık sistemlerin en önemli unsuru su kalitesinin yüksek olması gerekesidir. Suda korozyona neden olacak maddelerin bulunması, mineraller ısı değiştiricisinde birikebilir, demir ve diğer kirler dönüşüm kuyusunu tıkayabilir. Bu yüzden suya aşındırıcılık, asitlik ve mineral içeriği testlerinin yapılması gerekmektedir. Açık çevrimli sistem örneği Şekil 2.16'de gösterilmiştir.



Şekil 2.16 Açık çevrimli sistem örneği

Sistemde çevreye zarar söz konusu olduğundan bazı yerlerde kullanılması yasaklanmıştır. Suyun geri verilmeme durumu, bulaşıcı riskinin taşınması, organik bileşiklerin taşınması gibi olumsuz etkileri vardır. Toprak altına yerleştirilen boruların yerleşim şekilleri ve bina içi yerden ısıtma soğutma sistemi Şekil 2.17’de verilmiştir. Bu şekilde;

A Isı Pompası

B Bina İçi Isıtma Soğutma Sistemi

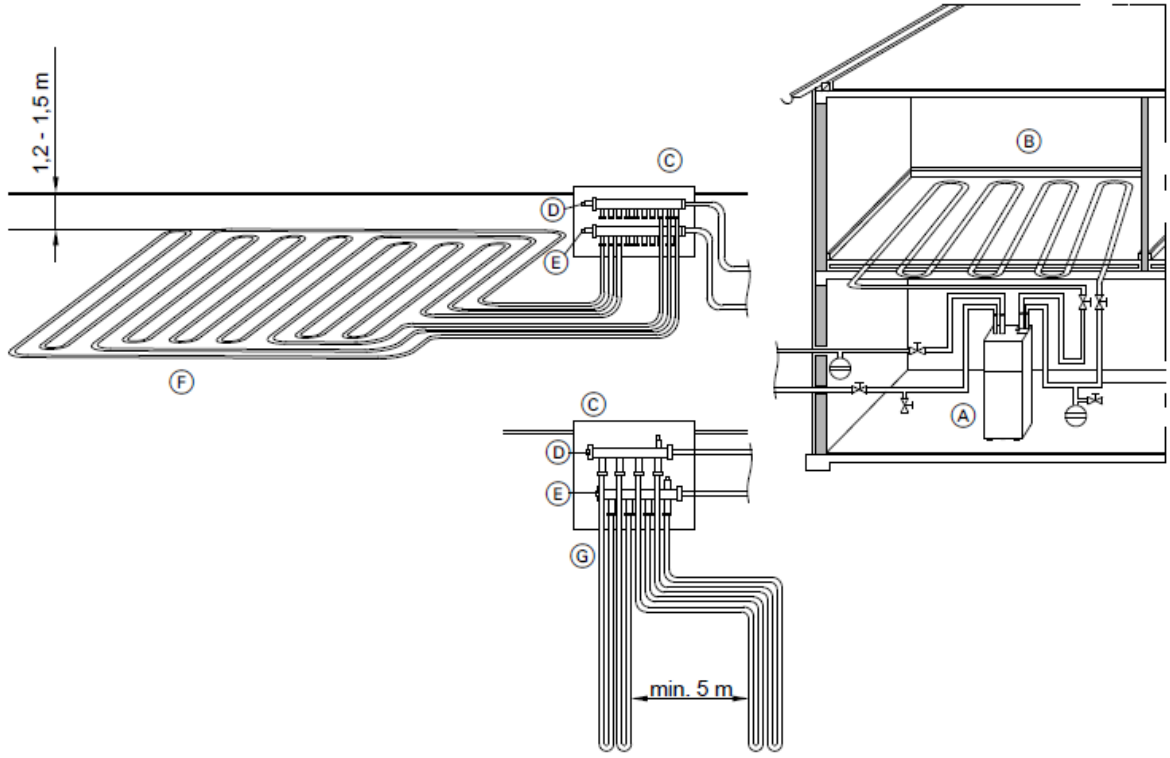
C Isı Değiştirici Şaftı

D Gidiş Kolektörü

E Dönüş Kolektörü

F Yatay Toprak Altı Borulama

G Düşey Toprak Altı Borulama



Şekil 2.17 Toprak altı ısı değiştiricisinin yerleşim şekli [14]

2.5.3.1.2 Kapalı Çevrim Sistemler

Kapalı çevrim sistemler ekonomik olması, emniyetli olması ve kullanım alanlarının fazlalığı nedeniyle en çok kullanılan sistemdir. Isı değiştirici olan sıvı akışkan devamlı sirküle olmaktadır. Isı taşıyıcı olarak genellikle su-antifriz karışımı kullanılır ve boru sistemi de en çok tercih edilen polietilen malzemesindendir.

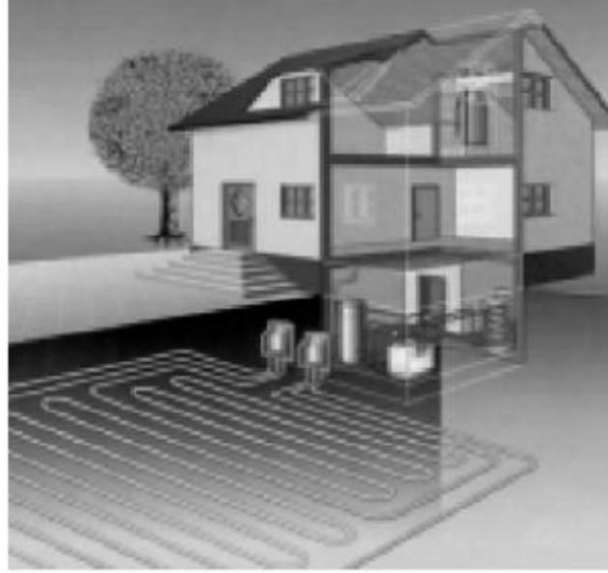
Kapalı devre çevrim sistemleri, toprak ısı değiştirici tiplerine göre yatay ve dikey olmak üzere iki gruba ayrılırlar.

2.5.3.1.2.1 Yatay Tip Toprak Kaynaklı Isı Pompaları

Isı değiştirici olarak en yaygın olan sistemdir. Sistemde boru veya borular toprağa yatay olarak gömülürler. Genellikle küçük yapılar ve ticari binalarda kullanılırlar.

Yatay tip değiştiricilerde borular genellikle 0.9-1.8 m derinliklere gömülürler. Boru hatları arasındaki mesafe de 0.3-0.6 m arasında alınabilir [15],[16].

Dikkat edilmesi gereken bir husus, boru döşenmesi için açılan hendeğin boru döşendikten sonra toprak-boru ısı transferinin en iyi olması için iyi bir şekilde sıkıştırılması gerekmektedir. Şekil 2.18’de yatay bir sistem şematik olarak verilmiştir.



Şekil 2.18 Yatay toprak ısı değiştiricisi [7]

Yatay boruların yüzeye olan mesafesinin bu tip ısı sistemlerinin performansına etkisinin önemine yukarıda değinmiştik. Borular genelde; yüzeyden 0.9-1.8 m derinlikte ve 0.9-1.8 m aralıklarla yerleştirilmelidir. Yeraltı konstrüksiyonlu ısı sistemlerinde, toprak türüne bakılmaksızın, yüzeyden 2 m derinliklerde, dış ortam şartlarının sistem performansı üzerinde etkisinin olmadığı gözlenmiştir [17]. Ancak, hendeğin derinliği arttıkça kazı maliyetinin; dolayısıyla ısı sistemin ilk yatırım maliyetinin artması da göz ardı edilmemelidir [4].

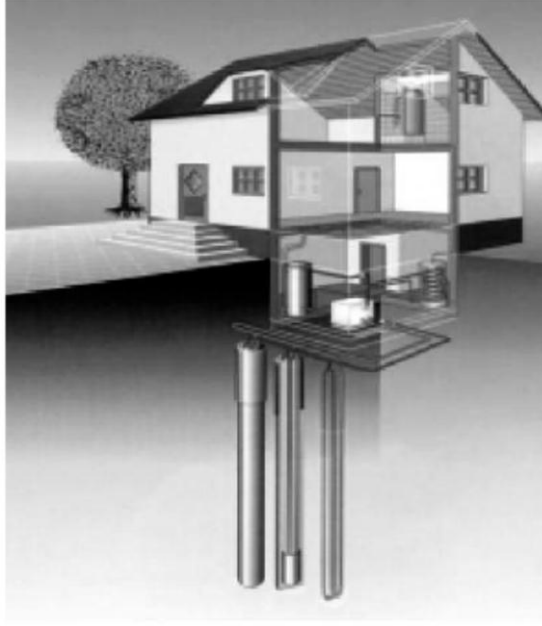
Literatürde, en yaygın yatay ısı değiştiricilerinin $\frac{3}{4}$ ", 1", 1 $\frac{1}{2}$ " lik tek borulu 0.5-2.5 m derinliğe ve birbirinden 0.6-2.5 m aralıklarda döşenmiş yatay ısı değiştiricileri olduğu belirtilmiştir [4]. Bu tip ısı değiştiriciler, genelde temel kabul edilir ve diğer ısı değiştiricilerinin iyilik dereceleri bunlara göre mukayese edilir. Yatay toprak ısı değiştiricilerinde, 700 m boru boyu, 2" boru çapı ve 1 lt/s akışkan debisi kullanılabilir üst sınır değerleri olarak kabul edilir [18]. Çizelge 2.1’de boru çaplarına göre pratikte uygulanan uzunluk sınırları verilmiştir.

Çizelge 2.1 Boru çapı ve boyu arasında tavsiye edilen değerler [4]

BORU ÇAPI (inç)	BORU UZUNLUĞU (m)
$\frac{3}{4}$	≤ 150
1	≤ 230
$1 \frac{1}{4}$	≤ 900
$1 \frac{1}{2}$	≤ 1200
2	≤ 2500

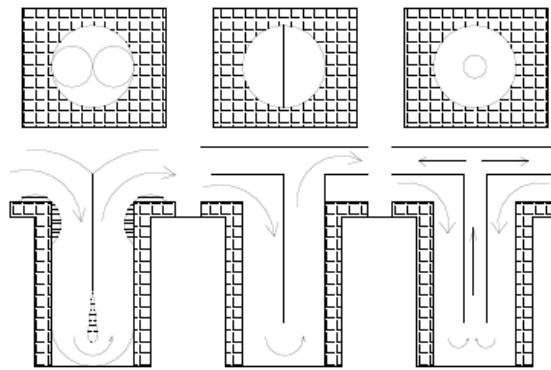
2.5.3.1.2.2 Dikey Tip Toprak Kaynaklı Isı Pompaları

Dikey (düşey) tip ısı değiştiricileri yeteri kadar alanın olmadığı ve hendek açmanın zor oldu bölgelerde kullanılan ısı pompası türüdür. Dikey tip ısı değiştiricilerinin yerleştirilme şekilleri, kesit geometrilerine göre U-tüp, bölünmüş tüp ve eş eksenli tüp olmak üzere sınıflandırılırlar. Burada çeşitli çaplardaki borular genellikle 40-150 m derinlik açılmış kuyulara gömülebilirler [4]. Dikey tip ısı değiştirici şekilleri Şekil 2.19’de verilmiştir.



Şekil 2.19 Dikey tip ısı değıştircisi [7]

Ayrıca düşey ısı değıştircisi boruları farklı geometrilerde uygulanabilir. Şekil 2.20 ‘de verilen U-tüp, bölünmüş ve eş eksenli borular toprakta açılmış kuyuya yerleştirilirler [4]. Borular yerleştirildikten sonra kuyudaki boşluk; standart bentonit, ısı özellikleri iyileştirilmiş bentonit ve kum gibi bazı dolgu maddeleri kullanılarak doldurulur. Bu yolla ısı sistemin performansının iyileştirilmesi hedeflenir. Dolayısıyla düşey boruların birbirine olan mesafesi enerji nakli için büyük önem arz etmektedir. U-tüp boru çapları, $\frac{3}{4}$ ”-2” arasındadır. Isı değıştircisi derinliği, basınç düşmesi ve ısı geçişi göz önünde bulundurularak boru çaplarına göre 15–185 m arasında değışir.



Şekil 2.20 Düşey borulu sistemde ısı taşınımı için üç farklı kanal uygulaması [7]

Toprak ısı değiştiricili ısı pompası sistemlerinin tasarımında, ısı değiştiricisinin döşenmesi gereken alanın azaltılmasının bir amaç olduğu düşünülürse, dikey yer ısı değiştiricili ısı pompası sistemlerinin diğer sistemlerden en büyük avantajı ortaya çıkar. En az boruya ihtiyaç duyma, pompalama enerji ihtiyacının diğer sistemlere nazaran daha az olması, tüm sistemler içinde en az yüzey alanına ihtiyaç duyan sistem olması, toprak sıcaklığının mevsimlik değişimlerinden etkilenmemesi dikey toprak ısı değiştiricilerinin diğer avantajlarıdır. Delme makineleri ve ekipmanları gerektirmesi, delme işleminin hendek açma işleminden pahalı olması dikey ısı değiştiricilerin dezavantajlarından [12].

2.5.3.2 TKIP'nın Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları [12]

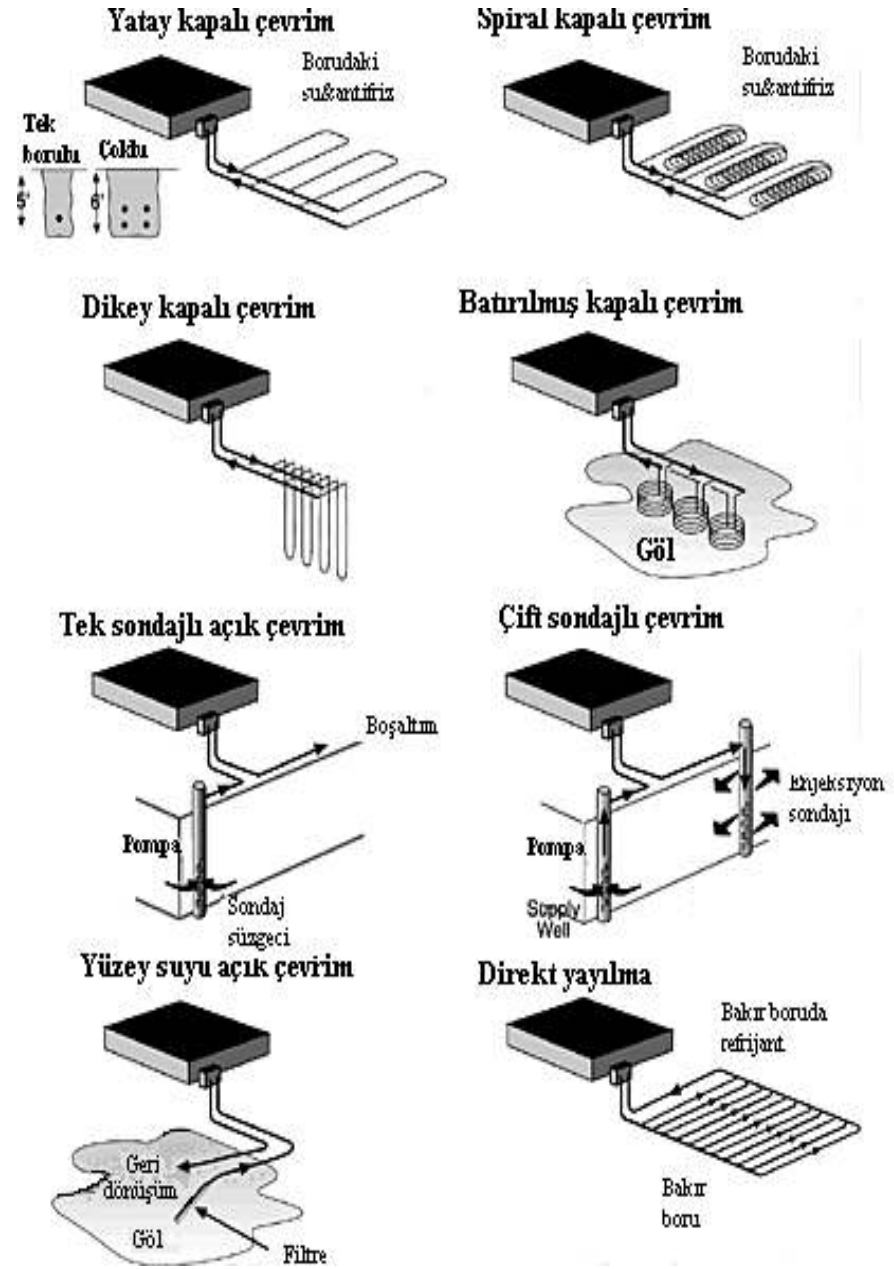
- Yüksek verim ve kararlılık kapasitesi: TKIP sistemleri iyi tasarlandığı ve uygun bir şekilde kullanıldığından dolayı diğer sistemlere göre daha verimli ve ekonomik olarak daha iyi sonuçlar verir. Toprak kaynaklı ısı pompaları dış hava sıcaklıklarıyla fazla bağlantılı olmadığından kapasitelerinde kararlılık söz konusudur.
- Konfor ve hava kalitesi: TKIP sistemleri gizli soğutma etkilerini karşılamadan yüksek verim yakalayabilirler. Yüksek verimi yakalamanın bir başka yolu kompresörün basma basıncının, emme basıncına oranının azaltılmasıyla da elde edilir. Bu sonuç nem alma kapasitesini düşürerek konfor ve iç ortam hava kalitesine neden olmaktadır. Bu durumun yaşandığı yapılar genellikle ofisler ve büyük toplumsal binalarda rastlanılır.
- Basit kontrol ekipmanları: TKIP sistemlerinde konfor ve verimlilik değerlerinin kontrolünü yapan sistemlerinin kullanılmasına gerek yoktur. Çünkü ısı pompası sisteminin zaten büyük bir yatırım maliyeti vardır, birde bu sisteme ek olarak diğer kontrol ünitelerinin maliyetinin katılması iyi bir sonuç doğurmaz.
- Düşük bakım maliyeti: TKIP toprak altına yerleştirildiklerinden dolayı dış ortamdan etkilenecek bir sorun olmaz. Yani sistem iç ünite olarak yerleştirilmiştir.
- Yardımcı ısıtmaya ihtiyaç yoktur: TKIP sistemleri uygulandığı bölümün ısı ihtiyacını karşılayacak şekilde yapıldığından dolayı ek bir ısıya gerek duymaz.

- Düşük kullanma sıcak suyu ısıtma maliyeti: çoğu yapıda iç yüklerden dolayı ortaya çıkan fazla ısı söz konusudur. Bu ısı sıcak su ihtiyacını karşılamak için kullanılabilir. Bu nedenle ısı kazanım serpantinleri kullanılmıştır.
- Dış ünite de ekipman olmaması: dış ünite de ekipman olmaması nedeniyle dışarıda yer işgal etmemektedir.
- Paketlenmiş ekipman: TKIP sistemleri paket halde bulunmaktadır. Bu yüzden bir kaçak olması, yanlış bağlantı gibi sorunlar söz konusu değildir.
- Çevre dostu: çevre kirliliği ve zararlı madde emülsiyonları düşüktür.
- Mükemmel ömür ve döngü maliyeti: TKIP sistemleri yüksek maliyetine karşılık 3 temel karakteristiğinden ötürü ömür ve döngü maliyeti açısından üstündür; düşük enerji, az bakım, uzun süre ekipman ömrü.

Dezavantajları[12];

- Yüksek ilk yatırım maliyeti: konutlardaki standart fiyatların iki katı daha fazlasına mal oluşları, ek işlemler maliyetin yüksek olmasına neden olmaktadır.
- Performansın toprak altı borularına bağlı olması: TKIP sistemleri verimliliği toprak altında bulunan ısı taşıyıcı borulara bağlıdır. Bu yüzden çok iyi bir tasarım söz konusu olmalıdır.
- Ehliyetli tasarımcıların sınırlı sayıda olması: TKIP sistemleriyle ilgilenen teknikerlerin sayıları dünya üzerinde sınırlı ülkemizde ise yok denecek kadar azdır. Bu yüzden müteahhitlerin yüksek maliyetten sorumlu tutulması ve bu işten uzak durmalarına neden olmaktadır.

Şekil 2.21’da TKIP uygulamalarının farklı şekillerdeki toprak altı boru uygulamaları görülmektedir.



Şekil 2.21 Farklı toprak altı boru uygulamaları [9]

Örnek binanın her dairesi şekil 3.2’de de görüldüğü gibi 3 oda 1 salon 1 mutfak 1 banyo ve 1 tuvaletten oluşan 100 m²’lik dairelerdir. Çizelge 3.1’de verilen genel özelliklerin yanı sıra Ek-1’de de örnek binanın tüm mahallerinin ısı kaybı ve kazancı hesapları verilmiştir. Yapılan bu hesaplar sonucunda da örnek binanın ısı kaybının 810 kW, ısı kazancının ise 439 kW olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.1 Örnek bina genel özellikleri

Örnek binanın brüt hacmi	28.000 m ³
Örnek binanın kullanım alanı	10.000 m ²
İklimlendirilen alan	6000 m ²
Örnek binanın toplam pencere alanı	1200 m ²
Örnek binanın toplam dış duvar alanı	3300 m ²
Örnek binanın toplam çatı alanı	625 m ²
Örnek binanın toplam zemin alanı	625 m ²

Örnek binanın ısıtması ve soğutması için tasarımı düşünülen TKIP’nın, bina içindeki ısı alışverişi yerden ısıtma ve yerden soğutma sistemiyle yapılacaktır. Sistem karşılaştırılması ve para geri ödeme süresi hesabı için ise TKIPları doğalgazlı ısıtma sistemi ve klima santrali uygulamaları karşılaştırılacaktır. Doğalgazlı sisteminde yine yerden ısıtma ve soğutma sistemi kullanılacaktır. Klima santralleri iklimlendirilecek mahallere kadar giden hava kanalları yardımıyla iklimlendirme yapacaktır. Ancak soğutmayı da göz önünde bulundurduğumuz taktirde, daha sağlıklı karşılaştırma yapabilmek adına, doğalgazlı sistemde ve klima santrali sisteminde soğutmanın, soğutma grubu yardımıyla yapılması öngörülmektedir.

3.2 Toprak Kaynaklı Isı Pompası Uygulaması ve Ekonomik Analizi

3.2.1 TKIP Uygulaması

Toprak kaynaklı ısı pompaları (TKIP) yeraltındaki depolanmış enerjiyi kullanmak için tasarlanmış olan ısıtma ve soğutma sistemleridir. Toprağın altına bulunan boru sistemi ile ısıyı alır ve aktarıcı organları ile ısının taşınmasını ve transferini sağlar. Sistemde toprağın altından ısıyı belirli hesaplamalar sonucunda uzunlukları belli olan polietilen kaplı ve içinden ısı taşıyıcı soğutucunun geçtiği borular

vasıtasıyla alır. Buradan ısı kapalı devre akışkanı tarafından ısı pompası eşanjörüne taşınır. Bu devrede akışkanı taşıyan sirkülasyon pompası da bulunur. Akışkanın devridaim olayı böyle devam eder ve ısı bir yerden bir başka yere transfer olmaktadır.

TKIP günümüz şartlarında alternatif bir sistem olarak konutların, işyerlerinin vb. yapıların ısıtma ve soğutma olaylarını gerçekleştirilir.

3.2.1.1 İç Tesisat

Örnek bina iç tesisatı, ısı pompaları sıcaklık çalışma aralıkları için en ideal sistem olan yerden ısıtma sistemi olması planlanmıştır. Doğalgaz ile ısıtma sistemiyle de çalışabilen bu sistem ayrıca mahal soğutması için de uygundur.



Şekil 3.3 Yerden ısıtma ve soğutma sistemi

Yerden ısıtma sistemleri ısıtılan hacimlerde hiçbir cihaz bulunmaması nedeni ile mimarlar tarafından tercih edilmektedir. Döşeme yüzey sıcaklığının 29°C nin üzerinde olması odada bulunan insanları rahatsız etmeye başlamaktadır. Çok fazla cam yüzeye sahip yapılarda, kuzeye bakan mahallerde ve özellikle soğuk iklim bölgelerinde ısı kaybı fazla olduğu için döşeme birim alanından verilmesi gereken ısı miktarı fazla olacaktır. Hem birim alandan fazla ısı gereksinimi hem sıcaklık sınırlaması döşemeden ısıtma sisteminin tasarımını zorlaştırmaktadır. Diğer taraftan bir boru devresinin 90 metre civarında sınırlandırılması sistemi oluştururken ayrı bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sonuç olarak yapının ısı kaybı, döşeme özellikleri, ortam sıcaklığı gibi birçok parametreye bağlı olarak, iç ortama ısı aktarılmaktadır. Isı aktarımında ise borular arası mesafenin çok büyük önemi bulunmaktadır. Borular arası mesafenin doğru hesaplanması yerden ısıtmada çok önemlidir. [13]

Diğer sıcak sulu ısıtma sistemlerinin birçoğunda olduğu gibi yerden ısıtma da kapalı devre yöntemi ile çalışır yani uygulama hazırlandıktan sonra sisteme bir kez su alınır ve aynı su sistem içinde ısı kaynağı (kombi, kazan, güneş enerjisi, ısı pompası v.s.) ve zemin arasında dolaştırılır, ısı kaynağında ısınan su zeminde dolaşarak ısınıp zemine dolayısı ile mekana verir, sonra ısı kaynağına yönelir ve kaybettiği ısıyı tekrar kazanır, bu dönence sürekli devam eder. Devir daim için su şebekesinden sürekli su alınmaz, sadece ısısal etkileşimler neticesinde önemsiz derecedeki buharlaşma gibi kayıplar sistem tarafından şebekeden su alınarak karşılanır.

Yerden soğutma sisteminde ise, zemine yakın soğutulan havanın sirkülasyonunun nasıl sağlanacağı, zeminden ortama ısı transferinin nasıl sağlanacağı, istenen değerler ulaşmak için aşırı enerji sarfıyatı gibi sıkıntılara rağmen bu sistemde asıl amaç mahali aşırı soğutmak değil serinletmektir. Kurulacak TKIP ile yazında sistemi çalıştırarak bu konforu sağlamak mümkündür.

Yerden ısıtma sistemi boru metrajı hesabı Ek 3'te verilmiştir. Bu hesaplamada tek bir dairenin mahallerinin konumuna ve ebatlarına göre farklı modülasyonlar kullanılarak ve ısı kaybından yola çıkarak kullanılacak boru metrajı hesaplanmıştır. Her bir daire için toplam 466 m PE-RT boru gerekmektedir. Tüm bina içinse 27 960 m boru ihtiyacı vardır.

3.2.2 TKIP Seçimi

Örnek binanın ihtiyaç duyduğu 810 kW ısıtma, 439 kW soğutma değerleri için seçilecek TKIP VIESMANN VİTOCAL 300-G PRO'dur. 10°C-35°C aralığında 302 kW ısıtma, 252 kW soğutma kapasitesine sahip TKIP olan bu cihazdan 3 adet kaskad sistemi ile uygulanması öngörülmüştür. [14]



Şekil 3.4 TKIP VIESMANN VİTOCAL 300-G PRO [14]

3.2.2.1 Sistem Bilgileri

F_k - Toplam yaşam alanı	: 6000 m ²
Q_h - Toplam yapı ısı ihtiyacı	: 810 kW
$T_{dış}$ -Dış sıcaklık	: - 10° C
T -Yıllık ortalama hava sıcaklığı	: 15°C
T_m -Yıllık ortalama toprak sıcaklığı	: $T + 1.1^{\circ}\text{C}$ [15]
T_d -Yılın en düşük toprak sıcaklık değeri	: $T_m - 5$ [15]
T_y -Yılın en yüksek toprak sıcaklık değeri	: $T_m + 5$ [15]

$T_{\max}$ -Üniteye girecek en yüksek su sıcaklığı : 35°C [14]

$T_{\min}$ -Üniteye girecek en düşük su sıcaklığı : 10°C [14]

Isı kaynağı : Toprak

İşletme şekli : Isıtma ve Soğutma

Binaya ait ısı kayıpları, kat yükseklikleri vb. değerler ve ısı kaybı hesap sonuçları Ek 1’de, ısı kazancı hesap sonuçları ise Ek 2’de verilmiştir.

3.2.2.2 Toprak Altı Boru Bilgileri

Toprak altında kullanılan sistem, borular, ısı taşıyıcı akışkan, sirkülasyon pompasıdır. Toprak altında kullanılacak olan sistem korozyona dayanıklı, uzun ömürlü plastik malzemeden yapılmıştır. Boru çaplarına göre direnç değerleri Çizelge 3.2’de hesaplamalar yapılarak bulunur.

Boru malzemesi: PESCH40

Çizelge 3.2 Boru direnci [15]

R_b (yatay) / R_b (düşey) $m^{\circ}C/W$				
Boru çapı	PESCH- 40	PESDR- 11	PESDR- 17	PESDR-13 5
$\frac{3}{4}$ "	0.17 / 0.116			
1"	0.159 / 0.109			
1 $\frac{1}{4}$ "	1.130 / 0.089	0.144/0.096	0.16 / 0.11	0.20 / 0.14
1 $\frac{1}{2}$ "	0.117 / 0.080			
2"	0.98 / 0.068			

3.2.2.3 Toprak Bilgileri

Toprak derinliğinden 20 m ile 100 m arasında su ile karşılaşılacağından toprak nemli kabul edilmiştir.

Toprak direnç değerinin bulunması için Çizelge 3.3 kullanılmaktadır.

Çizelge 3.3 Toprak direnci [15]

		R _t (Ağır Toprak-Nemli)										R _t (Kaya)
		R _t (Ağır Toprak-Kuru veya Hafif Toprak-Nemli)										R _t (H.Nemli)
												
BORU ÇAP	3/4"	1.02 1.38	1.06 1.44	1.09 1.47	1.11 1.49	1.31 1.77	1.37 1.84	2.05 2.75	2.15 2.86	2.11 2.85	1.88 2.53	0.60 1.06
	1"	0.97 1.32	1.02 1.37	1.04 1.40	1.06 1.42	1.26 1.70	1.32 1.77	2.00 2.88	2.10 2.79	2.07 2.78	1.84 2.47	0.57 1.01
	1 1/4"	0.92 1.25	0.97 1.31	0.99 1.34	1.01 1.36	1.22 1.63	1.27 1.70	1.96 2.61	2.05 2.72	2.02 2.71	1.79 2.40	0.54 0.96
	1 1/2"	0.89 1.21	0.94 1.27	0.97 1.30	0.98 1.32	1.19 1.59	1.25 1.66	1.92 2.57	2.02 2.68	1.99 2.67	1.76 2.36	0.53 0.94
	2"	0.85 1.15	0.89 1.20	0.92 1.24	0.94 1.26	1.14 1.53	1.20 1.60	1.88 2.51	1.98 2.62	1.94 2.61	1.71 2.29	0.50 0.89

3.2.2.4 Yer Sıcaklık Bilgileri

Malatya'da yıllık ortalama hava sıcaklığı $T = 13.75^{\circ}\text{C}$ dir.

$$T_m : 13.75 + 1.1 = 14.85^{\circ}\text{C}$$

$$T_d : 14.85 - 5 = 9.85^{\circ}\text{C}$$

$$T_y : 14.85 + 5 = 19.85^{\circ}\text{C}$$

3.2.2.5 Isı Pompası Teknik Bilgileri

Örnek binanın ısıtılması ve soğutulması için seçilen TKIP VIESMANN VITOCAL 300-G PRO model ısı pompası seçilmiştir. Tüm bilgiler firma yetkilisi ve kataloglardan edinilmiştir.[20]

En yüksek su girişi	:	35°C
En düşük su girişi	:	10°C
Cihaz ısıtma kapasitesi	:	302 kW
Debi	:	62000 l/h
Cihazın tükettiği enerji	:	63.45 kW
COP _{IP}	:	4.76
COP _{SM}	:	3.76 (Teorik olarak)

3.2.2.6 Boru Boyunun Hesaplanması

Toprak altından bulunan ısı değiştiricisinin birim enerji başına düşen uzunluğu (3.1) ve toplam uzunluğu (3.2) formülleri yardımıyla hesaplanmaktadır. [15]

$$L_l = \frac{572[(COP_{IP} - 1)/COP_{IP}](Rb + Rt.Ft)}{(T_y - T_{min})} (m/kW) \quad (3.1)$$

$$L_{TOP} = Q_l.L_L (m) \quad (3.2)$$

Yukarıdaki formüller ısıtma mevsimi için boru boyu uzunluğunu verir.

Burada;

$$COP_{IP} = 4.76$$

$$T_y = 19.85^\circ\text{C}$$

$$T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$$

$$R_b = 0.098 \text{ (Çizelge 3.2'den)}$$

$$R_t = 0.903 \text{ (Çizelge 3.3'ten)}$$

$$F_l = \frac{\text{Ortalama ısı kaybı}}{\text{Cihazın ısıtma kapasitesi}}$$

$$\text{Ortalama ısı kaybı} = \frac{\text{Toplam ısı kaybı}}{\text{Isıtma mevsimi için saat}}$$

$$\text{Ortalama ısı kaybı} = \frac{810}{16} = 50.625 \text{ kW/h}$$

810 kW cihazın ısıtma kapasitesi;

$$F_l = 50.625 / 810 = 0.125$$

$$L_l = \frac{572[(4.76-1)/4.76](0.098+0.903 \times 0.125)}{(19.5-10)} = 9.68(m/kW)$$

$L_l = 9.68 \text{ m/kW}$ kW başına düşen metre değeri bulunur.

$$L_{\text{top}} = 810 \times 9.68 = 7\,840 \text{ m toplam boru uzunluğu bulunur.}$$

Bu boru uzunluğunu 400 m'lik çevrimlerle ayırırsak 20 gidiş-dönüslü bir kolektör kullanmak gerekiyor. 400 m uzunluk için 20 gidiş ve her boru arası 60cm olarak belirlenirse toplamda yaklaşık 4 000 m²'lik alan kullanılmış olur. Bu alan üzerinde bahçe kurulması yapılamaz, sadece beton dökülebilir ve iyi bir şekilde muhafaza edilmesi gerekmektedir.

Çizelge 3.4 Boru boyu hesaplama tablosu

Açıklama	Birim	Değer	Hesaplama
Boru Malzemesi	-	PESCH40	Seçilir
Boru Çapı	inç	2'	Seçilir
Boru Direnci, R_b	$m^{\circ}C/W$	0.98	Çizelge 3.3
Toprak Cinsi	-	Nemli	Kabul Edilir
Toprak Direnci, R_t	$m^{\circ}C/W$	0.903	Çizelge 3.4
Ortalama Yıllık Toprak Sıcaklığı, T_m	$^{\circ}C$	14.85	Kabul Edilir
Değişim Derecesi, DD	$^{\circ}C$	5	Kabul Edilir
Yüksek Toprak Sıcaklığı, T_y	$^{\circ}C$	19.85	Hesaplanır
Düşük Toprak Sıcaklığı, T_d	$^{\circ}C$	9.85	Hesaplanır
Üniteye Giren En Düşük Su Sıcaklığı, T_{max}	$^{\circ}C$	10	Katalog
Üniteye Giren En Yüksek Su Sıcaklığı, T_{min}	$^{\circ}C$	35	Katalog
Isıtma Çalışma Faktörü, F_I	-	0.125	Hesaplanır
COP_{IP}	-	4.76	Katalog
COP_{SM}	-	3.76	Hesaplanır
Ünitenin Isıtma Kapasitesi	kW	810	Hesaplanır
Toprak Altı Boru Uzunluğu	m	7840	Hesaplanır
Boru Kullanım Şekli	-	Yatay	Kabul Edilir

3.2.2.7 Sirkülasyon Pompaları

Toprak ısı değiştiricisi içerisindeki suyu ve yerden ısıtma soğutma sistemine gidecek olan suyu sirküle edecek 6 adet sirkülasyon pompası TKIP VIESMANN VİTOCAL 300-G PRO kataloğunda yer alan bilgiler aracılığıyla daha önce hesaplanan debiler ve basınç kayıpları dikkate alınarak seçilmiştir. Buna göre; 3 adet WILO TOP/S 80/20 ve 3 adet WILO STRATOS 65/1-12 seçilmiştir. [14]

3.2.3 Ekonomik Analiz

3.2.3.1 İlk Yatırım Maliyeti

rnek bina için seçilen TKIP VIESMANN VİTOCAL 300-G PRO'dan toplam ihtiyaç karşılaması için 3 adet kullanılacaktır. Her biri 60 000  olan bu ısı pompalarının 3 adetinin maliyeti 415 000 TL civarındadır. Isı pompasının diğer sistemlere bağlantısı çalıştırılması vs. gibi malzeme ve işçilik giderleri 30 000 TL'dir.

Bu TKIP'larının planlama ve uygulama kataloğunda yer alan bilgilerden yola çıkılarak seçilen sirkülasyon pompalarının (3 adet WILO TOP/S 80/20 ve 3 adet WILO STRATOS 65/1-12) maliyeti kolektörleri de dahil 15 000 TL civarındadır.

Bina içi yerden ısıtma ve soğutma borulaması 27960 m PE-RT boru 10TL/m işçilik dahil fiyatından hesaplanırsa 30 000 TL civarı, her daire için koyulacak 60 adet 6lı piriç kolektör ise 3 000 TL civarı tutmaktadır.

Toprak altı borulama ise; 7 840 m 2' PE SCH 40 boru fittings, işçilik, kazı işleri dahil 35 000 TL maliyeti vardır.

Isı pompasının kompresörüne, sirkülasyon pompalarına verilecek elektrikler, pano işleri vs. maliyeti harcanacak enerjiye göre değerlendirildiğinde 30 000 TL bir maliyet çıkarmaktadır.

Çizelge 3.5 TKIP uygulaması ilk yatırım maliyetleri

İMALAT	İLK YATIRIM MALİYETİ
ISI POMPASI	415 000 TL
SİRKÜLASYON POMPASI	15 000 TL
TOPRAK ALTI BORULAMA	35 000 TL
YERDEN ISITMA SOĞUTMA	33 000 TL
İŞÇİLİK VE MALZEME	30 000 TL
ELEKTRİK İŞLERİ	30 000 TL
TOPLAM	558 000 TL

3.2.3.2 Enerji Sarfiyatları Maliyetleri

Kurulacak bu sistem, binanın bulunduğu yerin iklim koşullardan dolayı 3 000 saat/yıl ısıtma için ve 2 000 saat/yıl soğutma için elektrik enerjisine ihtiyaç duyacaktır. Bu zaman değerleri Malatya ilinin mevsim normalleri temel alınarak hesaplanmıştır.

COP_{IP} değeri 4.76 olan sistem ısıtmada $810 / 4.76 = 170.2$ kW elektriğe, COP_{SM} değeri 3.76 olduğundan $439 / 3.76 = 116.8$ kW elektriğe ihtiyaç duyacaktır. Sirkülasyon pompaları ise yılda 5 000 saat çalışacaklardır ve toplam güçleri 20 kW'dır. Bu değerlere göre binanın ısı pompası kullanımındaki enerji sarfiyat tutarı;

$$170.2 \text{ kW} \times 3\,000 \text{ saat/yıl} \times 0.3 \text{ TL/kWh} = 153\,180 \text{ TL ısıtma}$$

$$116.8 \text{ kW} \times 2\,000 \text{ saat/yıl} \times 0.3 \text{ TL/kWh} = 70\,080 \text{ TL soğutma}$$

$$20 \text{ kW} \times 5\,000 \text{ saat/yıl} \times 0.3 \text{ TL/kWh} = 30\,000 \text{ TL sirkülasyon pompaları}$$

Çizelge 3.6 TKIP uygulaması yıllık enerji sarfiyatı

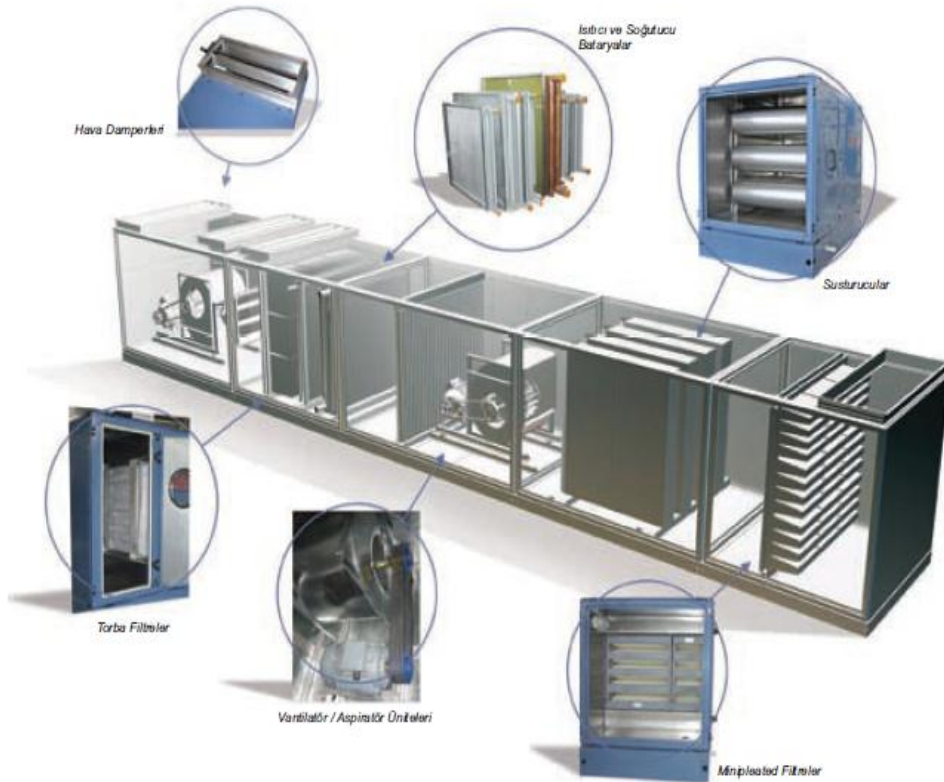
CİHAZ	YILLIK ENERJİ SARFİYATI
ISI POMPASI (ISITMA)	153 180 TL
ISI POMPASI (SOĞUTMA)	70 080 TL
SİRKÜLASYON POMPASI	30 000 TL
TOPLAM	253 260 TL

3.3 Klima Santrali Uygulaması ve Ekonomik Analizi

3.3.1 Klima Santrali Uygulaması

Örnek binanın ısıtılması ve soğutulması için TKIP'na alternatif olacak uygulamalardan biri klima santrali uygulamasıdır. Klima santrali yardımıyla binanın ısıtması ve soğutulması tamamen havalandırma kanallarının yardımıyla gerçekleşebilir. Tüm ısıtılacak ve soğutulacak mahallerle klima santralleri arasında havalandırma kanalları olmalıdır

Sistemin çalışma prensibi ise; yazın klima santrali dış havadan aldığı taze havayı soğutma grubundan gelecek olan suyla soğutup kanallar aracılığıyla mahallere üfleyecektir ve mahallerde soğutma yapılacaktır. Kışın ise alınan taze hava santral içinde ısıtılıp mahallere üflenecektir.





Şekil 3.5 Klima santrali

Uygulama için her daire içinde bulunan mahallere tek kanallı havalandırma kanalı imalatı yapılmalıdır. Tek kanallı havalandırma imalatı, havayı belirli sayıdaki mahale ulaştırır. Bu sistem, tüm mahallere, o mahaldeki gerekli ısıyı ayarlayacak şekilde besleme yapar. [22]



Şekil 3.6 Konutlarda havalandırma kanalı uygulaması

Havalandırma kanallarının mahaller ile santraller arasındaki kesitleri debi ve havanın hızına göre belirlenir. Ancak konutlar için kesit hesabı yapıp kanal metrajı çıkartabilmek için daha pratik bir yöntem kullanılmaktadır. Örnek binamızın her m²'sine 5m³/h hava gelecek şekilde bir sistem tasarlamamız gerekmektedir. 100 m² yaşam alanı olan bir daire için gerekli hava miktarı 500 m³/h'tir. Her daire için 5 adet kanal ağzı ve menfez bırakılması planlanmıştır. Dolayısıyla, hava çıkış noktalarındaki ölçüler Çizelge 3.8'den okunur ve 100 mm x 70 mm olarak bulunur. Aynı tablodan kat ayırımlarının ve kolon hattının kanal kesitleri de belirlenir. Geçen hava miktarına göre her bir dairenin, her bir katın ve santral çıkışının kanal kesitleri yine Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7 Kanal ebat hesapları

KANAL EBATLARI HESABI				
Debi (m³/h)	Hava hızı (m/sn)	Kesit alanı (cm²)	Dikey (cm)	Yatay (cm)
100	4	69	10	7
500	4	347	25	14
1000	4	694	30	23
2000	4	1 389	40	35
30000	4	20 833	200	104

Çizelge 3.8'de ise kullanacağımız menfezlerin ölçülerinin seçimi yapılır. Efektif alana göre yapılacak bu seçimler için hazırlanan çizelgede açık tonlu alanlar efektif alanları, koyu ölçüler ise dağıtıcı menfez abatlarnı göstermektedir. Efektif alan debinin hava hızına bölünmesiyle elde edilir ve tablodaki değerler m² olarak verilmiştir.

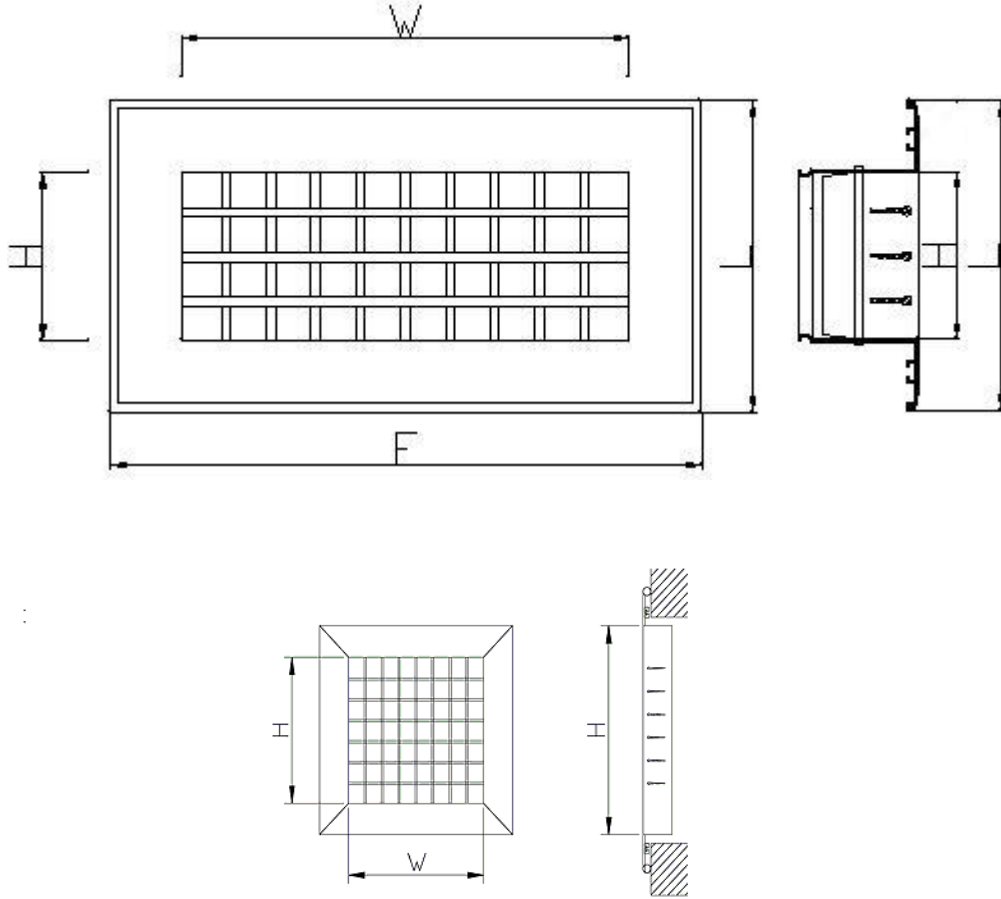
Menfez ebat seçimi için bize gerekli efektif alan ise;

$$\frac{100m^3 / h}{4m / sn} \times \frac{1}{3600} = 0.0069 m^2 dir$$

Çizelge 3.8' de, bulduğumuz efektif alana göre seçim yaptığımız zaman 150 mm x 100mm'lik dağıtıcı menfezler mahal havalandırması için uygundur.

Çizelge 3.8 Menfez ölçüsü belirlenmesi

		H(mm)												
W(mm)		100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900
	100	0,006	0,009	0,012	0,015	0,018	0,021	0,024	0,027	0,03	0,036	0,042	0,048	0,054
	150	0,009	0,014	0,019	0,023	0,028	0,033	0,037	0,042	0,047	0,056	0,065	0,074	0,083
	200	0,012	0,019	0,026	0,031	0,038	0,044	0,05	0,056	0,063	0,075	0,088	0,1	0,102
	250	0,015	0,023	0,031	0,039	0,047	0,054	0,062	0,069	0,077	0,092	0,107	0,123	0,138
	300	0,018	0,028	0,038	0,047	0,056	0,065	0,075	0,083	0,093	0,112	0,13	0,148	0,167
	350	0,021	0,033	0,044	0,054	0,065	0,075	0,086	0,096	0,107	0,129	0,15	0,171	0,192
	400	0,024	0,037	0,05	0,062	0,075	0,086	0,099	0,111	0,124	0,148	0,172	0,197	0,221
	450	0,027	0,042	0,056	0,069	0,083	0,096	0,111	0,123	0,138	0,165	0,192	0,219	0,247
	500	0,03	0,047	0,063	0,077	0,093	0,107	0,124	0,138	0,154	0,184	0,215	0,245	0,276
	600	0,036	0,056	0,075	0,092	0,112	0,129	0,148	0,165	0,184	0,221	0,257	0,294	0,33
	700	0,042	0,065	0,088	0,107	0,13	0,15	0,172	0,192	0,215	0,257	0,3	0,342	0,384
	800	0,048	0,074	0,1	0,123	0,148	0,171	0,197	0,219	0,245	0,294	0,342	0,39	0,439
	900	0,054	0,083	0,112	0,138	0,167	0,192	0,221	0,247	0,276	0,33	0,384	0,439	0,498
1000	0,06	0,093	0,125	0,153	0,185	0,213	0,246	0,274	0,306	0,366	0,427	0,487	0,548	
1100	0,066	0,102	0,137	0,168	0,204	0,235	0,27	0,301	0,036	0,403	0,469	0,536	0,602	
1200	0,072	0,111	0,15	0,183	0,222	0,256	0,294	0,328	0,367	0,439	0,512	0,584	0,656	



Şekil 3.7 Dağıtıcı menfez şekilleri

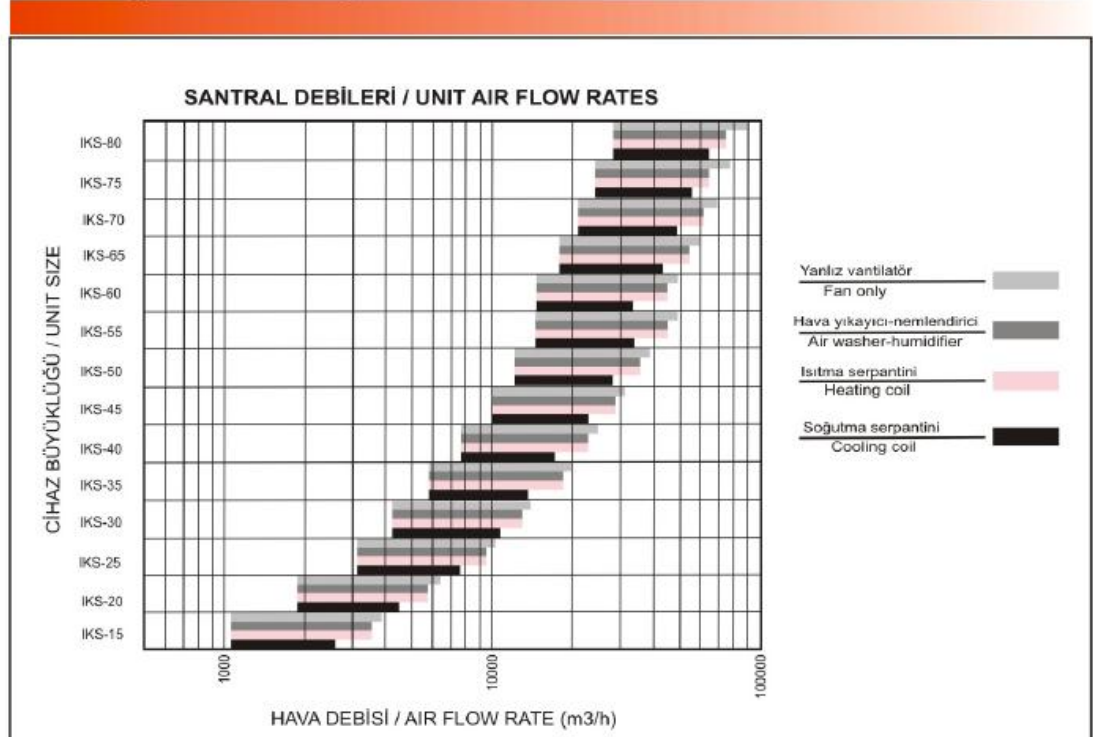
3.3.2 Klima Santrali Seçimi

Klima santrali seçimi yapılırken binanın 3 ihtiyacı esas alınır. Bunlar, binanın taze hava ihtiyacı, ısı kaybı ve ısı kazancıdır. Örnek binanın ısı kaybı ve kazancı bellidir. Isı kaybı 810 kW, ısı kazancı ise 439 kW'dır.

Örnek binamızın taze hava ihtiyacı ise; 60 daireden oluştuğu için ve her daireye 500 m³/h taze hava gereksinimi olduğu için toplam 30 000 m³/h'tır. Çizelge 3.9'da klima santrali seçimi için hazırlanmış bir çizelge görülmektedir. İMEKSAN tarafından hazırlanan bu çizelgeler yardımıyla klima santrali seçimi yapılmıştır. Örnek binanın ihtiyaçlarını karşılayan klima santrali 826 kW ısıtma, 358 kW soğutma kapasiteli İMEKSAN IKS-65 modelidir. Ek 4'te bu seçimle ilgili ayrıntılı bilgi, tablo ve çizelgeler verilmiştir. [21]

Çizelge 3.9 Klima santrali seçim çizelgeleri [22]

HIZLI SEÇİM TABLOSU / QUICK SELECTION CHART



SANTRAL KAPASİTELERİ / UNIT CAPACITIES

Model ve ölçüler / Model & dimensions				Hava debisi / Air Flow Rate (m3/h)						
AHU modeli AHU Type	W (mm)	H (mm)	F(*) m2	Alın hızı / Face velocity (m/s)						
				2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
İKS-15	680	680	0,212	1526	1908	2290	2671	3053	3434	3816
İKS-20	980	680	0,355	2556	3195	3834	4473	5112	5751	6390
İKS-25	980	980	0,577	4154	5193	6232	7270	8309	9347	10386
İKS-30	1280	980	0,799	5753	7191	8629	10067	11506	12944	14382
İKS-35	1360	1280	1,102	7934	9918	11902	13885	15869	17852	19836
İKS-40	1660	1280	1,426	10267	12834	15401	17968	20534	23101	25668
İKS-45	1660	1580	1,822	13118	16398	19678	22957	26237	29516	32796
İKS-50	1960	1580	2,236	16099	20124	24149	28174	32198	36223	40248
İKS-55	1960	1880	2,722	19598	24498	29398	34297	39197	44096	48996
İKS-60	2260	1580	2,740	19728	24660	29592	34524	39456	44388	49320
İKS-65	2260	1880	3,290	23688	29610	35532	41454	47376	53298	59220
İKS-70	2260	2180	3,840	27648	34560	41472	48384	55296	62208	69120
İKS-75	2560	2180	4,380	31536	39420	47304	55188	63072	70956	78840
İKS-80	2560	2480	5,010	36072	45090	54108	63126	72144	81162	90180

(*) F: Net hava geçiş alanı (m2)/Face area in sq meters
Isıtma, soğutma, hava yıkayıcı/Heating, cooling & air washer:
Yalnız ısıtma/Heating only:
Yalnız vantilatör/Fan only:



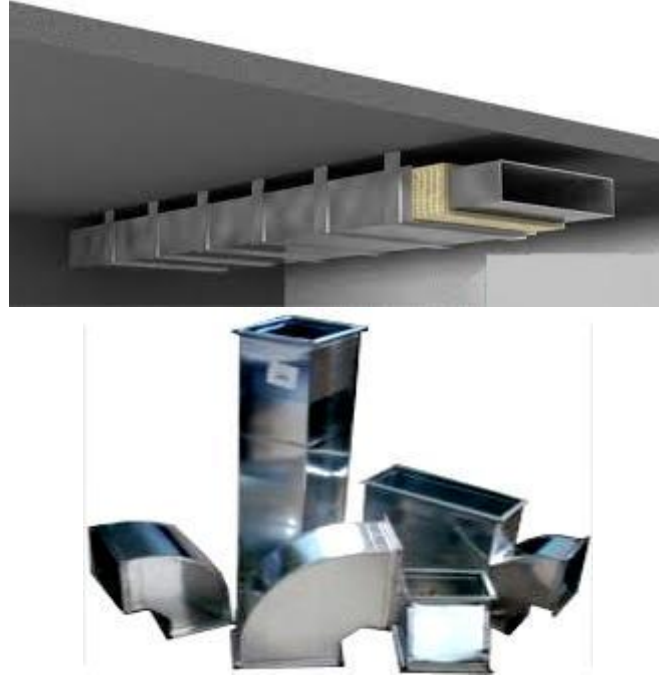
3.3.3. Ekonomik Analiz

3.3.3.1. İlk Yatırım Maliyeti

Klima santrali uygulamasının ilk yatırım maliyeti; klima santrali, soğutma grubu, hava kanalı imalat ve montajı, hava kanalı izolasyonu, menfez montajı, elektrik panosu imalatı ve diğer elektrik işleri (kablolama, cihaz bağlantıları vs.) giderlerini toplamıdır.

İMEKSAN İKS-65 klima santralinin fiyatı 33 000 TL'dir. Soğutma grubu ise klima santraline ve binanın ısı kazancına göre seçilir. Örnek binamız için RHOSS marka 439 kW'lık cihaz seçilmiştir ve fiyatı 52 000 TL'dir. Sistemin çalışması için kullanılan 4 adet sirkülasyon pompasının ve kolektörlerinin maliyeti ise 10 000 TL'dir.

Hava kanalı imalat, montaj, işçilik ve malzeme (galvaniz sac, conta, silikon, klips vs.) maliyeti 70 TL/m²'dir civarındadır. Kolon ve yatay kanallarımızın metrajı ise 1 400 m²'dir. Toplam hava kanalı maliyeti ise 98 000 TL tutmaktadır. Hava kanallarının izolasyonu, 5 cm alüminyum folyo kaplı cam yünü klima levhasından yapılacağı varsayılarak malzeme ve işçilik fiyatı 8 TL/m²'dir. İmalatta verilecek fire ve izolasyon et kalınlığı hesaba katılarak 1 500 m² kanal izolasyonu yapılacağı öngörülmektedir. Hava kanalı izolasyon maliyeti toplamda 12 000 TL'dir.



Şekil 3.8 Kanal imalatları ve izolasyonu

Her daireye 5 adet koyulacak alın menfezlerinden toplam 300 adet gerekmektedir ve tanesi 10 TL olan dağıtıcı menfezlerin toplam maliyeti 3 000 TL tutmaktadır. Elektrik işleri ise tüm sistemin elektrikle çalışacağı düşünüldüğünde 15 000 bir maliyet daha getirmektedir. Tüm maliyetler Çizelge 3.10’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.10 Klima santrali uygulaması ilk yatırım maliyetleri

İMALAT	İLK YATIRIM MALİYETİ
KLİMA SANTRALİ	33 000 TL
SOĞUTMA GRUBU	52 000 TL
SİRKÜLASYON POMPALARI	10 000 TL
HAVA KANALI	98 000 TL
İZOLASYON	12 000 TL
DAĞITICI MENFEZ	3 000 TL
ELEKTRİK İŞLERİ	15 000 TL
TOPLAM	223 000 TL

3.3.3.2. Enerji Sarfiyatları Maliyetleri

Klima santrali, örnek binanın ulunduğu coğrafi konum ve iklim şartları göz önüne alındığında; ısıtma yaparken yılda 3 000 saat tam kapasite çalışacak, soğutma yaparken de yılda 2 000 saat daha düşük kapasiteyle çalışacaktır.

$$826 \text{ kW} \times 3\,000 \text{ saat/yıl} \times 0.3 \text{ TL/kWh} = 743\,400 \text{ TL klima santrali ısıtma}$$

$$439 \text{ kW} \times 2\,000 \text{ saat/yıl} \times 0.3 \text{ TL/kWh} = 263\,400 \text{ TL soğutma grubu}$$

$$15 \text{ kW} \times 5\,000 \text{ saat/yıl} \times 0.3 \text{ TL/kWh} = 22\,500 \text{ TL klima santrali fan}$$

$$20 \text{ kW} \times 5\,000 \text{ saat/yıl} \times 0.3 \text{ TL/kWh} = 30\,000 \text{ TL sirkülasyon pompaları}$$

Tüm sistemin ısıtma ve soğutma amaçlı yıllık enerji sarfiyatları Çizelge 3.11'deki gibidir.

Çizelge 3.11 Klima santrali uygulaması yıllık enerji sarfiyatı

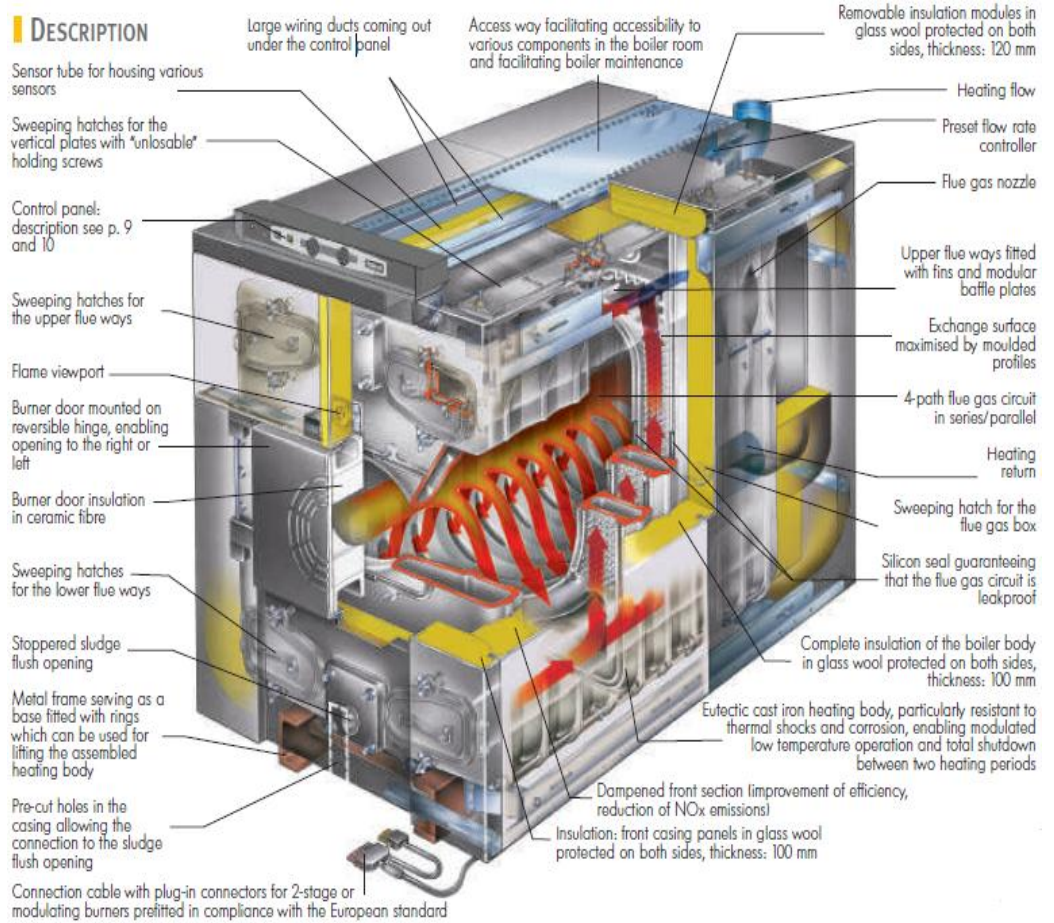
CİHAZ	YILLIK ENERJİ SARFIYATI
KLİMA SANTRALİ (ISITMA)	743 400 TL
SOĞUTMA GRUBU	263 400 TL
KLİMA SANTRALİ FAN	22 500 TL
SİRKÜLASYON POMPALARI	30 000 TL
TOPLAM	1 059 300 TL

3.4 Doğalgazlı Kazan Uygulaması ve Ekonomik Analizi

Doğalgazlı ısıtma soğutma sistemi için örnek binamızın ısıtması ve soğutması TKIP sistemindeki gibi yerden ısıtma ve soğutma ile sağlanacaktır. Örnek binamızın ısı kaybına göre seçilebilecek en uygun kazan De Dietrich GT 530'dur. Bu kazanın genel özellikleri şu şekildedir [19]:

- 754-1450 kW kapasite değerleri arasındadır
- Sıvı ve gaz yakıt ile çalışabilir
- %92 ye varan verim değerlerine sahiptir
- De Dietrich gerçek düşük sıcaklık kazanı harici iklim şartlarına bağlı olarak tesisata giden suyun sıcaklığını 40 C kadar, dönüş suyu sıcaklığını ise herhangi bir sınırlama olmadan düşürebilir

- 10 kazana kadar kaskad yapabilme imkanına sahiptir. Bu sayede 14500 kW = 12.470.000 kcal/h değerlerine ulaşarak ortak merkezi sistemler, iş yerleri, plazaların ısıtma ihtiyaçları karşılanabilir
- Geniş ürün kapasitesine sahip GT 530 serisi De Dietrich kazanlar dört geçişli gaz pasajına sahiptir
- Güçlendirilmiş cam elyafı (100mm) ile yüksek ısı izolasyonu sağlanarak ısı kayıpları minimize edilmiş olup yıllık yakıt tasarrufunu önemli ölçüde arttırmıştır
- Tüm kazan bölümlerine kolay ulaşımı sayesinde zaman kaybetmeden zahmetsizce bakım yapabilme avantajı sağlar. Ön temizlik kapıları çabuk açılır sistemlidir. Menteşeli brülör kapağı ve temizleme kapağı sağa veya sola açılabilir



Şekil 3.9 Doğal gaz kazanı özellikleri [19]

Doğalgaz kullanmak amacıyla örnek binaya gaz alabilmek için yerel gaz dağıtım firmasından yetkili bir doğalgaz firmasının vereceği hizmetleri almak gerekmektedir. Yetkili doğalgaz firması olmadan tesisatın yapılması, projelendirilmesi ve kazana gaz verilmesi mümkün değildir. Yetkili doğalgaz firmasından alınacak mühendislik hizmetleri [19];

- Proje çizimi ve onayı
- Sistemin çap ve kapasite hesaplamaları
- Malzeme ve işçilik
- Gaz açma ve sistemi devreye almadır.

Doğalgazlı kazanla yerden ısıtma ve soğutma sistemiyle ısı ihtiyacı karşılanacak olan örnek binamızın, soğutma ihtiyacı klima santralli sistemde olduğu gibi soğutma grubu yardımıyla yapılacaktır ve kullanılacak soğutma grubu, klima santrali için yapılmış olanla aynıdır.

3.4.1 İlk Yatırım Maliyeti

Sistemin ilk yatırım maliyetini 3 başlıkta görmek mümkündür. İlk olarak doğalgaz kazanı, daha sonra mühendislik hizmetleri ve son olarak da soğutma grubu başlıklarımızdır.

İlk yatırım maliyetlerinden kazan ve mühendislik hizmetleri Malatya ilinde bulunan yetkili bir doğalgaz firması olan Ağbaba Doğalgaz ile görüşülüp fiyatlandırılmıştır. Örnek binamızda kullanacağımız De Dietrich GT 530 kazanın toplam maliyeti 60 000 TL'dir. Bu sistemi anahtar teslim hale getirmek için gereken diğer Mühendislik hizmetlerinin maliyeti ise 60 000 TL çıkmaktadır.

Yerden ısıtma ve soğutma sisteminin kat kolektörleriyle berber maliyeti ise TKIP maliyet hesabında hesaplandığı gibi 33 000'dir. Klima santrali seçimi yapılırken kullanılması planlanan soğutma grubu sisteminin aynısı burada da uygulanacağından bu maliyet de 52 000 TL'dir. Soğutma sistemindeki pompa ve kolektör maliyeti ise 7 000 TL'dir. Tüm bu ilk yatırım maliyetleri Çizelge 3.12'de verilmiştir.

Çizelge 3.12 Doğalgaz uygulaması ilk yatırım maliyetleri

İMALAT	MALİYET
DOĞALGAZ KAZANI	60 000 TL
MÜHENDİSLİK HİZMETLERİ	60 000 TL
YERDEN ISITMA VE SOĞUTMA	33 000 TL
SOĞUTMA GRUBU	52 000 TL
POMPA VE KOLEKTÖR	7 000 TL
TOPLAM	212 000 TL

3.4.2. Enerji Sarfiyatları Maliyetleri

Malatya ili iklim şartlarına göre hesaplanan yıllık 3 000 saat ısıtma yapması gereken doğal gazlı sistemin, ısıtma yaparken harcayacağı doğal gaz yıllık 300 000 m³ tür. Birim fiyatı ise 0.70 TL/m³ tür. Sarfiyat ise

$$300\ 000\ \text{m}^3 \times 0.70\ \text{TL/m}^3 = 210\ 000\ \text{TL' dir.}$$

$$10\ \text{kW} \times 5\ 000\ \text{saat/yıl} \times 0.3\ \text{TL/kWh} = 15\ 000\ \text{TL sirkülasyon pompaları}$$

Bu sistemde ayrıca doğalgaz kazanının elektrik sarfiyatı da olacaktır. Bu sarfiyat ise yıllık 25 000 TL'dir. Sistemin diğer enerji sarfiyatları klima santralli sistemde soğutma grubu için hesaplandığı gibidir.

Tüm sistemin enerji sarfiyatları Çizelge 3.13'deki gibidir.

Çizelge 3.13 Doğalgazlı sistem uygulaması yıllık enerji sarfiyatı

CİHAZ	YILLIK ENERJİ SARFİYATI
DOĞALGAZ KAZANI DOĞALGAZ	210 000 TL
DOĞALGAZ KAZANI ELEKTRİK	25 000 TL
SOĞUTMA GRUBU	263 400 TL
SİRKÜLASYON POMPALARI	15 000 TL
TOPLAM	513 400 TL

3.5 Isıtma Soğutma Sistemlerinin Karşılaştırılması ve Para Geri Ödeme Süresi Hesabı

Kurulması düşünülen ısı pompası sisteminin para geri ödeme süresi Çizelge 3.14'te, hesaplanması altta yer almaktadır.

Geri ödeme süresi= İlk Yatırım Maliyetleri Farkı / Enerji Sarfıyatları Farkı

Geri Ödeme Süresi= (A-B) / (D-C)

Çizelge 3.14 Para geri ödeme süresi için gerekli değerler

Maliyet	TKIP	Klima Santrali	Doğalgaz
İlk yatırım maliyeti	558 000 TL (A)	223 000 TL (B)	212 000 TL (B)
Yıllık enerji sarfıyatı	253 260 TL (C)	1 059 300 TL (D)	513 400 TL (D)

TKIP, merkezi klima santrali ile karşılaştırıldığındaki para geri ödeme süresi hesabı;

$(A-B) / (D-C) = (558\ 000 - 223\ 000) / (1\ 059\ 300 - 253\ 260) = 0.4156$ yıldır.

Bu hesaplamaadan çıkarılması gereken; Malatya ilindeki örnek binamızın ısıtma ve soğutması amacıyla uygulanması öngörülen TKIP ve merkezi klima santrallerinin karşılaştırılmasında elde edilecek para geri ödeme süresidir. Bu karşılaştırmada elde edilen para geri ödeme süresi 0.4156 yıldır.

Ay olarak düşünüldüğünde ise 0.4156 yıl yaklaşık olarak 5 ay gibi bir zaman dilimine denk gelmektedir.

TKIP, doğalgaz ile karşılaştırıldığında para geri ödeme süresi hesabı;

$$(A-B) / (D-C) = (558\ 000 - 212\ 000) / (513\ 400 - 253\ 260) = 1.33 \text{ yıldır.}$$

Buradaki hesaplamada ise yine örnek binamızın ısıtma ve soğutması için uygulanması öngörülen TKIP ve Doğalgazlı sistem karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada da yine TKIP'nin para geri ödeme süresi bulunmuştur. TKIP'nin doğalgazlı sistemle karşılaştırılmasındaki para geri ödeme süresi 1.33 yıldır.

Ay olarak düşünüldüğünde ise 1.33 yıl yaklaşık olarak 16 ay gibi bir zaman dilimine denk gelmektedir.

4. SONUÇLAR

Bir ısı pompası uygulamasına başlarken öncelikle ve mutlak suretle ısı kaynağı detaylı bir şekilde incelenmelidir. Isı pompası uygulamasının yapılacağı coğrafi bölgenin iklim şartları göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmada ısı pompası uygulanan örnek bina Malatya ilinde bulunduğu için Malatya ilinin coğrafi konumu ve iklim şartları göz önüne alınarak ısı kaynağına karar verilmiştir ve bu uygulamada ısı kaynağı olarak “toprak” kullanılmıştır. Dünyanın her yerinde, hatta ülkemizin farklı coğrafyalarında bile ısı kaynağı olarak farklı kaynaklar da kullanılabileceği için ısı kaynağı uygulamadan önce mutlaka belirlenmelidir.

TKIP uygulamasında Malatya ilinde iklimlendirilecek alan ne kadar büyük olursa olsun; çok soğuk geçmeyen kışlar ve aşırı sıcak yaşanmayan yazlar olacağı için tüm ısıtma ve soğutma ihtiyacı butik tip bir uygulamayla değil de, kaskad sistemi ile karşılanmalıdır. Böylece mevsimin durumuna göre tüm cihazlar çalıştırılmayabilir ve bir tasarruf elde edilmiş olur.

TKIP’nın avantaj ve dezavantajlarını görmek için TKIP, merkezi klima sistemi ve doğalgazlı sistemle karşılaştırılmıştır. Bu iki sisteme soğutma yapabilmek adına soğutma grupları (chiller) yardımcı olmaktadır. Avantaj ve dezavantajlar, bu uygulamaların ilk yatırım maliyetleri ve yıllık enerji sarfıyatları daha çok göz önünde bulundurularak vurgulanmıştır. Genel bir ifadeyle, TKIP ilk yatırım maliyeti fazladır ancak para geri ödeme süresi yıllık enerji sarfıyatı göz önüne alındığında çok düşüktür. Bu sebeple para geri ödeme süresi de çok uzun sürmemektedir.

TKIP ve doğalgazlı sistemin bina içi ısıtma ve soğutması yerden ısıtma ve soğutma olarak, merkezi klima santrali uygulamasının bina içi ısıtma ve soğutması hava kanalları yardımıyla yapılması öngörülmüştür. Yerden ısıtma ve soğutma yerine gizli tip veya yer tipi fan coil cihazlarının da kullanılabilmesi mümkündür. Ancak yerden ısıtma ve soğutma uygulaması yerine fan coil sistemi uygulaması düşünülürse bu uygulama hem ilk yatırım maliyetini hem de enerji sarfıyatını artacaktır.

Bu çalışmada yapılan tüm hesaplamalar ve araştırmalar sonucunda TKIP’nın para geri ödeme süresi, merkezi klima sistemiyle karşılaştırıldığında yaklaşık 5 ay, doğalgazlı sistemle karşılaştırıldığında yaklaşık 16 aydır. Ancak bu karşılaştırmalar, ısıtma ve soğutmanın birlikte yapıldığı ve yaklaşık 6 000 m²’lik bir alanın iklimlendirildiği varsayılarak elde edilmiştir. Yani bu elde edilen yaklaşık süreler,

sadece ısıtma olarak düşünülseydi ve 60 daireli yaklaşık 6 000 m²lik bir bina yerine müstakil daha düşük iklimlendirilme alanı düşünülseydi daha da uzun bir para geri ödeme süresi elde edileceği açıktır.

Konut ve ticari binalarının, enerji kullanımının %50'sinden fazlasını kapsamasından dolayı ısı pompası uygulamaları dünyada daha çok talep görmeye başlamıştır. Ülkemizde de TKIP uygulamaları her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Ancak daha ucuz ilk yatırım maliyetleri için bu alandaki yatırımlar, araştırma ve geliştirmeler arttırılmalıdır. Devlet tarafından mutlaka teşvik sağlanmalıdır. Ülkemiz dışa bağımlı kalmamalı sadece ithal ısı pompaları kullanılmamalıdır. Ülkemizde de yapılacak üretimler mutlak suretle yüksek standartlarda, yüksek COP değerlerinde olmalıdır.

Isı pompalarına olan talebi arttırarak hem diğer sistemlere göre daha az enerji tüketimi yapan hem elektrik gibi ucuz, dışa bağımlı olmadığımız ve temiz bir enerjiyle hem de emisyonu düşük seviyelerde olan bir sistem ile ısınma sağlanır. Isı pompasının kullanım alanlarının artmasıyla, diğer ısıtma sistemlerin (fuel-oil, motorin, katı yakıtlı) daha az kullanılması ve böylece çevreye olan zararlı emisyonların (CO₂, SO₂, NO_x) azaltılması söz konusu olabilir.

5. KAYNAKLAR

- [1]Key world energy statistics, *International Energy Agency Report*, Paris., (Ocak 2009).
- [2] Arısoy, A. Öner, F. ve Uluçay, U., *Binalarda sürdürülebilir enerji kullanımı ve ekonomik optimizasyon*, TTMD 8. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu, İstanbul, (12-14 Mayıs 2008), s. 366-380.
- [3] Şahin, Ş., Parlak, J., Üçgül.İ., *Tesisat Mühendisliği Dergisi Sayı: 99*, (2007), s. 33-36.
- [4] Ünlü, K., *Hava Ve Toprak Kaynaklı Isı Pompalarına Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi*, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, 2005.
- [5] Summer A.J., *Domestik Heat Pumps*, Prism Press, Unwin Brothers Ltd., Surrey, 1976.
- [6] Ambrose E.R., *Heat Pumps and Electric Heating*, Jhon Wiley&Sons, New York 1996.
- [7] Patlar, Ö., *Toprak Kaynaklı Isı Pompalarından Enerji Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Anabilim Dalı, 2006.
- [8]Viessmann, , *Isı Pompaları*, Mesleki Yayınlar.
- [9] Akçasarı, E., *Toprak Kaynaklı Isı Pompalarının Termo-Ekonomik Analizi*, FBE Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Proses Programında Hazırlanan Yüksek Lisans Tezi, 2004.
- [10] ASHRAE Systems Handbook, *Applied Heat Pump System*, 1989.
- [11] Hepbaşlı, A., ve Hancıoğlu, E., *Toprak Kaynaklı (Jeotermal) Isı Pompalarının Tasarımı, Testi, Fizibilitesi*, V. Ulusal Tesisat Mühendisleri Kongresi ve Sergisi, İzmir, Teskon (2001), s.521-564.
- [12] Güven, Ş., *Toprak Kaynaklı Isı Pompalarının Diğer Sistemlerle Karşılaştırılması*, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Denizli, Türkiye, 2002, No:128253.

- [13] Doğan V., Çalışır O., *Yerden Isıtma Sistemlerinin Boyutlandırılması*, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir (2011).
- [14] Viessman, *Isı Pompası Planlama Kılavuzu*, Mesleki Yayınlar.
- [15] Miles, L., *Heat Pump Theory And Service*, Delmar Publishers Inc, New York, 1994.
- [16] Selvi, U., *Toprak Kaynaklı Isı Pompaları Dizaynı Ve Lpg'li Isıtma Sistemleriyle Tekno-Ekonomik Karşılaştırılması*, FBE Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında Hazırlanan Yüksek Lisans Tezi, 2002.
- [17] İnallı, M., *Toprak Altında Depolanan Güneş Enerjisi ile Beslenen Isı Pompalı Bir Konut Isıtma Sisteminin Bilgisayarda Simülasyonu*, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 1993.
- [18] BOSE, J.E., *Design and Testing of a Solar asisted Coils*, DOE Bildirisi, Washington (Ocak 1981).
- [19] Ağbaba Doğalgaz Mühendislik İnş. Tic. San. Ltd. Şti., Özel Görüşme (2011).
- [20] Viesmann Isı Teknikleri Ticaret A.Ş., Özel Görüşme (2012).
- [21] İMEKSAN İzmir Menfez Klima Tic. San. Ltd. Şti., Özel Görüşme (2012).
- [22] İMEKSAN, İKS Katalog.

Çizelge 3. Zemin, 1., 2., 3. ve 4. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (WC)

[illegible]

Çizelge 4. Zemin, 1., 2., 3. ve 4. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Banyo)

[illegible]

Çizelge 5. Zemin, 1., 2., 3. ve 4. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 1)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				QH Isı İhtiyacı	
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - Td)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam		
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	+%	W	
ODA 1										22 °C								
İK			1	2	2	1		2	2,30	4	9,2	18,4						
ÇCP			2	1,5	3	1		3	3,30	34	112,2	336,6						
BPD			4	3	12	1	3	9	2,80	34	95,16	856,5						
ID10			2	3	6	1	2	4	2,02	4	8,083	32,33						
ENFİLTASYON KAYBI =						a	3,0	L	10	R	0,9	H	1244	20	0	0	1,2	1492,6
													0,27	Ze	1,2	ΔT	34	297,4
													TOPLAM ISI KAYBI				1790	

Çizelge 6. Zemin, 1., 2., 3. ve 4. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 2)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
Yapı Bileşeni						Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı				Zamlar				QH Isı İhtiyacı			
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - Td)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam					
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%	W				
ODA 2 22 °C																					
İK			1	2	2	1		2	2,30	4	9,2	18,4									
ÇCP			2	1,5	3	1		3	3,30	34	112,2	336,6									
BPD			4	3	12	1	3	9	2,80	34	95,16	856,5									
ID10			4	3	12	1	2	10	2,02	4	8,083	80,83									
BK			1	2	2	1		2	5,20	34	176,8	353,6									
ENFİLTASYON KAYBI =						a	3,0	L	10	R	0,9	H	1646	20	0	0	1,2	1975,1			
													Ze	1,2	ΔT	34	297,4				
													TOPLAM ISI KAYBI					2273			

[illegible]

								<u>ISI KAYBI HESABI</u>												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
Yapı Bileşeni				Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı					Zamılar				QH Isı İhtiyacı:			
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - Td)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam				
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%		W		
MUTFAK 18 °C																				
İK			1,5	2	3	1		3	2,30	0	0	0								
ÇCP			2	1,5	3	1		3	3,30	30	99	297								
BK			1	2	2	1		2	5,20	30	156	312								
İD10			10	3	30	1	8	22	2,02	-4	-8,083	-178								
ENFILTRASYON KAYBI = a								3,0	L	10	R	0,9	H	431,2	20	0	5	1,25	539,0	
TOPLAM ISI KAYBI																	836			

Çizelge 9. Zemin, 1., 2., 3. ve 4. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Salon)

[illegible]

Çizelge 10. Zemin, 1., 2., 3. ve 4. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (WC)

[illegible]

Çizelge 11. Zemin, 1., 2., 3. ve 4. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Banyo)

[illegible]

Çizelge 12. Zemin, 1., 2., 3. ve 4. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 1)

[illegible]

Çizelge 13. Zemin, 1., 2., 3. ve 4. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 2)

[illegible]

Çizelge 14. Zemin, 1., 2., 3. ve 4. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Y. Odası)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				QH Isı İhtiyacı			
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - Td)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam				
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%	W			
Y. ODASI 20 °C																				
İK			1	2	2	1		2	2,30	2	4,6	9,2								
ÇCP			2	1,5	3	2		6	3,30	32	105,6	633,6								
BPD			6	3	18	1	6	12	2,80	32	89,57	1075								
ID10			6	3	18	1	2	16	2,02	4	8,083	129,3								
ENFİLTASYON KAYBI =								a	3,0	L	10	R	0,9	H	1847	20	0	5	1,25	2308,7
														Ze	1,2	ΔT	34	297,4		
														TOPLAM ISI KAYBI				2606		

Çizelge 15. 5., 6 ve 7. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Mutfak)

[illegible]

Çizelge 16. 5., 6. ve 7. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Salon)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18						
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				QH Isı İhtiyacı						
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - Td)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam							
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%		W					
SALON 22 °C																							
İK			1	2	2	1		2	2,30	6	13,8	27,6											
ÇCP			2	1,5	3	2		6	3,30	34	112,2	673,2											
BPD			5	3	15	1	6	9	2,80	34	95,16	856,5											
ID10			15	3	45	1	3	42	2,02	6	12,12	509,2											

Çizelge 17. 5., 6. ve 7. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (WC)

[illegible]

Çizelge 18. 5., 6. ve 7. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Banyo)

[illegible]

Çizelge 19. 5., 6. ve 7. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 1)

[illegible]

Çizelge 20. 5., 6. ve 7. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 2)

[illegible]

Çizelge 21. 5., 6. ve 7. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Y. Odası)

[illegible]

Çizelge 22. 5., 6. ve 7. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Mutfak)

[illegible]

Çizelge 23. 5., 6. ve 7. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Salon)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamlar								
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - Td)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam	QH Isı İhtiyacı				
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%	W				
SALON 22 °C																					
İK			1	2	2	1		2	2,30	6	13,8	27,6									
ÇCP			2	1,5	3	2		6	3,30	34	112,2	673,2									
BPD			5	3	15	1	6	9	2,80	34	95,16	856,5									
ID10			15	3	45	1	3	42	2,02	6	12,12	509,2									
ENFILTRASYON KAYBI = a						3,0	L	10	R	0,9	H	2067	20	5	5	1,3	2686,5				
												0,27	Ze	1,2	ΔT	34		297,4			
TOPLAM ISI KAYBI																	2984				

Çizelge 24. 5., 6. ve 7. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (WC)

[illegible]

Çizelge 25. 5., 6. ve 7. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Banyo)

[illegible]

Çizelge 26. 5., 6. ve 7. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 1)

[illegible]

Çizelge 27. 5., 6. ve 7. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 2)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K Kat sayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - Td)	Zamsız Isı Kayb	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam	QH Isı İhtiyacı
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%	W
ODA 2 22 °C																	
İK			1	2	2	1		2	2,30	4	9,2	18,4					
ÇCP			2	1,5	3	1		3	3,30	34	112,2	336,6					
BPD			4	3	12	1	3	9	2,80	34	95,16	856,5					
ID10			4	3	12	1	2	10	2,02	4	8,083	80,83					
BK			1	2	2	1		2	5,20	34	176,8	353,6					
ENFILTRASYON KAYBI =				a	3,0	L	10	R	0,9	H		1646	20	5	0	1,25	2057,4
												0,27	Ze	1,2	ΔT	34	297,4
												TOPLAM ISI KAYBI					2355

Çizelge 28. 5., 6. ve 7. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Y. Odası)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18							
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				QH Isı İhtiyacı							
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkanlar	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - Td)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam								
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%	W							
Y. ODASI 20 °C																								
İK			1	2	2	1		2	2,30	2	4,6	9,2												
ÇCP			2	1,5	3	2		6	3,30	32	105,6	633,6												
BPD			6	3	18	1	6	12	2,80	32	89,57	1075												
ID10			6	3	18	1	2	16	2,02	4	8,083	129,3												
ENFILTRASYON KAYBI =												a	3,0	L	10	R	0,9	H	1847	20	5	5	1,3	2401,0
																			0,27	Ze	1,2	ΔT	34	297,4
												TOPLAM ISI KAYBI										2698		

Çizelge 29. 8., 9. ve 10. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Mutfak)

[illegible]

Çizelge 30., 8., 9. ve 10. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Salon)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				QH Isı İhtiyacı				
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - Td)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam					
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%	W				
SALON 22 °C																					
İK			1	2	2	1		2	2,30	6	13,8	27,6									
ÇCP			2	1,5	3	2		6	3,30	34	112,2	673,2									
BPD			5	3	15	1	6	9	2,80	34	95,16	856,5									
ID10			15	3	45	1	3	42	2,02	6	12,12	509,2									
ENFİLTASYON KAYBI =						a	3,0	L	10	R	0,9	H	2067	20	10	-5	1,25	2583,1			
													Ze	1,2	ΔT	34	297,4				
													TOPLAM ISI KAYBI					2881			

Çizelge 31. 8., 9. ve 10. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (WC)

[illegible]

Çizelge 32. 8., 9. ve 10. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Banyo)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				QH Isı İhtiyacı			
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - To)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam				
		cm	m	m	m ²	Ad.	m ²	m ²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%				
BANYO 26 °C																				
İK			1	2	2	1		2	2,30	8	18,4	36,8								
ID20			2	3	6	1		6	1,37	16	21,97	131,8								
ID10			4	3	12	1		12	2,02	8	16,17	194								
ID10			2	3	6	1		6	2,02	4	8,083	48,5								
ENFILTRASYON KAYBI =								a	3,0	L	10	R	0,9	H	411,1	20	10	0	1,3	534,5
TOPLAM ISI KAYBI																	832			

Çizelge 33. 8., 9. ve 10. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 1)

[illegible]

Çizelge 34. 8., 9. ve 10. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 2)

[illegible]

Çizelge 35. 8., 9. ve 10. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Y. Odası)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				QH Isı İhtiyacı		
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (T _i - T _d)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam			
		cm	m	m	m ²	Ad.	m ²	m ²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%	W		
Y. ODASI 20 °C																			
İlk			1	2	2	1		2	2,30	2	4,6	9,2							
ÇCP			2	1,5	3			6	3,30	32	105,6	633,6							
BPD			6	3	18	1	6	12	2,80	32	89,57	1075							
ID10			6	3	18	1	2	16	2,02	4	8,083	129,3							
ENFİLTASYON KAYBI =						a	3,0	L	10	R	0,9	H	1847	20	10	-5	1,25	2308,7	
													Z _e	1,2	ΔT	34	297,4		
													TOPLAM ISI KAYBI				2606		

Çizelge 36. 8., 9. ve 10. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Mutfak)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamılar				QH Isı İhtiyacı	
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkanlar	Hesaba Giren	K katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (T _i - T _d)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam		
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%		W
MUTFAK 18 °C																		
İK			1,5	2	3	1		3	2,30	0	0	0						
ÇCP			2	1,5	3	1		3	3,30	30	99	297						
BK			1	2	2	1		2	5,20	30	156	312						
ID10			10	3	30	1	8	22	2,02	-4	-8,083	-178						
ENFİLTRASYON KAYBI =			a	3,0	L	10	R	0,9	H			431,2	20	10	5	1,35	582,1	
												0,27	Ze	1,2	ΔT	34	297,4	
TOPLAM ISI KAYBI																	880	

Çizelge 37. 8., 9. ve 10. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Salon)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamılar				QH Isı İhtiyacı			
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (T _i - T _d)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam				
		cm	m	m	m ²	Ad.	m ²	m ²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%	W			
SALON 22 °C																				
İK			1	2	2	1		2	2,30	6	13,8	27,6								
ÇCP			2	1,5	3	2		6	3,30	34	112,2	673,2								
BPD			5	3	15	1	6	9	2,80	34	95,16	856,5								
ID10			15	3	45	1	3	42	2,02	6	12,12	509,2								
ENFILTRASYON KAYBI =								a	3,0	L	10	R	0,9	H	2067	20	10	5	1,35	2789,8
														Ze	1,2	ΔT	34	297,4		
														TOPLAM ISI KAYBI				3087		

Çizelge 38. 8., 9. ve 10. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (WC)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
Yapı Bileşeni				Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				QH Isı İhtiyacı			
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkanlar	Hesaba Giren	K katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (T _i - T _d)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam				
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%				
WC 18 °C																				
lk			1	2	2	1		2	2,30	0	0	0								
ID20			2	3	6	1		6	1,37	8	10,99	65,92								
ID10			4	3	12	1		12	2,02	0	0	0								
ID10			2	3	6	1		6	2,02	-8	-16,17	-97								
ENFİLTRASYON KAYBI =						a	3,0	L	10	R	0,9	H	-31,1	20	10	0	1,3	-40,4		
													0,27	Zē	1,2	ΔT	34	297,4		
TOPLAM ISI KAYBI 257																				

Çizelge 39. 8., 9. ve 10. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Banyo)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				QH Isı İhtiyacı			
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - Td)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yık.	ZH Yön	Z Toplam Zam				
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%				
BANYO 26 °C																				
İK			1	2	2	1		2	2,30	8	18,4	36,8								
ID20			2	3	6	1		6	1,37	16	21,97	131,8								
ID10			4	3	12	1		12	2,02	8	16,17	194								
ID10			2	3	6	1		6	2,02	4	8,083	48,5								
ENFILTRASYON KAYBI =								a	3,0	L	10	R	0,9	H	411,1	20	10	0	1,3	534,5
														0,27	Ze	1,2	ΔT	34	297,4	
														TOPLAM ISI KAYBI				832		

Çizelge 40. 8., 9. ve 10. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 1)

[illegible]

Çizelge 41. 8., 9. ve 10. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 2)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı						Zamlar					
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Girilen	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - Td)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zamlar	QH Isı İhtiyacı	
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%	W	
ODA 2 22 °C																		
İK			1	2	2	1		2	2,30	4	9,2	18,4						
ÇCP			2	1,5	3	1		3	3,30	34	112,2	336,6						
BPD			4	3	12	1	3	9	2,80	34	95,16	856,5						
ID10			4	3	12	1	2	10	2,02	4	8,083	80,83						
BK			1	2	2	1		2	5,20	34	176,8	353,6						
ENFİLTRASYON KAYBI = a						3,0	L	10	R	0,9	H	1646 0,27	20 Ze	10 1,2	0 ΔT	1,3 34	2139,7 297,4	
TOTAM ISI KAYBI																	2437	

Çizelge 42. 8., 9. ve 10. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Y. Odası)

[illegible]

Çizelge 43. 11., 12. ve 13. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Mutfak)

[illegible]

Çizelge 44. 11., 12. ve 13. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Salon)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
Yapı Bileşeni						Alan Hesabı			Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				QH Isı İhtiyacı			
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - Td)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam					
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%	W				
SALON 22 °C																					
İK			1	2	2	1		2	2,30	6	13,8	27,6									
ÇCP			2	1,5	3	2		6	3,30	34	112,2	673,2									
BPD			5	3	15	1	6	9	2,80	34	95,16	856,5									
ID10			15	3	45	1	3	42	2,02	6	12,12	509,2									
ENFILTRASYON KAYBI =						a	3,0	L	10	R	0,9	H	2067	20	15	-5	1,3	2686,5			
													0,27	Ze	1,2	ΔT	34	297,4			
													TOPLAM ISI KAYBI					2984			

Çizelge 45. 11., 12. ve 13. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (WC)

[illegible]

Çizelge 46. 11., 12. ve 13. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Banyo)

[illegible]

Çizelge 47. 11., 12. ve 13. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 1)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				QH Isı İhtiyacı			
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - Td)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam				
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%				
ODA 1										22 °C										
LK			1	2	2	1		2	2,30	4	9,2	18,4								
ÇCP			2	1,5	3	1		3	3,30	34	112,2	336,6								
BPD			4	3	12	1	3	9	2,80	34	95,16	856,5								
ID10			2	3	6	1	2	4	2,02	4	8,083	32,33								
ENFILTRASYON KAYBI =								a	3,0	L	10	R	0,9	H	1244	20	15	0	1,35	1679,2
													Ze	1,2	ΔT	34	1977			
TOPLAM ISI KAYBI																				
1977																				

Çizelge 48. 11., 12. ve 13. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 2)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				QH Isı İntiyacı				
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (T _i - T _d)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam					
		cm	m	m	m ²	Ad.	m ²	m ²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%	W				
ODA 2 22 °C																					
İK			1	2	2	1		2	2,30	4	9,2	18,4									
ÇCP			2	1,5	3	1		3	3,30	34	112,2	336,6									
BPD			4	3	12	1	3	9	2,80	34	95,16	856,5									
ID10			4	3	12	1	2	10	2,02	4	8,083	80,83									
BK			1	2	2	1		2	5,20	34	176,8	353,6									
ENFİLTASYON KAYBI =							a	3,0	L	10	R	0,9	H	1646	20	0	1,35	2222,0			
													Ze	1,2	ΔT	34	297,4				
													TOPLAM ISI KAYBI				2519				

Çizelge 49. 11., 12. ve 13. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Y. Odası)

[illegible]

Çizelge 50. 11., 12. ve 13. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Mutfak)

[illegible]

Çizelge 51. 11., 12. ve 13. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Salon)

[illegible]

Çizelge 52. 11., 12. ve 13. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (WC)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				QH Isı İhtiyacı				
İşareti -	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkanlan	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - Td)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam					
	cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%	W					
WC 18 °C																					
İlk			1	2	2	1		2	2,30	0	0	0									
ID20			2	3	6	1		6	1,37	8	10,99	65,92									
ID10			4	3	12	1		12	2,02	0	0	0									
ID10			2	3	6	1		6	2,02	-8	-16,17	-97									

Çizelge 53. 11., 12. ve 13. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Banyo)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				QH Isı İhtiyacı		
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - Td)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yükl.	ZH Yön	Z Toplam Zaml			
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%			
BANYO 26 °C																			
İK			1	2	2	1		2	2,30	8	18,4	36,8							
ID20			2	3	6	1		6	1,37	16	21,97	131,8							
ID10			4	3	12	1		12	2,02	8	16,17	194							
ID10			2	3	6	1		6	2,02	4	8,083	48,5							

Çizelge 54. 11., 12. ve 13. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 1)

[illegible]

Çizelge 55. 11., 12. ve 13. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 2)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				QH Isı İhtiyacı			
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K katsayısı	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam					
	cm	m	m	m ²	Ad.	m ²	m ²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%					
ODA 2										22 °C										
İK			1	2	2	1		2	2,30	4	9,2	18,4								
ÇCP			2	1,5	3	1		3	3,30	34	112,2	336,6								
BPD			4	3	12	1	3	9	2,80	34	95,16	856,5								
ID10			4	3	12	1	2	10	2,02	4	8,083	80,83								
BK			1	2	2	1		2	5,20	34	176,8	353,6								
ENFILTRASYON KAYBI =								a	3,0	L	10	R	0,9	H	1646	20	15	0	1,35	2222,0
													Ze	1,2	ΔT	34		297,4		
													TOPLAM ISI KAYBI				2519			

Çizelge 56. 11., 12. ve 13. Katlar Isı Kaybı Hesap Tablosu (Y. Odası)

						ISI KAYBI HESABI																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18							
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamılar				QH Isı İhtiyacı							
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkanlar	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - Td)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yık.	ZH Yön	Z Toplam Zam								
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%	W							
Y. ODASI 20 °C																								
İK			1	2	2	1		2	2,30	2	4,6	9,2												
ÇCP			2	1,5	3	2		6	3,30	32	105,6	633,6												
BPD			6	3	18	1	6	12	2,80	32	89,57	1075												
ID10			6	3	18	1	2	16	2,02	4	8,083	129,3												
ENFİLTASYON KAYBI =												a	3,0	L	10	R	0,9	H	1847	20	15	5	1,4	2585,7
																			0,27	Ze	1,2	ΔT	34	297,4
												TOPLAM ISI KAYBI						2883						

Çizelge 57. 14. Kat Isı Kaybı Hesap Tablosu (Mutfak)

[illegible]

Çizelge 58. 14. Kat Isı Kaybı Hesap Tablosu (Salon)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18						
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				QH Isı İhtiyacı						
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - Td)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam							
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%		W					
SALON 22 °C																							
İK			1	2	2	1		2	2,30	6	13,8	27,6											
ÇCP			2	1,5	3	2		6	3,30	34	112,2	673,2											
BPD			5	3	15	1	6	9	2,80	34	95,16	856,5											
ID10			15	3	45	1	3	42	2,02	6	12,12	509,2											

Çizelge 59. 14. Kat Isı Kaybı Hesap Tablosu (WC)

[illegible]

Çizelge 60. 14. Kat Isı Kaybı Hesap Tablosu (Banyo)

[illegible]

Çizelge 61. 14. Kat Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 1)

[illegible]

Çizelge 62. 14. Kat Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 2)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				QH Isı İhtiyacı				
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kayb	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam						
		cm	m	m	m²	Ad.	m²	m²	$\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%		W			
ODA 2 22 °C																					
İK			1	2	2	1		2	2,30	4	9,2	18,4									
ÇCP			2	1,5	3	1		3	3,30	34	112,2	336,6									
BPD			4	3	12	1	3	9	2,80	34	95,16	856,5									
ID10			4	3	12	1	2	10	2,02	4	8,083	80,83									
BK			1	2	2	1		2	5,20	34	176,8	353,6									

Çizelge 63. 14. Kat Isı Kaybı Hesap Tablosu (Y. Odası)

Çizelge 64. 14. Kat Isı Kaybı Hesap Tablosu (Mutfak)

Çizelge 65. 14. Kat Isı Kaybı Hesap Tablosu (Salon)

Çizelge 66. 14. Kat Isı Kaybı Hesap Tablosu (WC)

						<u>ISI KAYBI HESABI</u>															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamılar				QH Isı İhtiyacı				
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkanlar	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (T _i - T _d)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yık.	ZH Yön	Z Toplam Zam					
		cm	m	m	m ²	Ad.	m ²	m ²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%					
WC 18 °C																					
lk			1	2	2	1		2	2,30	0	0	0									
ID20			2	3	6	1		6	1,37	8	10,99	65,92									
ID10			4	3	12	1		12	2,02	0	0	0									
ID10			2	3	6	1		6	2,02	-8	-16,17	-97									
ENFİLTASYON KAYBI =						a	3,0	L	10	R	0,9	H	-31,1	20	0	1,4	-43,5				
													0,27	Ze	1,2	ΔT	34	297,4			
													TOPLAM ISI KAYBI					254			

Çizelge 67. 14. Kat Isı Kaybı Hesap Tablosu (Banyo)

ISI KAYBI HESABI																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18							
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Isı Kaybı Hesabı					Zamlar				QH Isı İhtiyacı							
İşareti	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K Katsayısı	Sıcaklık Farkı	K . (Ti - Td)	Zamsız Isı Kaybı	ZD Birleşik	ZW Kat Yük.	ZH Yön	Z Toplam Zam								
		cm	m	m	m ²	Ad.	m ²	m ²	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	°C	$\frac{W}{m^2}$	W	%	%	%	1+%	W							
BANYO 26 °C																								
İK			1	2	2	1		2	2,30	8	18,4	36,8												
ID20			2	3	6	1		6	1,37	16	21,97	131,8												
ID10			4	3	12	1		12	2,02	8	16,17	194												
ID10			2	3	6	1		6	2,02	4	8,083	48,5												
ENFİLTASYON KAYBI =												a	3,0	L	10	R	0,9	H	411,1	20	20	0	1,4	575,6
																			0,27	Ze	1,2	ΔT	34	297,4
TOPLAM ISI KAYBI																	873							

Çizelge 68. 14. Kat Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 1)

Çizelge 69. 14. Kat Isı Kaybı Hesap Tablosu (Oda 2)

Çizelge 70. 14. Kat Isı Kaybı Hesap Tablosu (Y. Odası)

Ek 2 Isı Kazancı Hesabı

PRATİK SOĞUTMA YÜKÜ HESABI

Toplam alan: **6600** m² Yükseklik: **3** m

1.) İNSANLARDAN GELEN SOĞUTMA YÜKÜ

Cihazın Kullanılacağı yer: **130** W/kışı

Toplam kışı sayısı: **250** kışı

İnsanlardan gelen soğutma yükü: **32500** W = **111.800 Btu/h**

qa

2.) TAZE HAVADAN GELEN SOĞUTMA YÜKÜ

Cihazın Kullanılacağı yer: **40** m³/h kışı

Toplam taze hava miktarı: **10000** m³/h

Taze havadan gelen soğutma yükü: **240.000 Btu/h**

3.) ELEKTRİKLİ CİHAZLAR ve AYDINLATMADAN GELEN SOĞUTMA YÜKÜ

Cihazın Kullanılacağı yer: **20** W/m²

Aydınlatmadan oluşan soğutma yükü: **132000** W = **454.080 Btu/h**

Bilgisayar adedi: **60** (Bilgisayar 116 W/adet, Fotokopi Makinası 290 W/adet)

Fotokopi makinası adedi:

Elektrikli cihazlardan gelen soğutma yükü: **6960** W = **23.942 Btu/h**

4.) RADYASYONDAN GELEN SOĞUTMA YÜKÜ

Peak yükün oluştuğu saat ve ağırlıklı cam yüzey yönüne göre belirlenir.

Ağırlıklı pencere yönü:

Batı yönündeki pencere alanı: **252** m²

Doğu yönündeki pencere alanı: **252** m²

Güney yönündeki pencere alanı: **336** m²

Kuzey yönündeki pencere alanı: **336** m²

Kuzey Doğu yönündeki pencere alanı: m²

Güney Doğu yönündeki pencere alanı: m²

Güney Batı yönündeki pencere alanı: m²

Kuzey Batı yönündeki pencere alanı: m²

Radyasyondan gelen soğutma yükü: **172200** W = **592.368 Btu/h**

Pencerelerde gölgelme faktörleri: **0,9**

Radyasyonla olan net ısı kazancı: **533.131 Btu/h**

5.) TAŞINIM VE İLETİMLE GELEN SOĞUTMA YÜKÜ

İnsanlar, taze hava, elektrikli cihazlar, aydınlatma ve radyasyonla gelen soğutma yükü miktarı toplamının %8 ile %12'si kadardır. Kullanılacak yerin izolasyonuna göre bu yüzde belirlenir.

TOPLAM SOĞUTMA YÜKÜ:

1.499.249	Btu/h
439	kW

Ek 3 Yerden Isıtma Ve Soğutma İçin Döşenen Bir Daire İçin Boru Metraj Hesabı

						DÖŞEMEDEN ISITMA MODÜLASYON VE ISIL VERİM HESAP RAPORU										
						En	Boy	Alan	Isıl Verim	Birim Verim	Modülasyon	Birim Uz.	Boru Uz.	Toplam Uzunluk	Branşman Sayısı	Seç.Brş. Sayısı
Mahal No	Mahal Adı	En	Boy	Yükseklik	Isı Kaybı	En	Boy	Alan	Isıl Verim	Birim Verim	Modülasyon	Birim Uz.	Boru Uz.	Toplam Uzunluk	Branşman Sayısı	Seç.Brş. Sayısı
		m	m	m	Kcal / h	m	m	m²	Kcal / h	Kcal / m²		mt / m²	mt	mt	Adet	Adet
z01	MUTFAK	2,5	7	3	2187	2,5	1	2,5	375	150	M10	8	20	88	1,09	2
						2,5	6	15	1812	121	M20	4,5	68			
z02	SALON	5	6	3	3749	5	1	5	750	150	M10	8	40	153	1,91	2
						5	5	25	2999	120	M20	4,5	113			
z03	Y. ODASI	3	4	3	1500	1	7	7	1050	150	M10	8	56	69	0,86	1
						1	5	5	450	90	M35	2,5	13			
z04	Ç. ODASI	2	4	3	1000	1	4	4	600	150	M10	8	32	44	0,55	1
						1	4	4	400	100	M30	3	12			
z05	O. ODASI	2	4	3	1000	1	4	4	600	150	M10	8	32	44	0,55	1
						1	4	4	400	100	M30	3	12			
z06	ANTRE	1,5	10	3	1875	0	0	0	0	150	M10	8	0	68	0,84	1
						1,5	10	15	1875	125	M20	4,5	68			

Ek 4 Klima Santrali Seçim Dokümanları

CİHAZ TEKNİK BİLGİLERİ

Tarih	03/13/2012	Rev. Tarihi	03/13/2012
Proje Adı	HAVALANDIRMA KANTRALI		
Santral Tanımı	KS-1		
Santral Modeli	İKS 65		

AHUSEL V.	2.2.1.3
Sayfa	1/4

Yandan Görünüş

Önten Görünüş

Genel Özellikler

Ventilatör Hava Debişi	Karkas	Boyutlar
30,000 m³/h	Alüminyum	A 2220 mm x H 1920 mm
Aspiratör Hava Debişi	İzolasyon Malzemesi	Ağırlık
	Kayayünü 70 kg/m³	0 kg
Batarya Alan Hızı	İzolasyon Kalınlığı	Kaldırma Yüksekliği
2.80 m/s	55 mm	150 mm
Toplam Isıtma Kapasitesi	Dış Sac Malzemesi	Yerleşim
826.46 kW	0.9 mm Boyalı Galvaniz	İçeride
Toplam Soğutma Kapasitesi	İç Sac Malzemesi	Motor Güçleri (Vent. - Asp.)
358.14 kW	0.9 mm Galvaniz	15.00 kW

Hz	Sound Power Level (dB)	LwA-tot						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Airborne Sound Power Level	79.2	73.4	65.2	59.5	54.7	45.7	40.1	66.2 dBA
Outlet SP Air Induct Sound Power Level	89.6	96.3	96.6	94.4	90.7	81.6	75.0	99.8 dBA
Inlet SP Air Induct Sound Power Level	86.2	83.4	83.2	80.5	80.7	68.7	56.1	86.7 dBA

Aksesuarlar

www.imeksan.com

Herkaz Tel: (0232) 449 56 11

Fabrika Tel: (0232) 450 39 39

imeksan@imeksan.com

Herkaz Fks: (0232) 449 56 02

Fabrika Fks: (0232) 450 34 61





CİHAZ TEKNİK BİLGİLERİ				 IMEKSAN	
Tarih	03/13/2012	Rev. Tarihi	03/13/2012		
Proje Adı	HAVALANDIRMA KANTRALI			AHUSEL V. 2.2.1.3	
Santral Tanımı	KS-1				
Santral Modeli	İKS 65			Sayfa	2/4

İki Damperli Karışım

Damper Tipi	Damper Kontrol Şekli	Başağı Kaybı	Modül Ağırlığı
Mafsallı	Otomatik	20 Pa	0 kg
Taze Hava Debiisi		Dönüü Havaı Debiisi	
30,000 m³/h		30,000 m³/h	
Taze Hava Damperi Öiçüü		Dönüü Havaı Damperi Öiçüü	
A 2140 mm x H 810 mm		A 2140 mm x H 810 mm	
Taze Hava Damperi Alın Hızı		Dönüü Havaı Damperi Alın Hızı	
5.00 m/s		5.00 m/s	
Aksesuarlar			



Filtre

Filtre Tipi	Bağılangıç Direnci	Son Direnci	Başağı Kaybı	Öiçü / Adet	Öiçü / Adet	Modül Ağırlığı
G-4	60 Pa	160 Pa	110 Pa	592x592x48/9	592x287x48/3	0 kg
Filtre Tipi	Bağılangıç Direnci	Son Direnci	Başağı Kaybı	Öiçü / Adet	Öiçü / Adet	Yedek Filtre

Aksesuarlar



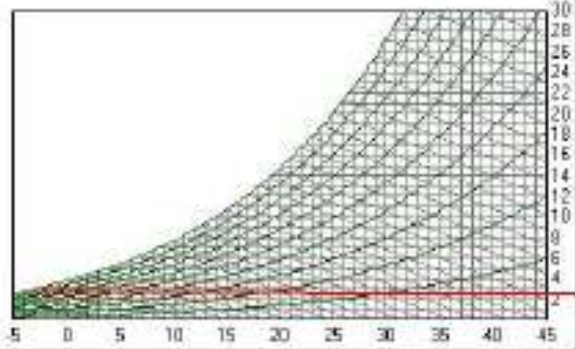
Batarya (Isıtma)

Hava Debiisi	Kapasite	Duyulur Isı Oranı	Alın Hızı	Adet	Kollektör Çapı	Boru	Kanat	Modül Ağırlığı
30,000 m³/h	826.46 kW	100.00 %	2.69 m/s	1	DN 76.1 mm	Bakır	Alüminyum	0 kg

Batarya Notasyonu

32 x 28 1/2 52T 6R 1875A 2.1P 78NC - Sağ

Akışkan Türü	Akışkan Giriş / Çıkış
Su	90/70 °C
Hava Giriş Kuru Termometre	Hava Çıkış Kuru Termometre
-3.00 °C	73.35 °C
Hava Giriş Yağ Termometre	Hava Çıkış Yağ Termometre
-3.47 °C	26.29 °C
Hava Giriş Bağıl Nem	Hava Çıkış Bağıl Nem
90.00 %	1.00 %
Hava Giriş - Çıkış Entalpiisi	Sıvı Debiisi
3.79 - 79.69 kJ/kg	35.375 kg/h
Hava Tarafı B.K.	Akışkan Tarafı B.K.
132 Pa	17.87 kPa

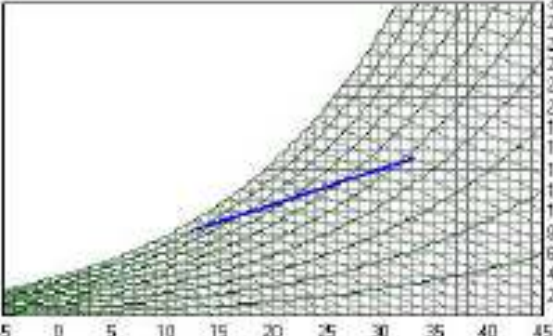


www.imeksan.com	Merkez Tel:	(0232) 449 56 11	Fabrika Tel:	(0232) 450 39 39
imeksan@imeksan.com	Merkez Fax:	(0232) 449 56 02	Fabrika Fax:	(0232) 450 34 81



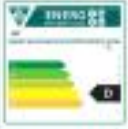
 	CİHAZ TEKNİK BİLGİLERİ				
	Tarih	03/13/2012	Rev. Tarihi	03/13/2012	
	Proje Adı	HAVALANDIRMA KANTRALI			
	Santral Tanımı	KS-1			
	Santral Modeli	İKS 65			
				AHUSEL V.	2.2.1.3
				Sayfa	3/4

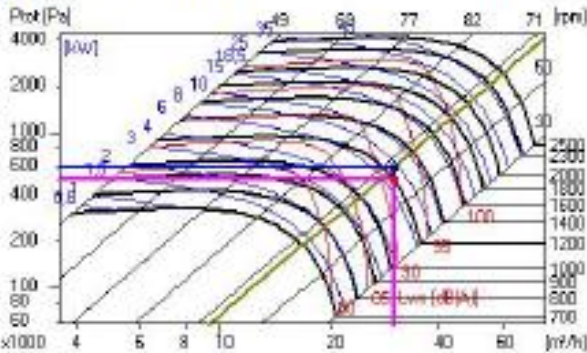
Aksesuarlar	

Batarya (Soğutma) (Islak Yüzeyde)								
Hava Debihi	Kapasite	Duyulur Isı Oranı	Alın Hızı	Adet	Kollektör Çapı	Boru	Kanat	Modül Ağırlığı
30,000 m³/h	358.14 kW	54.15 %	2.80 m/s	1	DN 114.3 mm	Bakır	Alüminyum	0 kg
Batarya Notasyonu								
32 x 28 1/2 52T 8R 1800A 2.1P 104NC - Sağ								
Polipropilen Separatör								
Akışkan Türü	Akışkan Giriş / Çıkış							
Su	7/12 °C							
Hava Giriş Kuru Termometre	Hava Çıkış Kuru Termometre							
33.00 °C	12.98 °C							
Hava Giriş Yağ Termometre	Hava Çıkış Yağ Termometre							
24.01 °C	12.06 °C							
Hava Giriş Bağıl Nem	Hava Çıkış Bağıl Nem							
47.63 %	90.00 %							
Hava Giriş - Çıkış Entalpi	Sıvı Debihi							
71.84 - 34.23 kJ/kg	61.381 kg/h							
Hava Tırnak B.K.	Akışkan Tırnak B.K.							
283 Pa	23.02 kPa							
								
Aksesuarlar								
								

www.imeksan.com	Merkez Tel: (0232) 449 56 11	Fabrika Tel: (0232) 458 39 39
imeksan@imeksan.com	Merkez Fax: (0232) 449 56 02	Fabrika Fax: (0232) 458 34 61



		CİHAZ TEKNİK BİLGİLERİ			
Tarih	03/13/2012	Rev. Tarihi	03/13/2012		
Proje Adı	HAVALANDIRMA KANTRALI				
Santral Tanımı	KS-1			AHUSEL V.	2.2.1.3
Santral Modeli	İKS 65			Sayfa	4/4

Vantilatör									
Hava Debiisi	Motor Modeli	Fan Üreticisi	Fan Modeli	Modeli Ağırlığı					
30,000 m³/h	GM 160 L-4	NICOTRA	RDH 630 R	0 kg					
Cihaz İçi Statik Basınç	Motor Gücü								
595 Pa	15.00 kW								
Cihaz Dışı Statik Basınç	Motor Devir Sayısı								
500 Pa	1500 d/d								
Toplam Statik Basınç	Fan Kaşnağı								
1095 Pa	SPB 180x2+2012 Ø40								
Toplam Basınç Kaybı	Motor Kaşnağı								
1196 Pa	SPB 180x2+2012 Ø42								
Toplam Verim	Kayışlar								
79.82 %	2xSPB 2150 mm								
Mil Gücü	Frekans Konvertörü								
12.49 kW									
Malz. Elektrik Tüketimi									
14.39 kW									
Fan Devri									
1499 d/d									
Fan Atış Açısı Hızı	Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000	LwA-top
12.99 m/s	SPLa - İç Taraf	92.2	95.4	92.2	87.5	83.7	78.7	74.1	93.7 dBA
	SPLm - Dış Taraf	99.6	98.3	95.6	93.4	86.7	80.6	75.0	97.8 dBA
Aksesuarlar									

www.imeksan.com	Merkez Tel:	(0232) 449 56 11	Fabrika Tel:	(0232) 450 39 39
imeksan@imeksan.com	Merkez Fax:	(0232) 449 56 02	Fabrika Fax:	(0232) 450 34 61



7. ÖZGEÇMİŞ

Alper Kadir KURAL

1985 yılında Malatya’da doğdu. İlköğretim ve liseyi Malatya’da okudu. 2003-2007 yılları arasında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Makine Mühendisliği lisans eğitimi aldı. 2007 yılı sonundan 2008 yılı sonuna kadar yedek subay olarak vatani görevini yerine getirdi. Doğalgaz tesisatı, projelendirme, keşif ve taahhüt alanında 6 ay; catering sektöründe, firma kurucusu olarak 2 yıl çalıştı. 2009 yılında Malatya İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı ve 2012 yılında tamamladı. Halen hastane, lojman ve okul işlerini bünyesinde barındıran bir projenin, tüm mekanik tesisat işlerinden (HVAC, sıhhi tesisat, medikal gaz sistemleri, doğalgaz vs.) sorumlu mekanik tesisat şefidir.