

**T.C.**  
**BAYBURT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAYSERİ İLİNDE GENEL KULLANIM AMAÇLI BİNALARDA**  
**ISI POMPASI KULLANIMININ MALİYET ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ufuk Emre ŞEKER**

**Haziran 2019**  
**BAYBURT**

**KAYSERİ İLİNDE GENEL KULLANIM AMAÇLI BİNALARDA  
ISI POMPASI KULLANIMININ MALİYET ANALİZİ**

**Ufuk Emre ŞEKER**

**Yüksek Lisans Tezi  
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Dr.Öğrt.Ü. Şükran EFE**

**T.C.**  
**BAYBURT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAYSERİ İLİNDE GENEL KULLANIM AMAÇLI BİNALARDA**  
**ISI POMPASI KULLANIMININ MALİYET ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ufuk Emre ŞEKER**

**2019**  
**BAYBURT**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Dr. Öğrt. Ü. Şükran EFE danışmanlığında, 142001015 numaralı Ufuk Emre ŞEKER tarafından hazırlanan “Kayseri İlinde Genel Kullanım Amaçlı Binalarda Isı Pompası Kullanımının Maliyet Analizi” konulu bu çalışma 15.04.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Başkan** : Dr. Öğrt. Ü. Filiz KARABUDAK

İmza: .....

**Jüri Üyesi** : Dr. Öğrt. Ü. Murat ÇOLAK

İmza: .....

**Jüri Üyesi** : Dr. Öğrt. Ü. Şükran EFE

İmza: .....

Bu tezin Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

21.6.2019  
Prof. Dr. Metin UÇURUM  
Enstitü Müdürü V.

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bu çalışmada şahsıma ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ufuk Emre ŞEKER

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### KAYSERİ İLİNDE GENEL KULLANIM AMAÇLI BİNALARDA ISI POMPASI KULLANIMININ MALİYET ANALİZİ

Ufuk Emre ŞEKER

Bayburt Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Dr.Öğrt.Ü. Şükran EFE

Gelişen teknoloji ve artan dünya nüfusuyla birlikte enerji tüketimi de her geçen gün artmakta ve günümüzde tüketilen enerjinin yaklaşık %30'u binalarda iklimlendirme amaçlı kullanılmaktadır. Bu bağlamda, binalarda tüketilen enerji miktarının azaltılması enerji verimliliği açısından önemli bir husus olup, literatürde farklı parametrelerin (bina mimarilerinde değişiklik, çeşitli yapı elemanlarının kullanılması, enerji ekipmanlarının verimliliklerinin artırılması, enerji sistemlerinin değiştirilmesi vs.) incelendiği birçok çalışma bulunmaktadır.

Bu çalışmada da Kayseri ilinde bulunan çok amaçlı kullanıma sahip, yaklaşık 10 000 m<sup>2</sup> kapalı alanlı bir binanın iklimlendirmesinde yenilenebilir enerji kaynağı kullanımının, enerji ekonomisine etkisi incelenmektedir. Çalışma kapsamında prototip olarak hazırlanan bir bina projesi kullanılarak; ısı yüklerinin hesabı, iklimlendirme sistemlerinin belirlenmesi, maliyet analizleri ve enerji tüketimleri incelenmiştir. Yenilenebilir enerjinin kaynağı olarak, yeraltı suyu kaynaklı ısı pompası kullanılan çalışmada, sistemin etkinliğini incelemek amacıyla yaygın kullanımlı iklimlendirme sistemi de (ısıtma da doğalgaz kazanı, soğutma da hava kaynaklı soğutma grubu) tasarlanmıştır. Yeraltı suyu kaynaklı ısı pompası hem ısıtma hem soğutma amaçlı kullanılmıştır. Projelendirilerek tasarlanan her iki sistemin, ilk yatırım ve işletme maliyetleri (bakım-servis maliyeti, işçilik maliyeti ve enerji tüketimi maliyeti) detaylı olarak incelenmiş ve karşılaştırılması yapılmıştır. Yaygın kullanımlı iklimlendirme sisteminin ilk yatırım maliyeti 727.442,00 ₺ ve yıllık işletme maliyeti de 151.263,00 ₺ dir. Bu maliyetler, yeraltı suyu kaynaklı ısı pompalı iklimlendirme sisteminden sırasıyla %17,1 ve %35,8 daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmayla, daha temiz ve ülke kaynaklarının kullanılması nedeniyle daha bağımsız bir enerji kaynağı olarak bilinen yeraltı suyu kaynaklı ısı pompası kullanımının, daha ekonomik bir iklimlendirme sistemi olduğu da tespit edilmiştir.

**2019, 68 sayfa**

**Anahtar kelimeler:** Yeraltı suyu kaynaklı ısı pompası, iklimlendirme sistemi, maliyet analizi

## ABSTRACT

MS Thesis

### COST ANALYSIS OF HEAT PUMP USE IN GENERAL PURPOSES BUILDINGS IN KAYSERİ PROVINCE

Ufuk Emre ŞEKER

Bayburt University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Mecanical Engineering

Supervisor: Asst.Prof.Dr. Şükran EFE

Energy consumption due to the developing technology and increasing world population is increasing day by day and about 30% of the energy consumption is used for air conditioning in buildings today. Therefore, reducing the amount of consumed energy in buildings is an important case in terms of energy efficiency, and there are many studies in the literature that examine different parameters (change in building architectures, use of various construction agents, increasing of energy equipment efficiency, change of energy systems, etc.).

In this study, the effect of the using of renewable energy source is examined on the energy economy of a commonly used building that has indoor area of about 10 000 m<sup>2</sup> in Kayseri province. Calculation of thermal loads, determination of air conditioning systems, system cost analysis and energy consumption of prepared build projects as a prototype were examined for propose of the study. A commonly used air conditioning system (natural gas in heating system and air source cooling group in cooling system) was designed to examine of the system efficiency in this study that is used the underground water based heat pump as the renewable energy source. The underground water based heat pump is used for both heating and cooling. The initial investment cost and operation costs (maintenance-service cost, labour cost and energy consumption cost) of each designed system were examined and were compared with each other. The initial investment cost of the commonly using air conditioning system was 727.442,00 ₺ and the annual operating cost of it was 151.263.00 ₺. The costs were 17.1% and 35.8% higher than the underground water based heat pump air conditioning system, respectively.

In this study, it is determined underground water based heat pump which is known as a more independent due to the use of national resources and cleaner energy source is more economical air conditioning system.

**2019, 68 pages**

**Key Words:** Underground water based heat pump, air conditioning system, cost analysis

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezimin her kademesinde sonsuz desteğini hissettiğim tez danıőmanım Sayın Dr.Öğrt.Ü. Şükran EFE' ye teőekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu tezin hazırlanmasında yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen, emeği geçen herkese Őükranlarımı sunarım.

Her zaman ve her konuda yanımda olan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme en içten dileklerle teşekkür ederim.



Ufuk Emre ŞEKER

Haziran 2019



# İÇİNDEKİLER

|   |    |
|---|----|
| ÖZET .....  | İV |
| ABSTRACT .....  | V  |
| TEŞEKKÜR.....   | VI |
| SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR DİZİNİ.....  | İX |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....  | X  |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....   | XI |
| 1.GİRİŞ .....   | 1  |
| 2.KURAMSAL TEMELLER.....  | 9  |
| 2.1 Isıl Yük Hesapları.....   | 9  |
| 2.1.1 Isı kazancı hesabı.....   | 10 |
| 2.1.2 Isı kaybı hesabı .....  | 11 |
| 2.2 Isıtma Sistemi .....  | 13 |
| 2.2.1 Yoğuşmalı ve yoğuşmasız kazanlar.....                                       | 13 |
| 2.2.2 Kaskad Sistem .....   | 14 |
| 2.3 Soğutma Sistemi.....  | 15 |
| 2.3.1 Hava kaynaklı soğutma grubu .....   | 17 |
| 2.3.2 Su soğutmalı soğutma grubu.....   | 17 |
| 2.3.3 Hava ve su kaynaklı soğutma grubunun karşılaştırılması.....                 | 18 |
| 2.4 Isı Pompası .....   | 18 |
| 2.4.1 Isı pompası çeşitleri .....   | 22 |
| 2.5 Çift Sıcaklıklı Sistemler .....   | 26 |
| 2.5.1 İki borulu sistemler .....  | 26 |
| 2.5.2 Dört borulu ortak yüklü sistemler .....                                     | 27 |
| 2.5.3 Fan-coil cihazı .....   | 27 |
| 2.6 Doğalgaz tüketim hesabı .....   | 28 |
| 2.7 Elektrik tüketim hesabı.....  | 29 |
| 3.MATERYAL VE YÖNTEM .....  | 30 |
| 3.1 Doğalgazlı Isıtma ve Hava Soğutmalı Soğutma Sistemi Tasarımı (Sistem-1) ..... | 38 |
| 3.2 Isı Pompalı Sistem Tasarımı (Sistem-2) .....                                  | 39 |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....  | 42 |
| 4.1 Sistem-1 Maliyeti .....   | 42 |

|   |    |
|---|----|
| 4.1.1 İlk yatırım maliyeti .....                    | 42 |
| 4.1.2 Yıllık bakım-servis maliyeti .....            | 43 |
| 4.1.3 Yıllık yakıt ve enerji tüketim maliyeti ..... | 43 |
| 4.1.4 Yıllık işçilik maliyeti .....                 | 44 |
| 4.2 Sistem-2 Maliyeti .....                         | 45 |
| 4.2.1 İlk yatırım maliyeti .....                    | 45 |
| 4.2.2 Yıllık bakım servis maliyeti .....            | 46 |
| 4.2.3 Yıllık enerji tüketim maliyeti .....          | 46 |
| 4.2.4 Yıllık işçilik maliyeti .....                 | 46 |
| 5.SONUÇLAR .....                                    | 48 |
| 6.KAYNAKLAR .....                                   | 50 |
| 7.EKLER .....                                       | 58 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                      |    |

## SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

|                  |  |
|------------------|--|
| $B_y$            | Yıllık yakıt miktarı (kg/yıl veya m <sup>3</sup> /yıl) |
| $q_h$            | Yapının hesaplanan toplam ısı kaybı (kW)               |
| $Z_g$            | Günlük çalışma süresi, (h/gün)                         |
| $Z_y$            | Yılda ısıtma yapılan gün sayısı, (gün/yıl)             |
| $H_u$            | Yakıtın Alt ısı değeri (kJ/m <sup>3</sup> )            |
| $\eta_k$         | Isıl verim   |
| $k$              | Isı iletim katsayısı (W/mK)                            |
| $T_L/ T_H$       | Ortam sıcaklığı (°C)                                   |
| $Q_L/ Q_H$       | Isı miktarı (kW)                                       |
| $W_{net, giren}$ | Net iş (kW)  |
| $COP_{SM}$       | Soğutma makinası etkinlik katsayısı                    |
| $COP_{IP}$       | Isı pompası etkinlik katsayısı                         |
| $COP$            | Etkinlik katsayısı                                     |

### Kısaltmalar

|        |  |
|--------|--|
| İZODER | Isı Su Ses Ve Yangın Yalıtımcıları Derneği |
| LPG    | Sıvılaştırılmış petrol gazı                |
| FC     | Fan-coil                                   |
| EPDK   | Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

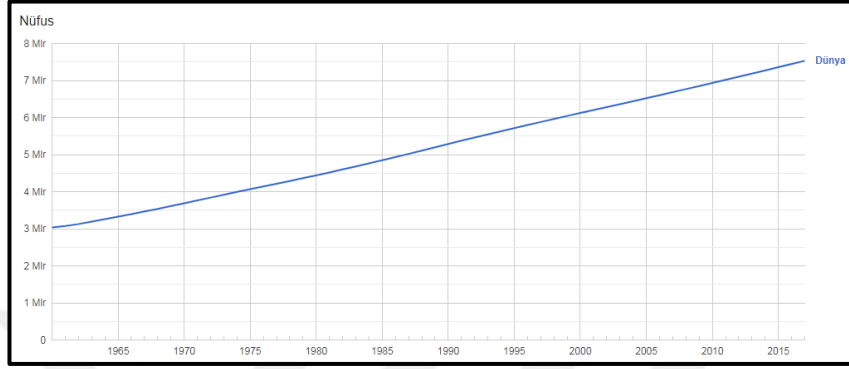
|            |  |    |
|------------|--|----|
| Şekil 1.1  | Dünya nüfus artış hızı   | 1  |
| Şekil 1.2  | Fosil yakıtların kalan rezerv miktarları   | 1  |
| Şekil 2.1  | Kaskad sistemi   | 14 |
| Şekil 2.2  | Soğutma çevrimi basınç-entalpi diyagramı   | 16 |
| Şekil 2.3  | Hava kaynaklı soğutma grubu  | 17 |
| Şekil 2.4  | Su kaynaklı soğutma grubu  | 18 |
| Şekil 2.5  | Isı pompası ile ısı makinası arasındaki fark   | 19 |
| Şekil 2.6  | Hava soğutmalı ısı pompası (soğutma)   | 20 |
| Şekil 2.7  | Hava soğutmalı ısı pompası (ısıtma)  | 20 |
| Şekil 2.8  | Isı pompası ve kullanılan cihaz türleri  | 23 |
| Şekil 2.9  | Toprak kaynaklı ısı pompası; a) Dikey sondaj kullanımı, b) Yatay sondaj kullanımı                | 24 |
| Şekil 2.10 | Su kaynaklı ısı pompası  | 25 |
| Şekil 2.11 | Yer altı suyu kaynaklı ısı pompasında sondaj kullanımı   | 26 |
| Şekil 2.12 | Fan-coil cihazları   | 28 |
| Şekil 3.1  | Sistem-1   | 38 |
| Şekil 3.2  | Sistem-2   | 39 |
| Şekil 3.3  | Kaynak-mahal arası ısı enerjisi transfer şeması, a) Yaz sezonu (Soğutma), b) Kış sezonu (Isıtma) | 40 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
| <b>Çizelge 2.1</b> | Isı iletim katsayıları                                | 26 |
| <b>Çizelge 2.2</b> | İki borulu fan-coil cihazının tipleri ve kapasiteleri | 28 |
| <b>Çizelge 2.3</b> | Cihazların elektrik tüketim değerleri                 | 29 |
| <b>Çizelge 3.1</b> | C-22 ısı yük hesabı (Zemin kat)                       | 31 |
| <b>Çizelge 3.2</b> | Zemin kat ısı kayıp değerleri (A Blok)                | 32 |
| <b>Çizelge 3.3</b> | Zemin kat ısı kayıp değerleri (B Blok)                | 33 |
| <b>Çizelge 3.4</b> | Zemin kat ısı kayıp değerleri (C Blok)                | 34 |
| <b>Çizelge 3.5</b> | Zemin kat ısı kazanım değerleri (A Blok)              | 35 |
| <b>Çizelge 3.6</b> | Zemin kat ısı kazanım değerleri (B Blok)              | 36 |
| <b>Çizelge 3.7</b> | Zemin kat ısı kazanım değerleri (C Blok)              | 37 |
| <b>Çizelge 1.8</b> | Kaynak / kuyu yıllık sıcaklık dağılımı                | 40 |
| <b>Çizelge 4.1</b> | Sistem-1 için ilk yatırım maliyetleri (₺)             | 42 |
| <b>Çizelge 4.2</b> | Sistem-1 için yıllık enerji tüketim maliyetleri (₺)   | 44 |
| <b>Çizelge 4.3</b> | Sistem-1'in maliyet detayı (₺)                        | 44 |
| <b>Çizelge 4.4</b> | Sistem-2 için ilk yatırım maliyetleri (₺)             | 45 |
| <b>Çizelge 4.5</b> | Sistem-2 için yıllık enerji tüketim maliyetleri (₺)   | 46 |
| <b>Çizelge 4.6</b> | Sistem-2'nin maliyet detayı (₺)                       | 47 |
| <b>Çizelge 5.1</b> | Sistem-1 ve Sistem-2 karşılaştırması                  | 50 |

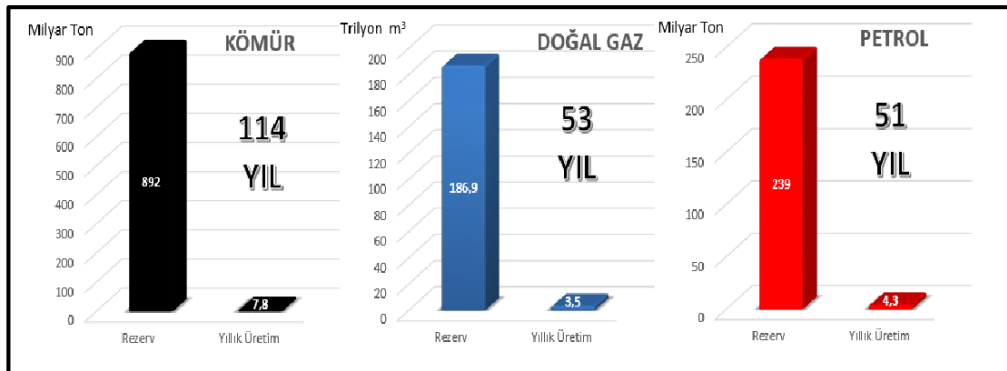
## 1.GİRİŞ

Dünya Bankasının 06 Temmuz 2018 tarihli analizine göre dünya nüfusu her geçen saniye ortalama 2,6 insan artmaktadır (Şekil 1.1) (Atabay vd, 2014; Anonim, 2019).



Şekil 1.1 Dünya nüfus artış hızı

Birleşmiş Milletler'in tahminlerine göre de 7,5 milyarlık dünya nüfusu, 2030 yılında 8,6 milyar ve 2100 yılında 11,2 milyar değer ulaşacaktır. Bu hızlı artış beraberinde enerji tüketimini de getirecek ve fosil yakıtlardaki sınırlı miktardaki rezervi nedeniyle yeni enerji kaynaklarının kullanımı gerekecektir. Özellikle her geçen gün kullanım miktarı artan petrol ve doğalgazın kalan rezerv miktar (yaklaşık 50 yıl) çok düşüktür (Şekil 1.2). Bu durum, petrol ve doğalgaz kullanılan sistemler için yeni enerji kaynaklarının kullanımını ön plana çıkarmaktadır (Anonim, 2017; Koç vd, 2018)



Şekil 1.2 Fosil yakıtların kalan rezerv miktarları

Fosil yakıt kullanımının bir diğere önemli dezavantajı da çevreye olumsuz etkisidir. Artan fosil yakıt tüketimi beraberinde artan egzoz emisyonunu ve bunun sonucunda da küresel ısınmayı getirmektedir (Akın, 2006). Söz konusu bu durum çevreyle dost yeni enerji kaynaklarıyla bertaraf edilebilir. Fosil yakıt yerine kullanılacak yeni enerji kaynağının/kaynaklarının yenilenebilir nitelikte olması, ülkelerin yakıt bağımsızlığı açısından da önem arz etmektedir (Aydın, 2016; Wu vd, 2018).

Günümüzde yürütölen birçok yeni kaynak araştırmasının yanı sıra mevcut sistemlerin enerji verimliliğinin artırılması da ön plandadır. Dünyadaki enerji tüketim miktarları incelendiğinde, %25'i binalarda, %25'i ulaşımda ve %50'si sanayide kullanıldığı tespit edilmiştir. Binalardaki enerjinin de %88'i (%78 ısıtma, %10 sıcak su) de iklimlendirme amaçlıdır (Koç ve Kaya, 2015)

Son zamanlarda ön plana çıkan yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik, rüzgâr, güneş, biyoyakıtlar ve jeotermaldir. Özellikle binalarda iklimlendirme sistemlerinde jeotermal enerji kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Ayrıca binalarda ısı pompası kullanımı da ön plana çıkmaktadır (Lechner ve Javed, 2016; Ertürk ve Ertürk, 2018; Yıldız, 2019).

*En ucuz enerji tasarruf edilen enerjidir.* ilkesinden yola çıkılacak olursa, ısı pompaları en az tükettikleri enerji miktarı kadar iklimlendirme işi yaptıkları için diğere ısıtma ve soğutma sistemlerine göre daha yüksek verime sahiptirler. Isı pompalarının en büyük avantajları, özellikle ısıtma amaçlı kullanılan sistemlerde fosil yakıt bağımlılığını azaltmaktır (Arroyo vd, 2016; Bayram, 2019; Erkek ve Güngör, 2019).

Arslan (2006), yaptığı çalışmada jeotermal enerji konularını incelemiş ve bir konutun ısı ihtiyacı hesaplamıştır. Yıllık enerji ihtiyacını 15 039,862 kWh olarak bulmuştur. Jeotermal kuyudan konut için gerekli olan ısı enerjisini elde etmek için kuyu içirisinde tasarladığı eşanjör ile konutun ısıtması amaçlamıştır. Gerekli ısıyı kuyu içindeki iki tip (delikli muhafazalı ve delikli taşınım destekleyici borulu) eşanjör tasarımı ile bilgisayar programı üzerinden 15 değışken üzerinden analiz yapmıştır.

Performans açısından tek sarım serpantinli delikli muhafazalı sistemin en iyi olduğunu bulmuştur.

Arat (2016), jeotermal kaynaklı ısı pompasının bölgesel ısıtmada kullanımında farklı soğutucu akışkanlar ve farklı sistem parametreleri ele alınarak tasarımda enerji ve ekserji analizleri ile sistemlerin ekonomikliği, verimleri bakımından hesaplamış ve modellemiştir. Kütahya Simav jeotermal bölgesine ait kaynakları kullanarak jeotermal kaynaklı ısı pompasının bölgesel ısıtma sisteminde kullanımı araştırılmıştır. Çalışmada, Simav jeotermal kaynakları kullanılarak tasarlanan ve optimize edilen jeotermal kaynaklı ısı pompası destekli bölgesel ısıtma sistemi ile bölgede 13 765 konutun ısıtılması planlanmış sistem maliyeti 72 737 788,62 TL olarak bulunmuştur. Önerilen bölgesel ısıtma sistemi çevrim şemasından sadece ısı pompası çevrimi çıkarılarak oluşturulan direkt ısıtma sistemi ile 13 173 konutun ısıtılacağı hesaplanmış ve sistemin maliyeti 65 249 283,00 TL olarak bulunmuştur. Bu değerler önerilen sistemle karşılaştırıldığında, jeotermal kaynaklı ısı pompası destekli bölgesel ısıtma sistemi ekonomik açıdan çok daha iyi bir sonuç olduğunu bulmuştur.

Seyrek (2010), mahal ısıtmasında toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin kullanımı üzerine yaptığı çalışmada toprak kaynaklı ısı pompası ile Ankara ilinde bulunan bir konutun ısıtılması için enerji ve ekserji hesapları ile diğer ısıtma sistemlerinde kullanılan yakıtlara göre karşılaştırmıştır ve maliyet analizi yapmıştır. Yıllık enerji ihtiyacı 8 350 422 kcal olan binanın toprak kaynaklı ısıtma sisteminde yıllık harcanan elektrik enerjisi için 6 643 TL ödenmesi gerekirken diğer ısıtma sistemlerinde kullanılan yakıtlar için motorinde 31 869 TL, LPG'de 29 044.92 TL, doğalgazda 11 493 TL olarak bulunmuştur.

Alkan (2017), İstanbul'da bulunan yaklaşık 11.000 m<sup>2</sup> inşaat alanına sahip bir binada kurulması planlanan değişken hava debili sistem + radyatör sistemi ve alternatif olarak düşünülen 4 farklı sistem arasında değerlendirme yapılmıştır. Bu sistemler sırasıyla değişken hava debili sistem + radyatör, su kaynaklı ısı pompası, ısı geri kazanımlı VRF/VRV, ısı pompalı VRF/VRV + Radyatör ve dört borulu fan coil



sistemidir. Seçilen her sistem için enerji ihtiyacı, ilk yatırım maliyeti, işletme ve bakım maliyetlerine göre karşılaştırılmıştır. İlk yatırım maliyetine göre en ekonomik olan sistem ısı pompalı VRF/VRV + Radyatör ve dört borulu fan coil sistem ve enerji tüketimi konusunda değişken hava debili sistem + radyatör sistemine göre en fazla tasarruf edilen sistem su kaynaklı ısı pompalı sistem olduğu sonucuna varmıştır.

Şaşmaz (2014), sudan suya ısı pompası ile eşzamanlı mahal soğutma ve sıcak su eldesinin deneysel analizinin yapıldığı bu çalışmada soğutulan ortamdaki çekilen enerjiyi kullanım sıcak su deposuna aktaran bir ısı pompasının çeşitli parametrelere bağlı olarak enerji ve ekserji analizleri gerçekleştirilmiştir. Yaz mevsimi şartlarında yapılan deneyler sonucunda ortalama su ısıtma COP değerinin 2.55, mekân soğutma COP değerinin 2.20 ve birleşik COP değerinin de 4.75 olduğu hesaplanmıştır.

Danış (2007), su kaynaklı ısı pompası sisteminin Siirt' de bir uygulamayla incelendiği bu çalışmada yapay gölette bulunan su kaynağı kullanılarak yapılmış olduğu serpantin düzeneği vasıtasıyla ısı pompası kapasite hesabı ile sıcaklık değerleri üzerinde analizler yapılmıştır. Göletin tüm ısıl kapasitesini hesaplamış ve ısı kaybı 20.000 kcal/h olan 28 adet konuta yetecek miktarda ısı enerjisi olduğunu bulunmuştur. Su kaynaklı ısı pompalarında ısıtıcı akışkan olarak su yerine faz değiştiren bir akışkanın kullanılması durumunda; direkt genleşmeli sistemin verimi diğer sistemlere göre 4 kat daha yüksek olacağı sonucuna varmıştır.

Dikici ve Akbulut (2008), deneysel olarak güneş enerjisi ile ısıtılan suyu ısı pompası kullanarak daha yüksek sıcak su elde etmek adına sistemin enerji ve ekserji analizi yapmışlardır.

Erdoğan vd (2006), ısı pompasının performansı çeşitli faktörlere bağlı olduğundan ısı pompası seçiminde etkili olan unsurları değerlendirmiştir. Isı pompası sistem tipinin seçimi, ısıtma/soğutma yüklerinin hesaplanması, dağıtım sistemi sıcaklığının belirlenmesi, ısı pompası işletim sisteminin seçimi, ısı pompası tipinin seçimi gibi

başlıklar altında ısı pompası sistemlerinin seçiminde dikkat edilecek unsurları ayrıntılı olarak incelemişlerdir.

Chua vd (2010), yaptıkları çalışmada ısı pompası sistemlerinin son zamanlardaki gelişmelerini, çevrim tasarımlarını ve kullanım alanlarını incelemişlerdir. Isı pompası sistemine eklenen enjektör sistemi ile verimliliğinin %20 oranında arttığını ve yeni nesil kompresörlerin kullanılmasıyla ısı pompası sisteminin enerji tüketiminde %80'e kadar azaltılabileceği sonucuna varmışlardır.

Kuş ve Çomaklı (2015), hava-hava, hava-su, su-su ve su-hava kaynaklı ısı pompalarının soğutma etkinlik değerleri, elektrikli ısıtıcıya göre enerji tüketimleri ve maliyet analizleri karşılaştırılmıştır. Yapılan hesaplamalara göre en yüksek yıllık elektrik maliyeti havadan suya ısı pompası sisteminde, en düşük yıllık elektrik maliyeti ise sudan havaya ısı pompası sisteminde elde edilmiştir. Isı pompası sisteminin dört farklı çalışma şekli için de elektrik tüketiminin, elektrikli ısıtıcıya göre en az 3 kat daha az olduğu saptanmıştır. Bu çalışma şekillerinden herhangi birinin elektrikli ısıtıcı yerine kullanılması durumunda, her bir sistemin elde edilen geri ödeme süresi sonunda kendini amorti ettiği ve sonraki yıllarda kullanıcıya kâr sağladığı saptanmıştır.

Ceylan (2017), Tekirdağ'ın Çorlu ilçesi toprak kaynaklı ısı pompasını farklı soğutucu akışkanların kullanıldığı varsayılarak çalıştırılan ısı pompasının kondenser sıcaklığının, deneysel olarak toprak ısı değiştiricisinin boyutlandırılmasına ve ısı pompasının performans katsayısına etkisi incelenmiştir. 1 kW soğutma kapasitesi için incelenen soğutucu akışkanlar arasında en büyük performans katsayısı (COP) ve en küçük boru uzunluğu R134a için elde edilmiştir. Toprak ısı değiştirici su giriş sıcaklığı 31.34 °C'den 39.54 °C'ye arttığında R134a için kompresör gücündeki artış %38, boru boyundaki azalma ise %48 olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Bakırcı (2016), deneysel olarak su kaynaklı ısı pompası ile sıcak su elde edilmesi üzerine yapmış olduğu çalışmada ısı pompası sisteminin performans katsayıları, kompresörün gücü, soğutma ve ısıtma kapasiteleri, buharlaşma ve yoğuşma sıcaklıkları

ile soğutucu akışkan debisinin, kondenser su devresindeki ısı taşıyıcı akışkanın debisine göre değişimleri incelenmiştir. Deneysel çalışmadan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. I) Kondenser su debisi artırıldığında kompresörün çektiği güç azalırken, soğutma ve ısıtma kapasitesi artmıştır. II) Artan kondenser suyu debisi, sistemin ısıtma ve soğutma etkinlik katsayılarında artışa sebep olmuştur. III) Artan kondenser suyu debisi ile buharlaşma ve yoğuşma sıcaklıkları düşmüştür. IV) Bu durum, yüksek kondenser suyu debilerinde daha düşük nitelikli kullanım sıcak suyu ve çok düşük sıcaklıklarda olmayan kullanım soğuk suyu eldesini desteklemiştir. V) Artan kondenser suyu debisi ile soğutucu akışkan debisi de artmıştır.

Oerder ve Meyer (1998), Hava kaynaklı ısı pompası ile şehir şebeke hattındaki suyu kullanarak su kaynaklı ısı pompasını karşılaştırmıştır. Genel kabuller ile tasarım yapmış, analiz oluşturmuş ve sistemin performansı belirlemiştir. Her iki sistemi etkileyen tüm değişkenler dikkate alındığında su kaynaklı ısı pompası hava kaynaklı ısı pompasına göre ölçülen sonuçlar bakımından sistemin doğruluğunun %4'te olduğunu ve havadan havaya göre etkinliğin ısıtma modu için %22, soğutma modu için %34 daha iyi olduğunu göstermektedir. Tasarladıkları sistemi daha etkin hale getirerek, tasarımı geliştirmek, sistemin kurulum ve çalıştırma maliyetini düşürmek ve sistemi daha kullanıcı dostu hale getirmek için mevcut sistemi iyileştirmek mümkün olduğunu savunmuşlardır.

Kaya (2009), yaptığı çalışmada Adapazarı'nda kurulu bulunan 2310 MW gücündeki doğalgaz çevrim santralinin yoğuşma ünitesinden alınan atık ısının ısı pompasında kullanılması ile ısı pompası ve doğalgaz yakıtlı kombinin uzun vadede maliyet (yatırım, işletme bakım , elektrik ve doğalgaz) analizi yapmıştır. Yapılan birim maliyet analizinde; ısı pompası sistemi ile doğalgaz ile çalışan kombinin birim maliyet analizi hesaplanmıştır. Isı pompası kondensör sıcaklığı artışına göre birim maliyet toplamı 0,007449 \$/kWh'dan başlayarak 0,05553 \$/kWh'a kadar artış göstermektedir. 2009 yılındaki ekonomik şartlar altında ısı pompası kondensör sıcaklığı yaklaşık 60 °C de çalıştırılması kombi sistemine göre avantajlı durumunda iken bu sıcaklığın 100 °C yükselmesiyle kombi birim maliyetiyle başa baş

gelmektedir. Daha yüksek kondensör sıcaklıklarında ise ısı pompası birim maliyeti daha yüksek olmakta ve ekonomikliğini kaybetmekte olduğu sonucuna varmıştır.

Wang vd (2011), split klima, hava kaynaklı ısı pompası ve su kaynaklı ısı pompası na ilave merkezi kazan sistemi incelenmiş ve bilgisayar programı yardımı ile farklı iklim ve işletme koşulları altında sistemlerinin enerji performansları karşılaştırılmıştır. Hava kaynaklı ısı pompası ekipman verimliliği açısından tüm simülasyon senaryolarında en iyi performansı sergilemiştir. Soğuk iklimlerde su kaynaklı ısı pompasının split klima sistemine göre daha iyi performans sergilediği, ancak sıcak iklimlerde daha kötü performans sergilediği belirtilmiştir.

Develioğlu (2012), yer kaynaklı ısı pompalarının teknolojik gelişimi ve Türkiye'deki uygulanabilirliği konusunda yapmış olduğu çalışma ile yer kaynaklı ısı pompalarının dünyadaki örnekleri, teşvikleri ve Türkiye'deki uygulama örneklerini göstermiştir. Türkiye'deki uygulama örneklerinden yer altı kaynaklı ısı pompalarının enerji tüketimi konusunda diğer yakıtlı sistemlerden LPG ve doğalgaza göre kar edildiğini ve oranlarını göstermiştir. Muğla Dalaman da incelediği otel projesinde 2008 yılında yapılan 2 adet sudan suya yer kaynaklı ısı pompası uygulaması ile %87,5 işletme kar edildiği ve LPG yakıt kullanılacağı varsayıldığında sudan suya ısı pompası ile yıllık olarak 180 bin \$ kar elde edileceği sonucuna varmıştır.

Marini (2013), 1050 m<sup>2</sup>'lik alana sahip, 15 daireye bölünmüş 3 katlı bir bloktan oluşan düşük enerji tüketen bir konut kompleksinde, 5 farklı HVAC sisteminin 3 farklı iklim koşuluna göre performansı karşılaştırmıştır. Her 3 iklim için yirmi yıllık bir tekno-ekonomik analiz gerçekleştirmiş olup, yer altı suyu ısı pompası sisteminin 9 yıl sonra ekonomik açıdan uygulanabilir hale geldiği gözlemlenmiştir.

Pastakkaya (2017), çalışmasında örnek bir sera modeli tasarlamış ve ısıtma sisteminde kullanılacak kömür yakıtlı kazan ile ısı pompası karşılaştırılmış, tekno-ekonomik analizler sonucu yenilenebilir enerji kaynaklı ısıtma sistemlerinin geleneksel ısıtma sistemlerine göre ısıtma ihtiyacına bağlı işletme maliyetleri açısından %68 oranında daha tasarruflu olduğu sonucuna varmıştır .

Bu çalışmada, Kayseri ilinde tasarlanan bir binanın iklimlendirmesi için yer altı suyu kaynaklı ısı pompası kullanımının enerji tüketimine ve güncel fiyatlar ile maliyete etkisi incelenecektir. Bu bağlamda 10 500 m<sup>2</sup> kapalı alana sahip, genel kullanım amaçlı (hastane, okul, eğitim binası vs.), mevcutta bulunmayan prototip amaçlı bir bina tasarlanmıştır. Çalışmada, yer altı suyu olarak 10 yıldan daha uzun süredir tarım faaliyetlerinde kullanılan kış aylarında ki sıcaklığı 19°C ve yaz aylarındaki sıcaklığı 18°C olarak tespit edilen bir kaynak kullanılacaktır. Bu yer altı suyu, ısı pompası vasıtası ile kış aylarında ısı çekilen kaynak, yaz aylarında ise ısı verilen kuyu veya başka bir tabir ile ısı depo olarak kullanılacaktır. Yeraltı suyunun kullanımının verimli olup olmadığını ve verimli ise ne kadar verimli olduğunu tespit etmek amacıyla prototip olarak hazırlanan projede; önce yaygın kullanım alanına sahip iklimlendirme sistemi (ısıtmada doğalgaz yakıtlı kazan ve soğutmada hava soğutmalı soğutma grubu sistemi) tasarlanacaktır. Bu sistem, Sistem-1 olarak isimlendirilecektir. Yer altı suyu kaynaklı ısı pompasının kullanıldığı sistemde (ısıtma ve soğutma), Sistem-2 olarak isimlendirilecektir.

Çalışmanın sonunda Sistem-1 ve Sistem-2 karşılaştırılacak ve Sistem-2'nin enerji tüketimi üzerindeki etkisi yürütülecek bu çalışma ile yer altı kaynak suyundaki ısı enerjisi kullanarak iklimlendirme için daha az enerji tüketilmesi ve fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılması amaçlanmaktadır.

## 2.KURAMSAL TEMELLER

İnsanoğlu var olduğundan beri bütün disiplinlerin ortak amacı insana daha konforlu bir yaşam sunmaktır. Daha konforlu bir yaşamın temel öğesi de termal konfordur. Termal konfor, TS EN ISO 7730 standardında “ısıł çevrenin ergonomisi ” olarak tanımlanmış olup günümüzde binaların tasarımında dikkate alınan en önemli faktörlerden biridir. İklimlendirme; kapalı bir mahalın sıcaklık, nem, hava hareketi ve temizliği açısından insan sağlığı ve termal konfora uygun bir şekilde düzenlenmesidir (Sökmen, 2018; Chirico ve Magnavita, 2019). Termal konforun sağlanabilmesi için sıcaklığın istenen değerde sabit tutulması gerekir (Mutlu ve Çalışkan, 2019). Bunun için uygun nitelikte ısıtma ve soğutma cihazları kullanılmaktadır. Isıtma ve soğutma cihazının seçimi, yapının ısıtma ve soğutma yüküne göre belirlenir (Harputlugil ve Çetintürk, 2005; Tekin, 2019).

### 2.1 Isıl Yük Hesapları

Yapının ısıł konforun sağlanabilmesi için gerekli olan ısı miktarının belirlenmesinde ısıł yük hesapları yapılır. Isıl yük hesapları için gerekli sayısal değerlerin bir kısmı mimari projeden bir kısmı ise mimari proje esas alınarak seçilmiş veya hesaplanmış verilerden alınır. Kışın ısıtılmış hacmin ısısı, hacmi çevreleyen yapısal elemanlardan daha düşük sıcaklıktaki dış ortama doğru akacağından burada bir ısı kaybı söz konusudur (Kaya vd, 2016; Koyun ve Koç, 2017; Kon, 2018; Kandemir vd, 2019) . Yazın ısı akışı aksi yönde oluşur. Konfor iç sıcaklığı daima dış sıcaklığın altında bir değerde olacağından burada hacim için bir ısı kazancı oluşmaktadır. Kış ve yaz mevsimleri için ısının geçiş yönü dışında prensip olarak ısıł hesaplar aynı gibi görünse de uygulamada oldukça farklıdır. Farklılığın sebebi kışın ısı akışının daimi rejimde sürekli olmasına karşı yazın ısı akışının ani ve kısa sürelerde değişken miktarlarda görünmesidir. Bu farkın ana nedeni kışın ısı akışının daima rejimde yani sürekli olmasına karşılık yazın ısı akışının ani ve kısa sürelerde değişken miktarlarda olmasıdır (İşbilir, 2009). Kışın ısı hesabına esas alınacak dış hava sıcaklığı bölge için kabul edilen ve gün boyunca değişimi ihmal edilen bir sıcaklık değeri alınır. Bu durumda ısı akışının

hesaplanmasında sıcaklık farkı sabit kalacağından ısı akışı sürekli rejimde meydana gelir (Işık ve Tuğan, 2017). Yazın ise bir tam gün periyodu boyunca dış hava sıcaklığı ve güneş ışınlarının taşıdığı radyasyon ısıları farklı fazlarda periyodik bir değişim gösterir. Bu ısıların hacim içerisinde etkisi gün boyunca farklı sürelerde oluşur ( Bulut vd, 2006; Yurtseven, 2006; Kürekçi ve Kaplan, 2014; Kalfa ve Yaşar, 2015).

### 2.1.1 Isı kazancı hesabı

İç ortam ile dış ortam arasındaki sıcaklık farkından dolayı ısı yük hesapları; ısı kaybı ve ısı kazancı olarak iki farklı şekilde hesaplanır. İklimlendirme cihazlarının seçimi için gerekli olan yükün hesabında klimatize edilecek mahalin içindeki ısı kaynaklarınınca üretilen ısının (iç ısı kazancı) yanı sıra bir tasarım gününde dışarıdan mahal içine giren ısının da (dış ısı kazancı) göz önüne alınması gerekir. Bir tasarım gününü; dış ortamın kuru ve yaş termometre sıcaklıklarının birlikte en yüksek değere ulaştığı güneşten gelen ışının az ya da çok azaltacak sis bulunmayan ve iç yüklerin hepsinin normal olduğu gün olarak tanımlayabiliriz. Klimatize edilecek mahal için pik yükün gerçekleşeceği gün ve saat genellikle kolay bir şekilde tespit edilirken bazen günün belirli saatleri için ayrı ayrı hesap yapmak gerekebilir. Toplam ani ısı kazancını dış ve iç ısı kazançları oluşturur. Dış ısı kazancı; camlardan (kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyon yoluyla), dış duvardan ve çatıdan, iç bölmeler tavan ve döşemeden gelen ısı kazançlarıdır (Aktacir ve Bulut, 2007; Erkmen ve Gedik, 2007).

Pencereden radyasyonla olan ısı kazancı (2.1) ile hesaplanır.

$$Q_R = F \times Q_G \quad (2.1)$$

F : Pencere alanı

Q<sub>G</sub> : Radyasyonla gelen ısı akısı (W/m<sup>2</sup>)

$$Q_{RN} = K \times Q_R \quad (2.2)$$

Q<sub>RN</sub> : Net radyasyonla olan ısı kazancı

K : Gölgeleme faktörü

$Q_R$  : Radyasyonla olan ısı kazancı

Çatı ve duvardan radyasyonla olan ısı kazancı ve aynı zamanda çatı, duvar ve pencereden konveksiyonla olan ısı kazancı (2.3) ile hesaplanır.

$$Q_{\text{çatı,duvar,penc}} = U \times A \times \Delta t_{eş} \quad (2.3)$$

U : Isı geçirgenlik katsayısı (W/m<sup>2</sup>K)

A : Çatı,duvar,pencere alanı (m<sup>2</sup>)

$\Delta t_{eş}$  : Çatı ve duvar için eşdeğer sıcaklık farkı olup gün içinde zamana bağlı olarak değişir.

$\Delta t$  :  $t_{iç} - t_{dış}$  (Pencere için) sıcaklık farkı olarak alınır zamana göre değişiklik göstermez.

Yapı elemanları için ısı geçirgenlik katsayısı tablolardan pratik olarak alınır. Tabloda verilmeyen yapı elemanları ise (2.4) ile hesaplanabilir.

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{\alpha_d} \quad (2.4)$$

$\alpha$  : ısı taşınım katsayısı (W/m<sup>2</sup>K)

d : duvar kalınlığı (m)

$\lambda$  : ısı iletkenliği hesap değeri (W/mK)

İç ısı kazancı kaynaklarını; insanlar, aydınlatma, pişirme cihazları, elektrikli makineler gibi genel kategoriler halinde ayırabiliriz ve ortama yaydıkları ısının toplamı ile iç ısı kazancı belirlenmiş olur (Küçükçalı, 2001).

### 2.1.2 Isı kaybı hesabı

Bina iç ve dış sıcaklık farkından dolayı, yapı bileşenlerinden (transmisyon) ve açılır kapanır elemandan (enfiltasyon) ısı kaybeder. Isı önce oda ortamından duvar yüzeyine doğru taşınım, sonra duvar iç yüzeyinden duvar dış yüzeyine iletimle ve daha sonrada duvar dış yüzeyinden dış ortama taşınım, geçer. Hacmin pencere ve kapılarının açılan kısımlarının kasaları ile tam olarak örtüşmemesi nedeniyle sızıntı



(enfiltasyon) yoluyla içeriden dışarıya ısı kaybı olmaktadır. Her mahalde istenilen konfor sıcaklığını sağlamak amacıyla kaybedilen ısıyı karşılayacak kapasitede ısıtıcı yerleştirilir. Yapıdaki bütün bölümlerin ısı kaybına karşılık ısıtıcılar seçilir (Genceli ve Parmaksızoğlu, 2012).

Toplam ısı kaybı hesabı (2.5) ile yapılır.

$$q_h = q_i + q_s \quad (2.5)$$

- $q_h$  : hacmin gerçek ısı kaybı (W)  
 $q_i$  : yapı bileşeninden olan artırımlı ısı kaybı (W)  
 $q_s$  : hava sızıntısı ile olan artırımlı ısı kaybı (W)

$$q_i = q_o (1 + \% Z_D + \% Z_H) \quad (2.6)$$

$$q_o = K.A.\Delta T \quad (2.7)$$

- $q_o$  : yapı bileşeninden olan ısı kaybı (W)  
 $K$  : yapı bileşenin toplam ısı geçiş katsayısı (W/m<sup>2</sup>.K)  
 $A$  : yapı bileşenin alanı (m<sup>2</sup>)  
 $\Delta T$  : yapı bileşenin iki tarafındaki ortam sıcaklık farkı (°C)

$$q_s = \Sigma (a.l)_{dış}.R.H.\Delta T.Z_e \quad (2.8)$$

- $a$  : birim aralık sızdırganlığı (m<sup>3</sup>/mh)  
 $l$  : sızıntı aralık fuga evre uzunluğu (m)  
 $\Sigma (a.l)_{dış}$  : rüzgarın üflediği kapı ve pencere aralıklarından saatte odaya sızan dış hava miktarı  
 $R$  : oda özelliği  
 $H$  : bina durum katsayısı (Wh/m<sup>3</sup>K)

$$\Delta T = (T_i - T_d) \text{ (°C) i ve dış hava sıcaklıkları farklı} \quad (2.9)$$

- $Z_e$  : köşe artırım katsayısı

## 2.2 Isıtma Sistemi

Dış ortam sıcaklığının konfor sıcaklığı altına düşmesi durumunda mahalden ısı transferi olacak ve mahal sıcaklığı düşecektir. Kayıp edilen bu ısı transferi miktarı kadar, mahallerin ısıtılması yapılarak konfor sıcaklığı sabit tutulur. Isıtma sistemleri binaların kullanım amacına göre çeşitlilik göstermektedir. Genellikle konutlarda bireysel kullanım olmakla birlikte, merkezi ısıtma sistemleri de yaygındır. Büyük konutlarda, kamu kurum/kuruluşlarda, fabrikalarda, okul vs. binalarda merkezi ısıtma sistemi kullanılmaktadır. Merkezi ve bireysel ısıtma sisteminin dışında, özellikle dağınık yerleşkeli birimlerin ısıtılmasında (kampüs vs.) bölgesel ısıtma sistemi de kullanılmaktadır (Efe, 2007).

Isıtma sistemleri, kapasite ve tip olarak çeşitlilik gösterse de genel olarak kazan kullanılmaktadır. Kazan; yakıtın kimyasal enerjisini yanma yoluyla ısı enerjisine dönüştüren ve bu ısı enerjisini taşıyıcı akışkana aktaran ısı üreticidir. Fosil yakıt yanma odası adı verilen kapalı bir bölümde brülör vasıtası ile yakılır. Sistemde kullanılan akışkan (su), yanma odasından geçerken ışınlım ve taşınım yoluyla ısıtılır. Isıtılan su ısıtma uygulamalarında kullanılmak üzere kazanı terk eder. Kazanlar; işletme basıncı ve sıcaklığına, kullanılan yakıtı, imalat malzemesine, çekme türüne (doğal ve mekanik çekimli), yoğuşmalı yada yoğuşmasız olmasına göre sınıflandırılır (Efe, 2007).

### 2.2.1 Yoğuşmalı ve yoğuşmasız kazanlar

Fuel-oil veya gaz kullanılan geleneksel yoğuşmasız kazanlarda atık baca gazı yaklaşık 180 °C kullanılmadan dışarı atılır.

Yüksek kazan verimi elde etmek amacıyla daha düşük dönüş suyu sıcaklıklarında çalışan ve atık baca gazındaki su buharının yoğuşmasına olanak sağlayarak atık ısıyı alıp yeniden kullanan kazanlar yoğuşmalı kazanlardır (Hoey, 2007).

### 2.2.2 Kaskad Sistem

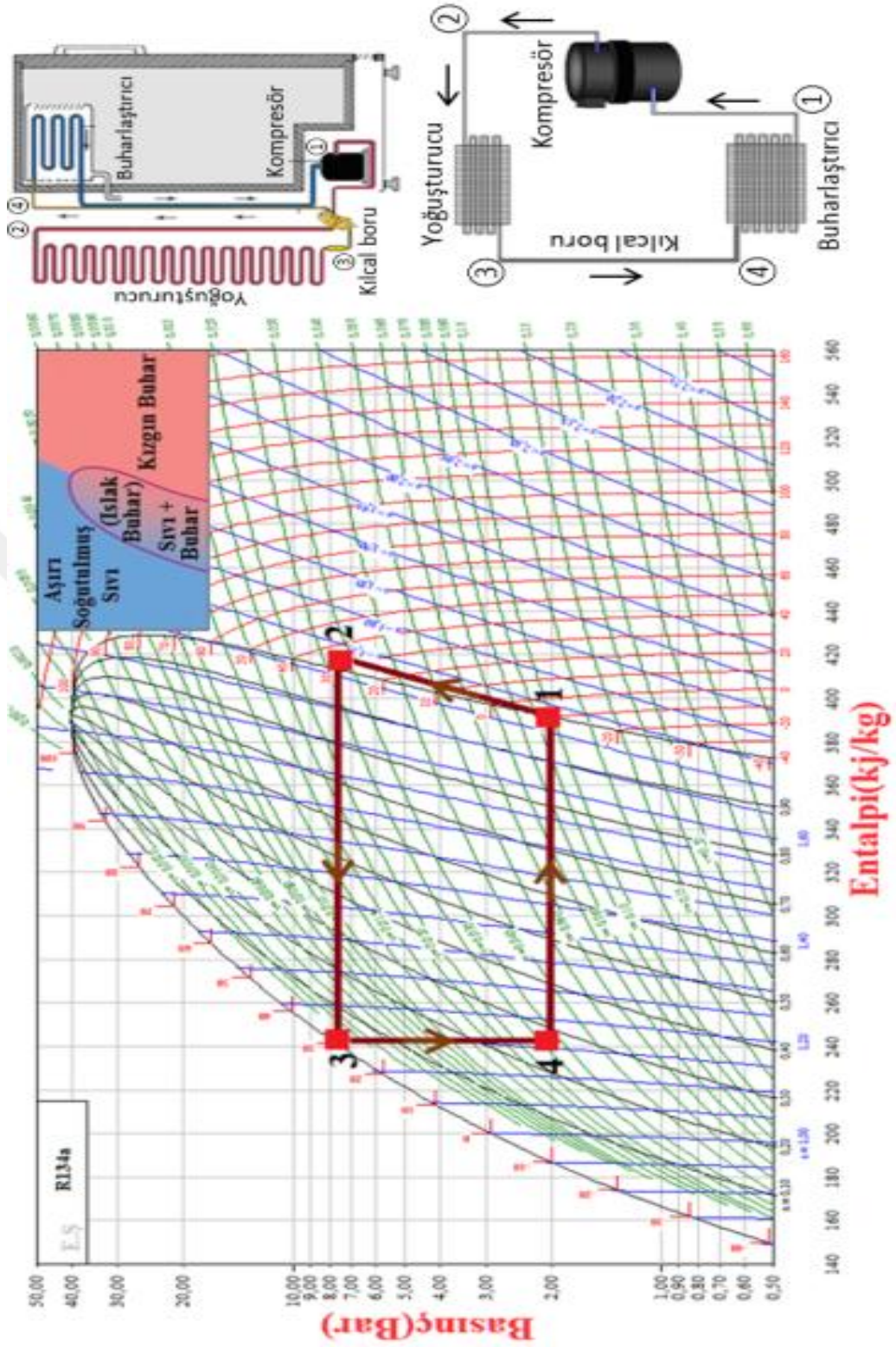
Yüksek verim elde edebilmek için birden fazla kazanın paralel olarak bağlanmasına kaskad sistem denir (Şekil 2.1). Kazanın çalışması esnasında ihtiyaç olan ısı yüklerin değişmesi durumunda kazanın bu değişime aynı oranda karşılık verememesi enerji tüketimini artırmakta ve verimi düşürmektedir. Isıl yükün paylaştırıldığı Kaskad sistemindeki kazanların ısı yüklerindeki değişimlere adaptasyonu daha hızlıdır. Bu durum enerji tüketimini tekli kazanlara göre düşürdüğü gibi verimide yükseltmektedir. Kaskad sistemdeki çalışan kazanlar istenen mahal sıcaklığında bir değişiklik olduğunda ilk önce bir kazan devreye girer ve %100 kapasite ile çalışmaya başlar. Otomatik kontrol sistemi sayesinde ayarlanan sıcaklığa ulaşma süresini kontrol eder ve hedef süre ile kıyaslayarak mevcut kazan kapasitesinin bu sürede olması gereken sıcaklığa ulaşip ulaşmayacağını hesaplar. Eğer yetmeyeceğine karar verirse diğer kazanlar sırası ile devreye girer. Otomatik kontrol sistemi, tesisatı istenen sıcaklığa belirlenen sürede ulaştırır ve ısı ihtiyacını karşılayıncaya kadar bu işlemleri devam ettirir (Küçükçalı, 2000).



Şekil 2.1 Kaskad sistemi

### 2.3 Soğutma Sistemi

Isıyı düşük sıcaklıktaki ortamdan yüksek sıcaklıktaki ortama transfer edebilen cihazlara soğutma makinası denir. Soğutma makinası, buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma çevrimine göre çalışır. Şekil 2.2'de soğutma çevrimi basınç-entalpi diyagramı gösterilmiştir (Şimşek vd, 2018). Sistem; kompresör, kondenser, genişleme vanası ve evaporatörden oluşur. Kompresörde sıkıştırılan ve ısınan gaz akışkan, kondenserden çevreye ısı atılması ile sıcaklığı düşer. Daha sonra genişleme vanasından geçen gaz akışkanın basıncı dolayısı ile sıcaklığı düşer ve sıvılaşır. Evaporatörden geçen sıvı akışkan soğutulmak istenen ortamdan üzerine ısıyı alır, alçak basınçta gaz akışkan olarak kompresöre gelir ve yeniden sıkışır (Çengel ve Boles, 2015).



Şekil 2.2 Soğutma çevrimi basınç-entalpi diyagramı

Soğutma grubunda soğutulan su fan-coiller ya da klima santralleri aracılığıyla ortam soğutmasını sağlar. Günümüzde birçok alışveriş merkezi, hastane, yüksek iş merkezleri gibi yapılar hava ya da su kaynaklı chiller (su soğutmalı soğutma grubu) ile soğutulmaktadır. Endüstriyel tesislerde de sürekli soğutulması gereken cihaz, makine, ekipman ve birçok proseste soğutma grubu kullanılmaktadır.

### **2.3.1 Hava kaynaklı soğutma grubu**

Hava soğutmalı cihazlar atmosfere açık ortamda olup soğutulacak ortamdan çekilen ısıyı kondenser üzerinden fanlar yardımıyla havaya atılması işlemini gerçekleştirmektedir. Böylece soğutucu gaz akışkan üzerindeki ısı havaya iletilmiş olur ve bu tip soğutma grupları hava soğutmalı olarak adlandırılır (Atılğan ve Türkmen, 2017).



**Şekil 2.3** Hava kaynaklı soğutma grubu

### **2.3.2 Su soğutmalı soğutma grubu**

Soğutulacak ortamdan çekilen ısıyı hava soğutmalı gruptaki gibi hava kullanılan evaporatör ve kondenser yerine su kullanılan shell & tube veya plakalı tip ısı değiştiriciler vasıtaıyla doğal nehir, göl ya da yer altı suyu gibi bir su kaynağına ısıyı iletir. Su kaynağını bulmak çoğunlukla mümkün olmadığında soğutma kulesi ile birlikte çalışmaktadır (İmas, 2019).



**Şekil 2.4** Su kaynaklı soğutma grubu

### **2.3.3 Hava ve su kaynaklı soğutma grubunun karşılaştırılması**

Çalışma prensibi olarak hava kaynaklı soğutma grubu ile su kaynaklı soğutma grubu aynıdır. Hava kaynaklı ile su kaynaklı soğutma sistemleri arasında en büyük fark, çalışma ortamları ve enerji verimliliğidir. Hava soğutmalı sistemlerde kondenser, ısıyı havaya transfer ettiği için atmosfere açık yerlerde bulundurulması gerekmektedir. Su soğutmalı cihazlar ısıyı suya transfer edeceği için bulunduğu yer açık ya da kapalı bir ortam olabilir. Enerji verimliliği açısından incelendiğinde hava kaynaklı soğutma grubu ısıyı havaya transfer etmeye çalışırken, su kaynaklı soğutma grubu ise havaya nazaran oldukça daha soğuk olan suya transfer etmeye çalışır. Hava kaynaklı cihazlar sıcaklığı yüksek olan havaya ısı atabilmesi için kondenser sıcaklığı oldukça yükselir ve neredeyse soğutma yapamaz hale gelir. Bu da performans ve kapasite kayıplarına neden olmaktadır. Dolayısı ile su kaynaklı soğutma grubu daha verimli çalışır (Phetteplace, 2016) .

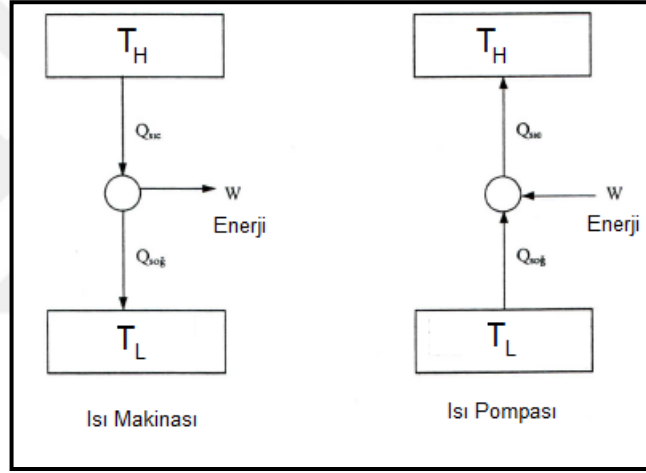
### **2.4 Isı Pompası**

Termodinamiğin ikinci kanunu açıklanırken, kendi sıcaklığında bir farklılaşma olmaksızın, ısıyı sonlu miktarda alabilecek ya da verebilecek büyüklükteki cisme ısı enerji deposu veya kısaca ısı depo da denir. Atmosferik hava, okyanus, göl ve

akarsular ısı enerji deposudur. Isı enerjinin sağlandığı depoya kaynak, ısı enerjinin verildiği depoya kuyu adı verilir (Çengel ve Boles, 2015; Doğan vd, 2016)

Yüksek ısı kaynağından düşük ısı kaynağına enerji akışı eğer bir makina yardımı ile yapılırsa buna ısı makinası denir. Düşük ısı kaynağından yüksek ısı kaynağına enerji akışı olmaz. Bu akışı sağlayabilmek için bir ısı pompasına ihtiyaç vardır (Yıldırım vd, 2017).

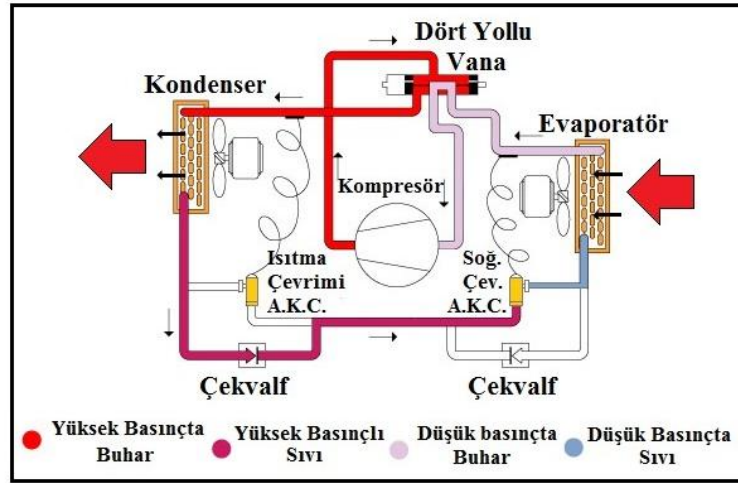
Isı pompaları çalışması için dışarıdan bir güç ya da elektrik enerjisine ihtiyaç duyarlar. Isı pompası ve ısı makinası arasındaki fark Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Isı pompası ile ısı makinası arasındaki fark

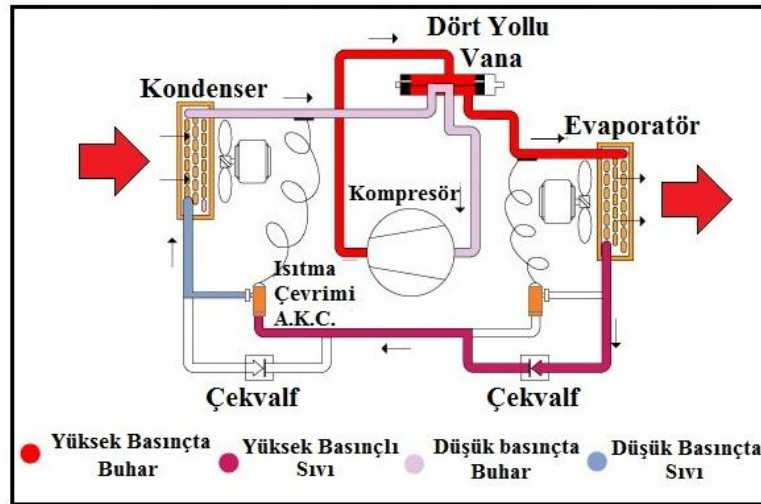
Bireysel konfor uygulamalarında yaygın olarak kullanılan evsel tip ısı pompaları split klimalardır. Isı pompası, soğutma grubu ile aynı prensipte çalışmakta fakat soğutma grubu gibi sadece soğutma amaçlı değil yazın soğutma, kışın ısıtma amacıyla kullanılır. Sistemde dört yollu bir vana mevcuttur ve kompresörden gelen sıcak gaz, mahalın soğutması durumunda kondensere, ısıtılması durumunda evaporatöre gönderilebilir. Soğutma konumunda çalışan havadan havaya ısı pompası çevriminin şematik gösterimi Şekil 2.6' de gösterilmiştir (Şimşek vd, 2018).





Şekil 2.6 Hava soğutmalı ısı pompası (soğutma)

Isıtma konumunda çalışan ısı pompası çevrimi, buhar sıkıştırma soğutma çevriminin tersi olarak bilinir (Bilgili vd, 2011). Isıtma konumunda çalışan bir havadan havaya ısı pompası çevriminin şematik gösterimi Şekil 2.7'de gösterilmiştir (Şimşek vd, 2018).



Şekil 2.7 Hava soğutmalı ısı pompası (ısıtma)

Soğutma makinesinin verimi (2.10)'de “etkinlik katsayısı” ile ifade edilir ve  $COP_{SM}$  ile gösterilir. Soğutma makinesinin amacı soğutulan ortamdan ısı çekmektir. Soğutulan ortam sıcaklığını  $T_L$ , çekilen ısıyı  $Q_L$  ile gösterilmektedir.  $Q_H$  ise  $T_H$  sıcaklığındaki ortama verilen ısıyı gösterilmektedir. Bu amacı gerçekleştirmek için enerji gerekir. Denklem (2.12)'de gösterilen  $W_{net,giren}$  ( $W_{net,giren} = Q_H - Q_L$ ) soğutma makinesine girilen net iştir.

Soğutma makinesinin etkinlik katsayısı aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$COP_{SM} = \frac{\text{Elde edilmek istenen değer}}{\text{Harcanması gereken değer}} = \frac{Q_L}{W_{net,giren}} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} = \frac{1}{Q_H/Q_L - 1} \quad (2.10)$$

Soğutma makinesi ile ısı pompası aynı çevrimi gerçekleştirmiş olsalar da kullanım amaçları farklıdır. Isı pompasının amacı soğutma makinesinin aksine yüksek sıcaklıktaki ortama ısı vererek ortamı yüksek sıcaklıkta tutmaktır.

Isı pompasının etkinlik katsayısı  $COP_{IP}$  ile ifade edilir ve (2.11) ile hesaplanır.

$$COP_{IP} = \frac{\text{Elde edilmek istenen değer}}{\text{Harcanması gereken değer}} = \frac{Q_H}{W_{net,giren}} = \frac{Q_H}{Q_H - Q_L} = \frac{1}{1 - Q_L/Q_H} \quad (2.11)$$

$COP_{SM}$  ve  $COP_{IP}$  değerlerinden  $Q_H$  ve  $Q_L$  değerleri her iki çevrimde de eşit olmak koşuluyla aşağıdaki sonuç elde edilir.

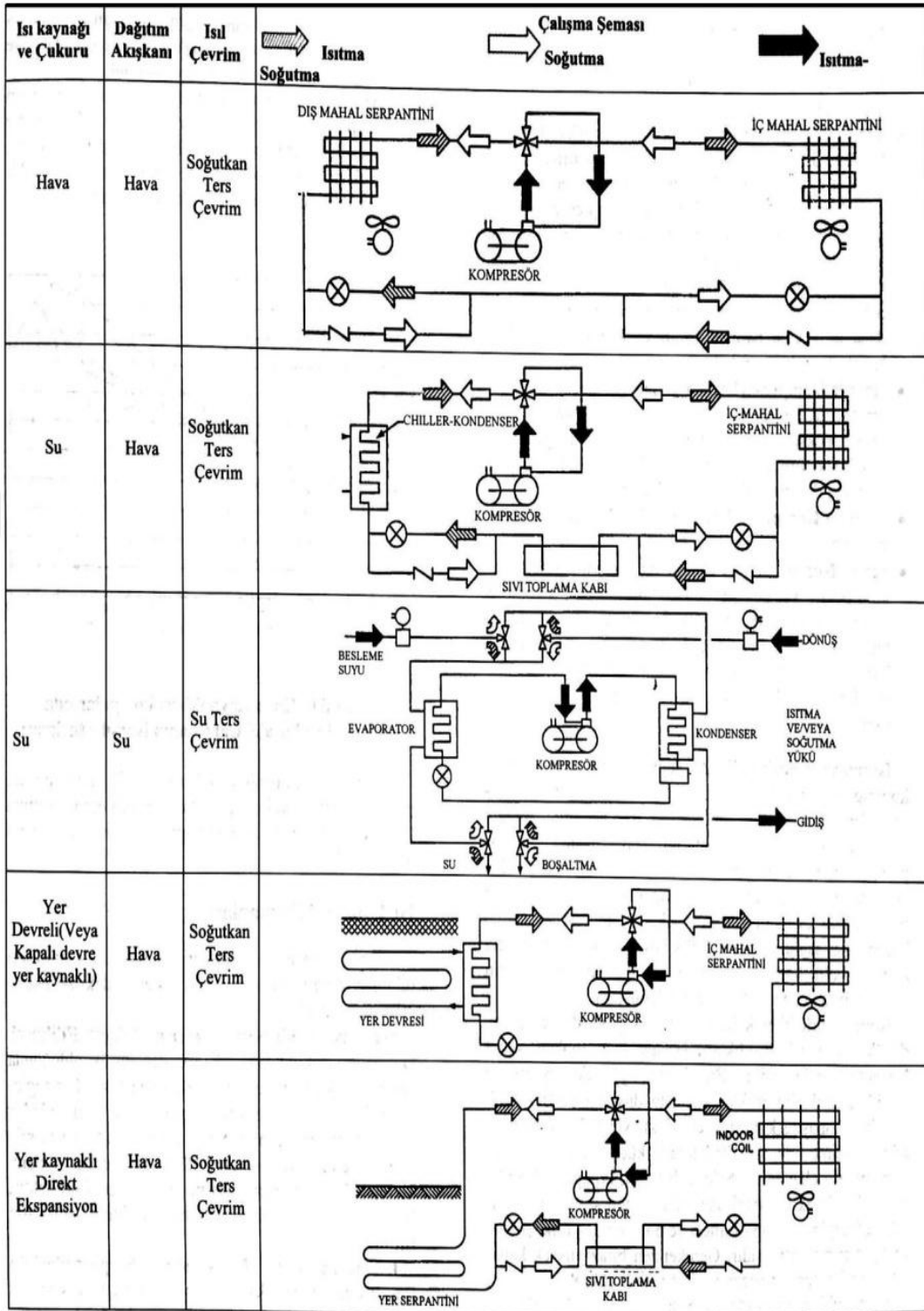
$$COP_{IP} = COP_{SM} + 1 \quad (2.12)$$

$COP_{SM}$  her zaman artı değere sahip olduğu için (2.12)'de çıkan bu sonuç  $COP_{IP}$  'nın her zaman 1'den büyük olduğunu göstermektedir. Başka bir ifade ile en kötü durumda bile ısı pompası bir elektrikli ısıtıcı gibi çalışacak, tükettiği kadar elektrik enerjisini ortama ısı olarak aktaracaktır. Bugün kullanılan ısı pompalarının mevsimlik ortalama COP değerleri 2 ile 3 arasındadır (Çengel ve Boles, 1996).

### 2.4.1 Isı pompası çeşitleri

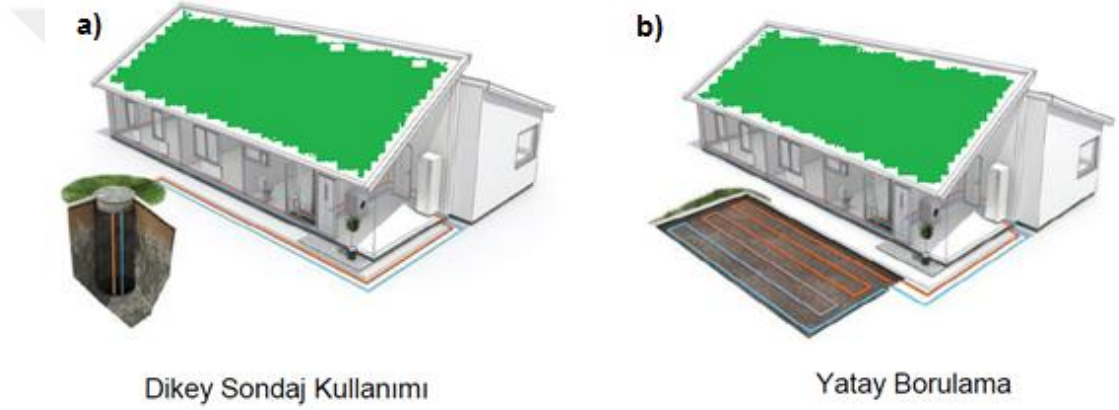
Isı pompaları kullandıkları ısı kaynaklarına göre hava kaynaklı, toprak kaynaklı ve su kaynaklı olarak sınıflandırılmaktadır. Isı pompasının sistemsel olarak kullanımını Şekil 2.8' de gösterilmiştir (Cane, 2007).

Hava kaynaklı ısı pompasında enerji kaynağı olarak hava kullanılmaktadır. Bireysel kullanım için küçük kapasiteli sistemlerin kurulumu basit, kolay uygulanabilirlik ve ilk yatırım maliyetinin toprak / su kaynaklı sistemlere göre ucuz olması nedeniyle genellikle tercih edilir. Havanın kararlı bir sıcaklık derecesine sahip olmaması ve özellikle karasal iklimlerde kış aylarından çok düşük sıcaklık dereceleri kullanımını kısıtlamaktadır. Atık ısının bulunduğu sistemlerde yaygın olarak kullanılır (Dashtebeyaz ve Namanlo, 2019).



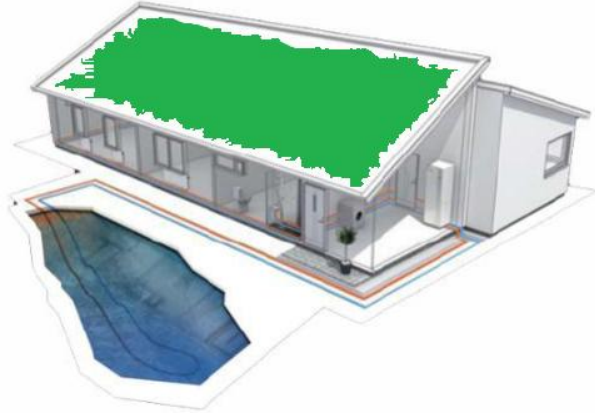
Şekil 2.8 Isı pompası ve kullanılan cihaz türleri

Toprak kaynaklı ısı pompalarında enerji kaynağı olarak toprak kullanılmaktadır. Toprak sıcaklığı hava sıcaklığına göre daha karardır ve karasal iklimlerde toprak sıcaklığı hava sıcaklığının üzerinde olduğu için kullanılabilirliği havaya göre daha iyidir. Toprak kaynaklı ısı pompalarında, toprağa ısı değiştiricisi Şekil 2.9'deki gibi (dikey ve yatay) gömüldüğü için ilk yatırım maliyetleri yüksektir. Yatay ısı değiştiricilerinde geniş toprak alanı, bakım maliyetlerinin yüksek ve zor olması dezavantajlarıdır. Toprağın yoğunluğu, nem oranı, tane yapısı ve ısıl davranışını etkileyen en önemli özelliklerdir (Doğan vd, 2016; Kabul ve Alkan, 2016).



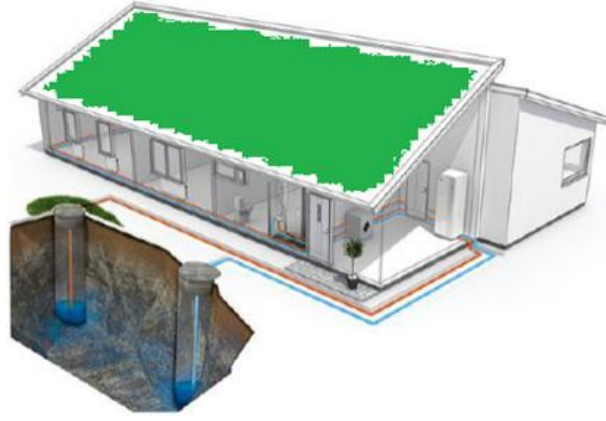
**Şekil 2.9** Toprak kaynaklı ısı pompası; a) Dikey sondaj kullanımı, b) Yatay sondaj kullanımı

Su kaynaklı ısı pompalarında, ısı kaynağı yer altı ve yer üstü su kaynaklarıdır. Yer st su kaynakları gölet, gl, deniz, gibi su birikintileridir ve Şekil 2.10' da kullanımı gösterilmiştir. Deniz ve gl suyu sıcaklıkları mevsimsel değişim göstermesine rağmen havaya oranla daha az değişkendir. Yer st sularının ısı kaynağı olarak kullanılmasında, toprak kaynaklı ısı pompasına göre ilk yatırım maliyeti düşük olması avantaj olsa da su sıcaklığının kiş aylarından 0 °C'ye kadar düşmesi ve aynı zamanda bu su kaynaklarının kullanılması ve tahliyesi yerel yönetimler tarafında izne tabi olduğundan kısıtlamaların olması dezavantajdır (İnan, 2018).



**Şekil 2.10** Su kaynaklı ısı pompası

Yer altı su kaynağından yararlanmak için açık veya kapalı sistem kullanılır. Açık sistemde sondaj kuyusu açma işlemi ile yer altındaki su kaynağına ulaşıp direk yer altı suyunu dalgıç tip pompa ile yukarıda bulunan ısı değiştiriciye pompalanan su ısı değiştiriciden geçirip açılan ikinci bir deşarj kuyusu ile tekrar yeraltı su kaynağına gönderilmesidir (Şekil 2.11). Kapalı sistemde yine sondaj kuyusu açılır ve yer altı suyuna ısı değiştirici yerleştirilir ve kapalı bir sistem halinde yer altı suyu çekilmeden ısı transferi yer altında gerçekleşir. Yer altı suyunun ısı kaynağı olarak kullanılması için yeterli miktarda, kalitede ve uygun derinlikte bulunması önemlidir. Yer altı su kaynağı zamana göre sıcaklık değişimi yok denecek kadar azdır. Isı pompası için ısı değiştiricinin yüzeyini kaplayan ısı kaynaklarının ısı transferi katsayıları oldukça önemlidir ve ısı kaynakları içerisinde en iyi iletim suyun ısı iletimidir (Çizelge 2.1). Bu da sistem verimini artırarak enerji tüketimini düşürmektedir (Oke, 1987).



**Şekil 2.11** Yer altı suyu kaynaklı ısı pompasında sondaj kullanımı

**Çizelge 2.1** Isı iletim katsayıları

| Bileşen        | k [W/mK] |
|----------------|----------|
| Hava           | 0,025    |
| Toprak (Killi) | 0,30     |
| Su             | 0,57     |

## 2.5 Çift Sıcaklıklı Sistemler

Aynı yük elemanları ve dağıtım sistemlerinin hem ısıtma hem de soğutma amaçlı olarak kullanılması gereken yerlerde çift sıcaklıklı sistemler kullanılır (Coad, 2007). Çift sıcaklıklı sistemler iki borulu ve dört borulu ortak yüklü sistem olmak üzere ikiye ayrılır.

### 2.5.1 İki borulu sistemler

İki borulu sistemde, yük elemanları ve dağıtım sistemi tek bir amaca hizmet etmektedir. Isıtma ihtiyaç olduğunda sistem içerisinde sıcak su, soğutma ihtiyaç olduğunda ise sistem içerisinde soğuk su dolaşır. Isıtma sezonunda kazandan (ya da

ısıtıcı bir cihazdan) ısıtılan sıcak su bütün mahallere gönderilir ve mahalın ısıtılması sağlanır. Soğutma sezonunda soğutma grubunda (ya da soğutucu bir cihazda) soğutulan soğuk su bütün mahallere gönderilerek mahalın soğutulması sağlanır (Yıldırım vd, 2017).

### **2.5.2 Dört borulu ortak yüklü sistemler**

Dört borulu ortak yüklü sistemler de iki borulu sistemler gibi hem ısıtma hem de soğutma için kullanılır. Fakat yapı içerisinde mahallerde sezon gözetmeksizin ısıtma ve soğutmanın aynı anda yapılması istenebilir. Bundan dolayı sistem içerisinde aynı anda hem sıcak su hem de soğuk su bulunur. İhtiyaca göre sistemde sıcak su ya da soğuk su dolaştırılarak iklimlendirme yapılır.

### **2.5.3 Fan-coil cihazı**

Fan-coil cihazı içinde bulunan bir fan yardımıyla içindeki borulardan geçen akışkanın ısısını (sıcak veya soğuk) ortama aktaran ısı ekipmanlarıdır. Fan-coil cihazı içinde serpantin ve fanın bulunduğu bir kasadan ibarettir. Şekil 2.12' de gösterilmektedir. Fan-coil' ler tek serpantinli ve çift serpantinli olmak üzere iki tipte üretilmektedir. Tek serpantinli iki borulu, çift serpantinli ise dört boruludur. İki borulu fan-coil cihazı yalnızca ısıtma veya soğutma yapabilir, dört borulu fan-coil sistemi ise aynı anda hem ısıtma hem de soğutma işlemi yapabilir (Tesisat, 2016; Özcan, 2019). Genel olarak sektörde kullanılan iki borulu fan-coil cihaz tipleri ve kapasiteleri Çizelge 2.2' de görünmektedir.





Şekil 2.12 Fan-coil cihazları

Çizelge 2.2 İki borulu fan-coil cihazının tipleri ve kapasiteleri

| Tip                                   | Cihazın Adı                                 | Duyulur Soğutma Kapasitesi (kW) |          |          | Isıtma Kapasitesi (kW) |          |          |
|---------------------------------------|---|---------------------------------|----------|----------|------------------------|----------|----------|
|                                       |   | 3                               | 2        | 1        | 3                      | 2        | 1        |
| <b>Fan Devri</b>                      |   | <b>3</b>                        | <b>2</b> | <b>1</b> | <b>3</b>               | <b>2</b> | <b>1</b> |
| <b>Tip 1</b>                          | İki Borulu Gizli Tavan Tipi Fan-coil Cihazı | 1,4                             | 1,2      | 1,0      | 1,9                    | 1,7      | 1,4      |
| <b>Tip 2</b>                          |   | 1,9                             | 1,7      | 1,3      | 2,6                    | 2,3      | 1,9      |
| <b>Tip 3</b>                          |   | 2,3                             | 2,0      | 1,6      | 3,2                    | 2,7      | 2,2      |
| <b>Tip 4</b>                          |   | 2,5                             | 2,1      | 1,7      | 3,5                    | 2,9      | 2,3      |
| <b>Tip 5</b>                          |   | 2,8                             | 2,4      | 1,9      | 3,8                    | 3,2      | 2,5      |
| <b>Tip 6</b>                          |   | 3,5                             | 3,1      | 2,6      | 5,0                    | 4,4      | 3,7      |
| <b>Tip 7</b>                          |   | 4,0                             | 3,5      | 3,0      | 5,4                    | 4,7      | 3,9      |
| <b>Tip 8</b>                          |   | 4,7                             | 4,0      | 3,2      | 6,5                    | 5,6      | 4,4      |
| <b>Tip 9</b>                          |   | 5,1                             | 4,4      | 3,5      | 6,9                    | 5,9      | 4,6      |
| Soğutma Suyu Giriş Çıkış Sıcaklıkları |   |                                 |          |          | 7 / 12 °C              |          |          |
| Isıtma Suyu Giriş Çıkış Sıcaklıkları  |   |                                 |          |          | 40 / 45 °C             |          |          |
| Yaz Mevsimi İç Ortam Sıcaklıkları     |   |                                 |          |          | 24°C / %40 Bağıl Nem   |          |          |
| Kış Mevsimi İç Ortam Sıcaklıkları     |   |                                 |          |          | 22°C                   |          |          |

## 2.6 Doğalgaz tüketim hesabı

Sistemlerin yıllık yakıt tüketim hesabı (2.13) ile hesaplanır.

$$B_y = 3600 \frac{q_h Z_g Z_y}{2H_u \eta_k} \quad (2.13)$$

$B_y$  : yıllık yakıt miktarı (kg/yıl veya m<sup>3</sup>/yıl)

- $q_h$  : yapının hesaplanan toplam ısı kaybı (kW)  
 $Z_g$  : günlük çalışma süresi (h/gün)  
 $Z_y$  : yılda ısıtma yapılan gün sayısı (gün/yıl)  
 $H_u$  : Alt ısı değer (Doğalgaz için,  $H_u = 34485 \text{ kJ/m}^3$ )  
 $\eta_k$  : Isıl verim (Doğalgazlı kaskad kazan için,  $\eta_k = 0.95$ )

## 2.7 Elektrik tüketim hesabı

Sistemlerin elektrik enerjisi tüketim miktarları (2.14) ile hesaplanmıştır. Sistemlerde kullanılan cihazların kapasiteleri (hava kaynaklı soğutma grubu, yer altı su kaynaklı ısı pompası ve sondaj tip dalgıç pompa) üretici firmalar tarafından geliştirilen cihaz tasarım ve seçim programları yardımı ile yapılmıştır. Cihazların elektrik tüketimi miktarları Çizelge 2.3’de sunulmaktadır.

$$\text{Enerji Tüketimi} = \frac{(\text{Kompresörü Gücü}) \times (\text{Yıllık Çalışma Saati})}{\text{Diversite faktörü}} \quad (2.14)$$

**Çizelge 2.3** Cihazların elektrik tüketim değerleri

| <b>Enerji Kullanımı</b>     | <b>Kapasite (kW)</b> |
|-----------------------------|----------------------|
| Hava Kaynaklı Soğutma Grubu | 177                  |
| Isı Pompası (ısıtmada)      | 66,3                 |
| Isı Pompası (soğutmada)     | 59,1                 |
| Sondaj tip dalgıç pompa     | 45                   |

### 3.MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı, büyük hacimli binaların iklimlendirilmesinde yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak fosil yakıtların etkisini azaltmak ve enerji ekonomisi yapmaktır. Bu amaçla yer altı kaynaklı bir ısı pompasının enerji tüketimine ve maliyete etkisi incelenecektir. Tüm çalışmalar; prototip olarak çizilen, gerçekte var olmayan, 10 500 m<sup>2</sup> kapalı alana sahip çok amaçlı bir bina (otel, hastane, okul vs.) projesi üzerinden yürütülecektir. Tasarlanan projedeki binanın önce bilinen şartlarda (fosil yakıt kullanımlı) iklimlendirilmesi yapılarak enerji ve sistem maliyeti tespit edilecektir. Sonra aynı bina, aynı şartlarda ısı pompası kullanarak iklimlendirecek ve sistemin enerji ve maliyeti tespit edilecektir. Sonuç olarak her iki sistemden (genel olarak kullanılan iklimlendirme sistemi ve ısı pompalı iklimlendirme sistemi) elde edilecek maliyet değerleri karşılaştırılacak ve ısı pompası kullanımının enerji tüketimi üzerindeki etkisi incelenmiş olacaktır.

Çalışmada kullanılacak prototip binaya ait mimari ve tesisat projeleri, proje boyutunun büyük olması nedeniyle Ek olarak sunulmuştur. Binanın izometrik görünüşü Ek-1'de, zemin kat mimari planı Ek-2'de, 1-2. kat mimari planı Ek-3'te ve 3. kat mimari planı da Ek-4'de sunulmuştur.

Binanın ısıtma ve soğutma sistem tasarımını yapabilmek için öncelikli olarak binanın ısı kaybı ve ısı kazanım değerleri hesaplanmıştır. Yapılan ısı yük hesaplarından Çizelge 3.1'de zemin kat C-22 ye ait ısı yük hesabı eklenmiştir. Tüm hesaplamalar sonucunda binanın zemin katına ait ısı kayıp değerleri Çizelge 3.2, Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4'de, ısı kazanım değerleri Çizelge 3.5, Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7'da gösterilmektedir.

**Çizelge 3.1** C-22 ısııl yük hesabı (Zemin kat)

| MAHAL İSMİ  |       | C-22          |                |                        |                              |                            |                          |                                      |                 |                             |
|---|-------|---------------|----------------|------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------------------|
| TASARIM ZAMANI  |       | Ağustos       |                | Yaz                    |                              | Kış                        |                          |                                      |                 |                             |
| TASARIM DEĞERLERİ : (Dış Sıcaklık / İç Sıcaklık, Nem)     |       | Saat : 10.00  |                | 45%                    |                              | -15                        |                          |                                      |                 |                             |
|   |       | 24            |                | 36                     |                              | 22                         |                          |                                      |                 |                             |
|   |       | 40%           |                |                        |                              |                            |                          |                                      |                 |                             |
| <b>KONDÜKSİYON ISI KAZANCI</b>                            |       |               |                |                        |                              |                            |                          |                                      |                 |                             |
| Cins  | Yön   | Genişlik<br>m | Yükseklik<br>m | Alan<br>m <sup>2</sup> | Çıkan Alan<br>m <sup>2</sup> | Net Alan<br>m <sup>2</sup> | K<br>W/m <sup>2</sup> °C | t <sub>2</sub> -t <sub>1</sub><br>°C | Duyulur<br>W    | ISI KAYBI<br>Isı Kaybı<br>W |
| ÇP  | GD    | 4,50          | 1,70           | 7,65                   |                              | 7,65                       | 1,30                     | 12,0                                 | 119,34          | 367,97                      |
| Kol   | GD    | 0,15          | 4,00           | 0,60                   |                              | 0,60                       | 0,64                     | 3,3                                  | 1,27            | 14,21                       |
| Ki  | GD    | 5,70          | 0,60           | 3,42                   |                              | 3,42                       | 0,64                     | 11,1                                 | 24,30           | 80,99                       |
| Ki  | GD    | 5,70          | 0,20           | 1,14                   |                              | 1,14                       | 0,64                     | 11,1                                 | 8,10            | 27,00                       |
| DD  | GD    | 5,70          | 4,00           | 22,80                  | 12,21                        | 10,59                      | 0,36                     | 14,4                                 | 54,90           | 141,06                      |
| Dö  |       |               |                |                        |                              | 34,82                      | 0,79                     |                                      |                 | 330,09                      |
| <b>Toplam</b>   |       |               |                |                        |                              |                            |                          |                                      | <b>207,90</b>   | <b>961,32</b>               |
| <b>RADYASYON ISI KAZANCI</b>                              |       |               |                |                        |                              |                            |                          |                                      |                 |                             |
| Cins  | Yön   | Genişlik<br>m | Yükseklik<br>m | Alan<br>m <sup>2</sup> | Çıkan Alan<br>m <sup>2</sup> | Net Alan<br>m <sup>2</sup> | K<br>W/m <sup>2</sup> °C | Geçirme<br>Oranı                     | Duyulur<br>W    |                             |
| ÇP  | GD    | 4,50          | 1,70           | 7,65                   |                              | 7,65                       | 459,00                   | 0,42                                 | 1 474,77        |                             |
| <b>Toplam</b>   |       |               |                |                        |                              |                            |                          |                                      | <b>1 474,77</b> |                             |
| <b>İNSANLARDAN KAZANILAN ISI KAZANCI</b>                  |       |               |                |                        |                              |                            |                          |                                      |                 |                             |
|   | Kişi  | Isı / Kişi    |                |                        |                              |                            |                          |                                      |                 |                             |
| DUYULUR :   | 9     | 75            |                |                        |                              |                            |                          |                                      |                 |                             |
| GIZLI :   | 9     | 55            |                |                        |                              |                            |                          |                                      |                 |                             |
| <b>AYDINLATMA ve CİHAZLARDAN KAZANILAN ISI KAZANCI</b>    |       |               |                |                        |                              |                            |                          |                                      |                 |                             |
|   | Alan  |               |                |                        |                              |                            |                          |                                      |                 |                             |
| AYDINLATMA :  | 34,82 |               |                |                        |                              |                            |                          |                                      |                 |                             |
| CİHAZ :   | 1     | 350           |                |                        |                              |                            |                          |                                      |                 |                             |
| <b>Toplam</b>   |       |               |                |                        |                              |                            |                          |                                      | <b>350,00</b>   | <b>0,00</b>                 |
| <b>ENFİLTASYON ISI KAYBI</b>                              |       |               |                |                        |                              |                            |                          |                                      |                 |                             |
| $Q_i = a \times l \times R \times H \times DT \times Z_e$ |       |               |                |                        |                              |                            |                          |                                      |                 |                             |
| Q <sub>i</sub> =  | 2     | 15            | 0,9            | 1,13                   | 37                           | 1                          | =                        |                                      |                 | <b>1 128,87</b>             |
| <b>DUYULUR / GIZLI ISI KAZANCI :</b>                      |       |               |                |                        |                              |                            |                          |                                      | <b>2 707,67</b> | <b>495,00</b>               |
| <b>TOPLAM ISI KAZANCI / TOPLAM ISI KAYBI :</b>            |       |               |                |                        |                              |                            |                          |                                      | <b>3 202,67</b> | <b>2 090,19</b>             |

Çizelge 3.2 Zemin kat ısı kayıp değerleri (A Blok)

| A Blok Sıra No | Mahal No      | Alan (m <sup>2</sup> ) | Hacim (m <sup>3</sup> ) | FC Miktarı | Seçilen FC Tipi | Isı Kaybı (W)   | % Artırım | Isıtma İhtiyacı (W) | FC Başına Isıtma Kapasitesi (kW) |
|----------------|---------------|------------------------|-------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------|---------------------|----------------------------------|
| 1              | A-01          | 60,85                  | 243,4                   | 2          | Tip 5           | 4 679,17        | 10        | 5 147,09            | 2,6                              |
| 2              | A-02          | 21,32                  | 85,3                    | 1          | Tip 1           | 1 193,7         | 10        | 1 313,07            | 1,3                              |
| 3              | A-03          | 25,6                   | 102,4                   | 1          | Tip 4           | 1 091,07        | 10        | 1 200,18            | 1,2                              |
| 4              | A-05          | 4,07                   | 16,3                    | 1          | Tip 1           | 131,95          | 10        | 145,15              | 0,1                              |
| 5              | A-07          | 20,77                  | 83,1                    | 1          | Tip 6           | 1 469,35        | 10        | 1 616,29            | 1,6                              |
| 6              | A-11          | 39,12                  | 156,5                   | 1          | Tip 6           | 3 063,4         | 10        | 3 369,74            | 3,4                              |
| 7              | A-12          | 11,71                  | 46,8                    | 1          | Tip 1           | 379,64          | 10        | 417,6               | 0,4                              |
| 8              | A-14          | 19,95                  | 79,8                    | 1          | Tip 2           | 1 723,48        | 10        | 1 895,83            | 1,9                              |
| 9              | A-15          | 19,13                  | 76,5                    | 1          | Tip 2           | 1 845,36        | 10        | 2 029,9             | 2                                |
| 10             | A-16          | 49,89                  | 199,5                   | 1          | Tip 1           | 1 609           | 10        | 1 769,9             | 1,8                              |
| 11             | A-17          | 41,05                  | 164,2                   | 1          | Tip 6           | 3 152,49        | 10        | 3 467,74            | 3,5                              |
| 12             | A-18          | 49,69                  | 198,8                   | 2          | Tip 8           | 4 359,2         | 10        | 4 795,12            | 2,4                              |
| 13             | A-19          | 96,18                  | 384,7                   | 1          | Tip 2           | 3 118,16        | 10        | 3 429,98            | 3,5                              |
| 14             | A-20          | 36,55                  | 146,2                   | 1          | Tip 2           | 3 118,16        | 10        | 3 429,98            | 3,5                              |
| 15             | A-Kor.        | 92,29                  | 369,2                   | 2          | Tip 5           | 4 272,05        | 10        | 4 699,26            | 2,3                              |
|                | <b>Toplam</b> | <b>588,2</b>           | <b>2 352,7</b>          | <b>18</b>  |                 | <b>27 815,9</b> | <b>10</b> | <b>30 597,53</b>    |                                  |

Çizelge 3.3 Zemin kat ısı kayıp değerleri (B Blok)

| B Blok Sıra No | Mahal No | Alan (m <sup>2</sup> ) | Hacim (m <sup>3</sup> ) | FC Miktarı | Seçilen FC Tipi | Isı Kaybı (W)   | % Artırım | Istima İhtiyacı (W) | FC Başına Istima Kapasitesi (kW) |
|----------------|----------|------------------------|-------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------|---------------------|----------------------------------|
| 1              | B-01     | 60,5                   | 242,0                   | 2          | Tip 9           | 4 471,88        | 10        | 4 919,07            | 2,5                              |
| 2              | B-02     | 37,42                  | 149,7                   | 1          | Tip 1           | 1 213,15        | 10        | 1 334,47            | 1,3                              |
| 3              | B-03     | 12,7                   | 50,8                    | 1          | Tip 2           | 1 185,85        | 10        | 1 304,44            | 1,3                              |
| 4              | B-04     | 14,77                  | 59,1                    | 1          | Tip 2           | 505,48          | 10        | 556,03              | 0,6                              |
| 5              | B-11     | 12,16                  | 48,6                    | 1          | Tip 1           | 394,23          | 10        | 433,65              | 0,4                              |
| 6              | B-12     | 22,94                  | 91,8                    | 1          | Tip 1           | 743,71          | 10        | 818,08              | 0,8                              |
| 7              | B-13     | 11,29                  | 45,1                    | 2          | Tip 6           | 3 418,04        | 10        | 3 759,84            | 1,9                              |
| 8              | B-14     | 19,44                  | 77,8                    | 1          | Tip 2           | 1 706,94        | 10        | 1 877,63            | 1,9                              |
| 9              | B-15     | 19,95                  | 79,8                    | 1          | Tip 2           | 1 723,48        | 10        | 1 895,83            | 1,9                              |
| 10             | B-16     | 19,95                  | 79,8                    | 1          | Tip 2           | 1 537,95        | 10        | 1 691,75            | 1,7                              |
| 11             | B-17     | 19,11                  | 76,4                    | 1          | Tip 2           | 1 699,77        | 10        | 1 869,75            | 1,9                              |
| 12             | B-18     | 36,94                  | 147,8                   | 1          | Tip 4           | 2 584,98        | 10        | 2 843,48            | 2,8                              |
| 13             | B-19     | 36,85                  | 147,4                   | 1          | Tip 7           | 2 575,44        | 10        | 2 832,98            | 2,8                              |
| 14             | B-20     | 96,18                  | 384,7                   | 1          | Tip 2           | 3 118,16        | 10        | 3 429,98            | 3,5                              |
| 15             | B-21     | 34,9                   | 139,6                   | 1          | Tip 5           | 2 891,56        | 10        | 3 180,72            | 3,2                              |
| 16             | B-22     | 34,82                  | 139,3                   | 1          | Tip 7           | 2 483,1         | 10        | 2 731,41            | 2,7                              |
| 17             | B-23     | 34,55                  | 138,2                   | 1          | Tip 7           | 2 460,14        | 10        | 2 706,15            | 2,7                              |
| 18             | B-24     | 71,2                   | 284,8                   | 2          | Tip 6           | 5 546,22        | 10        | 6 100,84            | 3,1                              |
| 19             | B-25     | 39,85                  | 159,4                   | 2          | Tip 7           | 5 136,32        | 10        | 5 649,95            | 2,8                              |
| 20             | B-20     | 19,31                  | 77,2                    | 1          | Tip 2           | 1 082,8         | 10        | 1 191,08            | 1,2                              |
| 21             | B-21     | 21,7                   | 86,8                    | 1          | Tip 2           | 942,98          | 10        | 1 037,28            | 1                                |
| 22             | B-Kor.   | 167,5                  | 670,0                   | 3          | Tip 6           | 8 493,06        | 10        | 9 342,37            | 3,1                              |
| <b>Toplam</b>  |          | <b>636,7</b>           | <b>3 376,12</b>         | <b>28</b>  |                 | <b>45 545,4</b> |           | <b>50 099,94</b>    |                                  |

Çizelge 3.4 Zemin kat ısı kayıp değerleri (C Blok)

| C Blok Sıra No | Mahal No      | Alan (m <sup>2</sup> ) | Hacim (m <sup>3</sup> ) | FC Miktarı | Seçilen FC Tipi | Isı Kaybı (W)   | % Artırım | Istima İhtiyacı (W) | FC Başına Isıtma Kapasitesi (kW) |
|----------------|---------------|------------------------|-------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------|---------------------|----------------------------------|
| 1              | C-01          | 61,07                  | 244,3                   | 2          | Tip 5           | 4 211,92        | 10        | 4 633,11            | 2,3                              |
| 2              | C-02          | 36,9                   | 147,6                   | 1          | Tip 1           | 1 196,3         | 10        | 1 315,93            | 1,3                              |
| 3              | C-03          | 28,63                  | 114,5                   | 1          | Tip 3           | 1 281,52        | 10        | 1 409,67            | 1,4                              |
| 4              | C-05          | 4,07                   | 16,3                    | 1          | Tip 1           | 131,95          | 10        | 145,15              | 0,1                              |
| 5              | C-07          | 4,2                    | 16,8                    | 2          | Tip 4           | 1 300,75        | 10        | 1 430,83            | 1,4                              |
| 6              | C-11          | 51,67                  | 206,7                   | 1          | Tip 6           | 3 407,39        | 10        | 3 748,13            | 3,7                              |
| 7              | C-12          | 12,16                  | 48,6                    | 1          | Tip 1           | 394,23          | 10        | 433,65              | 0,4                              |
| 8              | C-14          | 19,44                  | 77,8                    | 1          | Tip 2           | 1 706,94        | 10        | 1 877,63            | 1,9                              |
| 9              | C-15          | 19,11                  | 76,4                    | 1          | Tip 2           | 1 699,77        | 10        | 1 869,75            | 1,9                              |
| 10             | C-16          | 19,95                  | 79,8                    | 1          | Tip 2           | 1 723,48        | 10        | 1 895,83            | 1,9                              |
| 11             | C-17          | 19,13                  | 76,5                    | 1          | Tip 2           | 1 693,81        | 10        | 1 863,19            | 1,9                              |
| 12             | C-18          | 34,96                  | 139,8                   | 1          | Tip 6           | 2 473,43        | 10        | 2 720,77            | 2,7                              |
| 13             | C-19          | 34,75                  | 139,0                   | 1          | Tip 6           | 2 487,46        | 10        | 2 736,21            | 2,7                              |
| 14             | C-20          | 96,25                  | 385,0                   | 1          | Tip 2           | 3 120,43        | 10        | 3 432,47            | 3,4                              |
| 15             | C-21          | 34,96                  | 139,8                   | 1          | Tip 6           | 2 473,43        | 10        | 2 720,77            | 2,7                              |
| 16             | C-22          | 34,82                  | 139,3                   | 1          | Tip 6           | 2 090,19        | 10        | 3 202,67            | 3,2                              |
| 17             | C-23          | 36,68                  | 146,7                   | 1          | Tip 6           | 2 573,24        | 10        | 2 830,56            | 2,8                              |
| 18             | C-24          | 36,45                  | 145,8                   | 1          | Tip 6           | 2 676,13        | 10        | 2 943,74            | 2,9                              |
| 19             | C-25          | 40,62                  | 162,5                   | 2          | Tip 8           | 5 143,52        | 10        | 5 657,87            | 2,8                              |
| 20             | C-26          | 34,66                  | 138,6                   | 1          | Tip 6           | 2 994,57        | 10        | 3 294,03            | 3,3                              |
| 21             | C-Kor.        | 133,5                  | 534,0                   | 2          | Tip 4           | 5 617,48        | 10        | 6 179,23            | 3,1                              |
|                | <b>Toplam</b> | <b>793,98</b>          | <b>3 175,92</b>         | <b>25</b>  |                 | <b>44 780,5</b> | <b>10</b> | <b>49 258,5</b>     |                                  |

Çizelge 3.5 Zemin kat ısı kazanım değerleri (A Blok)

| A Blok<br>Sıra No | Mahal No      | Alan<br>(m <sup>2</sup> ) | Hacim<br>(m <sup>3</sup> ) | Soğutma Kapasitesi |                 | FC<br>Miktarı | FC Başına Duyulur<br>Kapasite (kW) | Seçilen<br>FC Tipi |
|-------------------|---------------|---------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------|---------------|------------------------------------|--------------------|
|                   |               |                           |                            | Duyulur Isı (W)    | Toplam Isı (W)  |               |                                    |                    |
| 1                 | A-01          | 60,85                     | 243,4                      | 4 740,94           | 6 280,94        | 2             | 2,4                                | Tip 5              |
| 2                 | A-02          | 21,32                     | 85,3                       | 895,48             | 1 170,49        | 1             | 0,9                                | Tip 1              |
| 3                 | A-03          | 25,6                      | 102,4                      | 1 996,57           | 2 821,57        | 1             | 2                                  | Tip 4              |
| 4                 | A-05          | 4,07                      | 16,3                       | 182,29             | 292,30          | 1             | 0,2                                | Tip 1              |
| 5                 | A-07          | 20,77                     | 83,1                       | 3 090,62           | 3 200,63        | 1             | 2,8                                | Tip 6              |
| 6                 | A-11          | 39,12                     | 156,5                      | 2 695,66           | 3 520,66        | 1             | 2,7                                | Tip 6              |
| 7                 | A-12          | 11,71                     | 46,8                       | 915,53             | 1 465,53        | 1             | 0,9                                | Tip 1              |
| 8                 | A-14          | 19,95                     | 79,8                       | 1 344,98           | 1 619,98        | 1             | 1,3                                | Tip 2              |
| 9                 | A-15          | 19,13                     | 76,5                       | 1 368,71           | 1 643,71        | 1             | 1,4                                | Tip 2              |
| 10                | A-16          | 49,63                     | 199,6                      | 1 076,57           | 1 351,57        | 1             | 1,4                                | Tip 2              |
| 11                | A-17          | 41,05                     | 164,2                      | 2 813,93           | 3 308,93        | 1             | 2,8                                | Tip 6              |
| 12                | A-18          | 49,69                     | 198,8                      | 7 118,48           | 7 393,48        | 2             | 3,6                                | Tip 8              |
| 13                | A-19          | 96,18                     | 384,7                      | 1 138,28           | 1 413,28        | 1             | 1,4                                | Tip 2              |
| 14                | A-20          | 36,55                     | 146,2                      | 1 138,28           | 1 413,28        | 1             | 1,4                                | Tip 2              |
| 15                | A-Kor.        | 92,29                     | 369,2                      | 5 062,69           | 5 722,69        | 2             | 2,5                                | Tip 5              |
|                   | <b>Toplam</b> | <b>588,2</b>              | <b>2 352,7</b>             | <b>31 126,5</b>    | <b>37 451,5</b> | <b>18</b>     |                                    |                    |



Çizelge 3.6 Zemin kat ısı kazanım değerleri (B Blok)

| B Blok<br>Sıra No | Mahal<br>No | Alan<br>(m <sup>2</sup> ) | Hacim<br>(m <sup>3</sup> ) | Soğutma Kapasitesi |                 | FC<br>Miktarı | FC Başına Duyulur<br>Kapasite (kW) | Seçilen FC<br>Tipi |
|-------------------|-------------|---------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------|---------------|------------------------------------|--------------------|
|                   |             |                           |                            | Duyulur Isı (W)    | Toplam Isı (W)  |               |                                    |                    |
| 1                 | B-01        | 60,5                      | 242,0                      | 8 327,90           | 9 922,90        | 2             | 4,2                                | Tip 9              |
| 2                 | B-02        | 37,42                     | 149,7                      | 596,97             | 816,97          | 1             | 0,6                                | Tip 1              |
| 3                 | B-03        | 12,7                      | 50,8                       | 1 426,63           | 1 701,63        | 1             | 1,4                                | Tip 2              |
| 4                 | B-04        | 14,77                     | 59,1                       | 1 459,21           | 2 119,21        | 1             | 1,5                                | Tip 2              |
| 5                 | B-11        | 12,16                     | 48,6                       | 321,50             | 486,50          | 1             | 0,3                                | Tip 1              |
| 6                 | B-12        | 22,94                     | 91,8                       | 557,05             | 832,05          | 1             | 0,9                                | Tip 1              |
| 7                 | B-13        | 11,29                     | 45,6                       | 5 218,50           | 5 328,50        | 2             | 2,5                                | Tip 6              |
| 8                 | B-14        | 19,44                     | 77,8                       | 1 342,08           | 1 617,08        | 1             | 1,3                                | Tip 2              |
| 9                 | B-15        | 19,95                     | 79,8                       | 1 633,81           | 1 908,81        | 1             | 1,6                                | Tip 2              |
| 10                | B-16        | 19,95                     | 79,8                       | 1 633,81           | 1 908,81        | 1             | 1,6                                | Tip 2              |
| 11                | B-17        | 19,11                     | 76,4                       | 1 334,42           | 1 609,42        | 1             | 1,3                                | Tip 2              |
| 12                | B-18        | 36,94                     | 147,8                      | 2 145,94           | 2 640,94        | 1             | 2,1                                | Tip 4              |
| 13                | B-19        | 36,85                     | 147,4                      | 3 472,74           | 4 297,74        | 1             | 3,5                                | Tip 7              |
| 14                | B-20        | 96,18                     | 384,7                      | 1 138,28           | 1 413,28        | 1             | 1,2                                | Tip 2              |
| 15                | B-21        | 34,9                      | 139,6                      | 2 175,10           | 2 670,10        | 1             | 2,2                                | Tip 5              |
| 16                | B-22        | 34,82                     | 139,3                      | 3 406,19           | 4 231,19        | 1             | 3,4                                | Tip 7              |
| 17                | B-23        | 34,55                     | 138,2                      | 3 456,05           | 4 281,05        | 1             | 3,5                                | Tip 7              |
| 18                | B-24        | 71,2                      | 284,8                      | 5 732,47           | 7 382,47        | 2             | 2,9                                | Tip 6              |
| 19                | B-25        | 39,85                     | 159,4                      | 6 582,52           | 6 857,52        | 2             | 3,3                                | Tip 7              |
| 20                | B-20        | 19,31                     | 77,2                       | 1 699,65           | 2 084,65        | 1             | 1,7                                | Tip 2              |
| 21                | B-21        | 21,7                      | 86,8                       | 1 705,43           | 2 090,43        | 1             | 1,7                                | Tip 2              |
| 22                | B-Kor.      | 167,5                     | 670,0                      | 7 510,80           | 8 390,80        | 3             | 2,5                                | Tip 6              |
| <b>Toplam</b>     |             | <b>844</b>                | <b>3 376,2</b>             | <b>52 101,1</b>    | <b>62 221,1</b> | <b>28</b>     |                                    |                    |

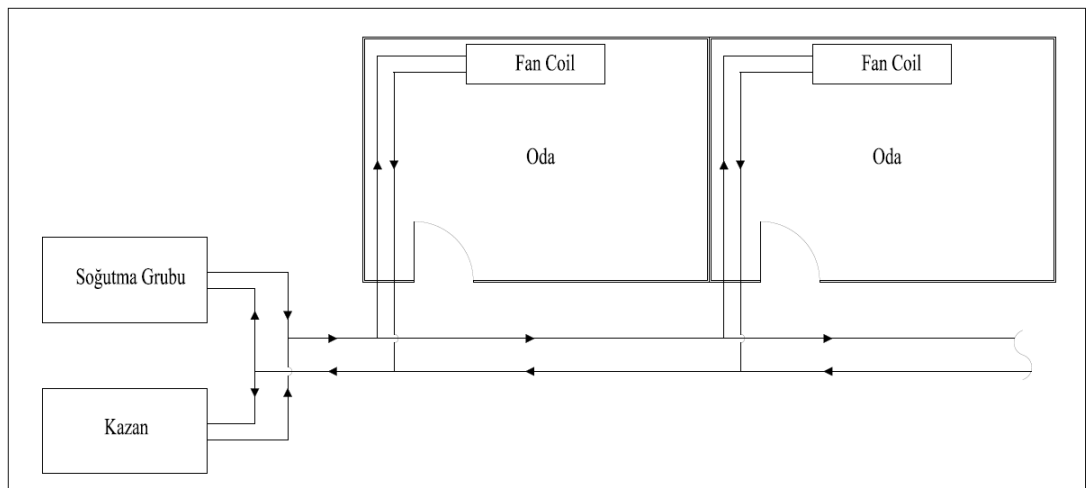
Çizelge 3.7 Zemin kat ısı kazanım değerleri (C Blok)

| C Blok Sıra No | Mahal No | Alan (m <sup>2</sup> ) | Hacim (m <sup>3</sup> ) | Soğutma Kapasitesi |                 | FC Miktarı | FC Başına Duyulur Kapasite (kW) | Seçilen FC Tipi |
|----------------|----------|------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------|------------|---------------------------------|-----------------|
|                |          |                        |                         | Duyulur Isı (W)    | Toplam Isı (W)  |            |                                 |                 |
| 1              | C-01     | 61,07                  | 244,3                   | 4 845,73           | 6 385,73        | 2          | 2,4                             | Tip 5           |
| 2              | C-02     | 36,9                   | 147,6                   | 667,84             | 942,84          | 1          | 0,9                             | Tip 1           |
| 3              | C-03     | 28,63                  | 114,5                   | 1 988,44           | 2 813,44        | 1          | 2                               | Tip 3           |
| 4              | C-05     | 4,07                   | 16,3                    | 182,30             | 292,30          | 1          | 0,2                             | Tip 1           |
| 5              | C-07     | 4,2                    | 16,8                    | 2 057,02           | 2 167,02        | 2          | 2,1                             | Tip 4           |
| 6              | C-11     | 51,67                  | 206,7                   | 3 094,41           | 3 369,41        | 1          | 3,1                             | Tip 6           |
| 7              | C-12     | 12,16                  | 48,6                    | 846,50             | 1 396,50        | 1          | 0,8                             | Tip 1           |
| 8              | C-14     | 19,44                  | 77,8                    | 1 632,77           | 1 907,77        | 1          | 1,6                             | Tip 2           |
| 9              | C-15     | 19,11                  | 76,4                    | 1 628,21           | 1 903,21        | 1          | 1,6                             | Tip 2           |
| 10             | C-16     | 19,95                  | 79,8                    | 1 349,29           | 1 624,29        | 1          | 1,3                             | Tip 2           |
| 11             | C-17     | 19,13                  | 76,5                    | 1 336,76           | 1 611,76        | 1          | 1,3                             | Tip 2           |
| 12             | C-18     | 34,96                  | 139,8                   | 2 913,72           | 3 738,72        | 1          | 2,9                             | Tip 6           |
| 13             | C-19     | 34,75                  | 139,0                   | 2 603,28           | 3 098,28        | 1          | 2,6                             | Tip 6           |
| 14             | C-20     | 96,25                  | 385,0                   | 1 138,84           | 1 413,84        | 1          | 1,4                             | Tip 2           |
| 15             | C-21     | 34,96                  | 139,8                   | 2 913,72           | 3 738,72        | 1          | 2,9                             | Tip 6           |
| 16             | C-22     | 34,82                  | 139,3                   | 2 707,67           | 3 202,67        | 1          | 2,7                             | Tip 6           |
| 17             | C-23     | 36,68                  | 146,7                   | 2 614,34           | 3 109,34        | 1          | 2,6                             | Tip 6           |
| 18             | C-24     | 36,45                  | 145,8                   | 2 985,38           | 3 810,38        | 1          | 3                               | Tip 6           |
| 19             | C-25     | 40,62                  | 162,5                   | 7 715,48           | 7 990,48        | 2          | 3,9                             | Tip 8           |
| 20             | C-26     | 34,66                  | 138,6                   | 2 852,84           | 3 347,84        | 1          | 2,9                             | Tip 6           |
| 21             | C-Kor.   | 133,5                  | 534,0                   | 3 863,70           | 4 523,70        | 2          | 1,9                             | Tip 4           |
| <b>Toplam</b>  |          | <b>793,9</b>           | <b>3 175,9</b>          | <b>48 074,5</b>    | <b>57 864,5</b> | <b>25</b>  |                                 |                 |

### 3.1 Doğalgazlı Isıtma ve Hava Soğutmalı Soğutma Sistemi Tasarımı (Sistem-1)

Projelendirilecek bina öncelikli olarak günümüzde yaygın kullanıma sahip iklimlendirme metotlarıyla iklimlendirilecektir. Bu bağlamda, ısıtma sistemi için günümüzde yaygın kullanıma sahip doğalgazlı merkezi ısıtma sistemi ile soğutma sistemi için hava soğutmalı soğutma grubu sistemi tercih edilmiştir. Mahallerdeki enerji dağıtım ekipmanı olarak da tasarım ve ergonomikliği nedeniyle sulu tip fan-coil cihazı kullanılmıştır. Isıtma ve soğutma sisteminde aynı fan-coiller ve hattı kullanılacaktır. Kışın doğalgaz kazanı, yazın hava soğutmalı soğutma cihazı aynı hat üzerine yerleştirilecek ve aynı sistemi kullanacak şekilde tasarlananan Şekil 3.1' de gösterilen bu sistem bundan sonra "Sistem-1" olarak isimlendirilecektir.

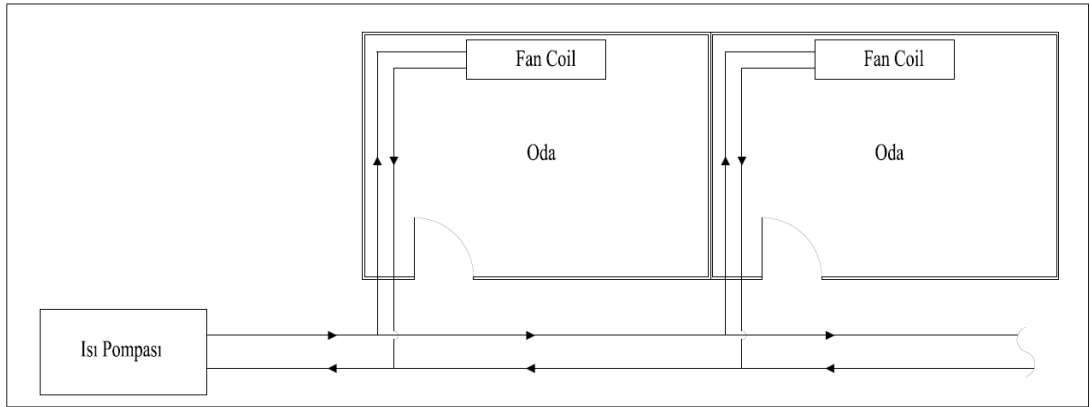
Binanın ısıtma sistemi tasarlanırken bina ısı kaybı hesabının sonucu, soğutma sistemi tasarlanırken bina ısı kazanım hesabının sonucu dikkate alınmıştır. Bina toplam ısı kaybı değeri 501 212 W ve toplam ısı kazanım değeri ise 525 341 W olarak hesaplanmıştır. Isıtma sisteminde 6 adet 100 000 W değerinde duvar tipi doğalgaz kazanı seçilerek kaskad sistem şeklinde tasarlanmıştır. Soğutma sistemindeki cihaz da 545 000 W değerindedir. Sistem-1'in zemin kat için mekanik kat planı Ek-5'te, mekanik oda yerleşim detayı Ek-6'da ve tüm bina için mekanik tesisat kolon şeması Ek-7'de sunulmuştur.



Şekil 3.1 Sistem-1

### 3.2 Isı Pompalı Sistem Tasarımı (Sistem-2)

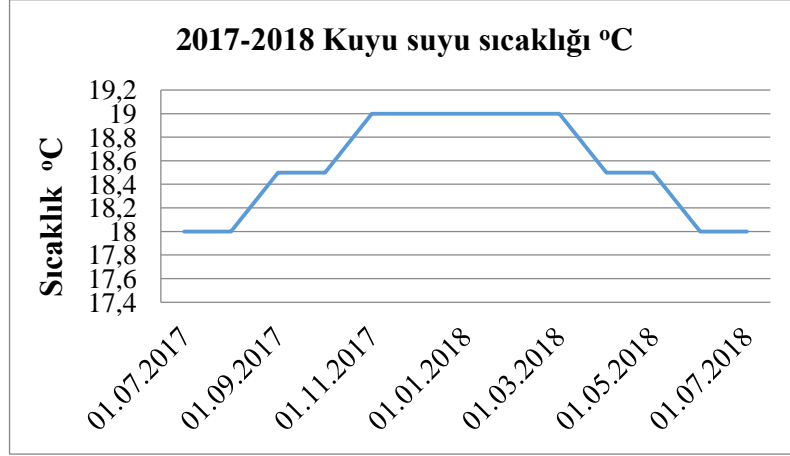
Bu tez çalışmasının nihai amacı, büyük hacimli binalarda ısı pompası kullanımının enerji verimliliğine etkisini incelemektedir. Literatürde ısı pompası kullanımının ele alındığı birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak bu çalışmaların birçoğunda toprak kaynaklı ısı pompası kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise çalışmaya özgünlük katmak, ısı pompasının verimini ve mevcutta bulunan yer altı su kaynağının etkinliğini artırmak için yer altı suyu kaynaklı ısı pompası kullanılacaktır. Yaz ve kış aynı ısı pompası cihazından şartlanan sistem Şekil 3.2' de gösterildiği gibi mahallerde bulunan fan-coil cihazları aracılığı ile hacimler iklimlendirilecektir ve bundan sonra "Sistem-2" olarak isimlendirilecektir. Sistem-2'nin zemin kat için mekanik kat planı Ek-8'de, mekanik oda yerleşim detayı Ek-9'da ve tüm bina için mekanik tesisat kolon şeması Ek-10'da sunulmaktadır.



Şekil 3.2 Sistem-2

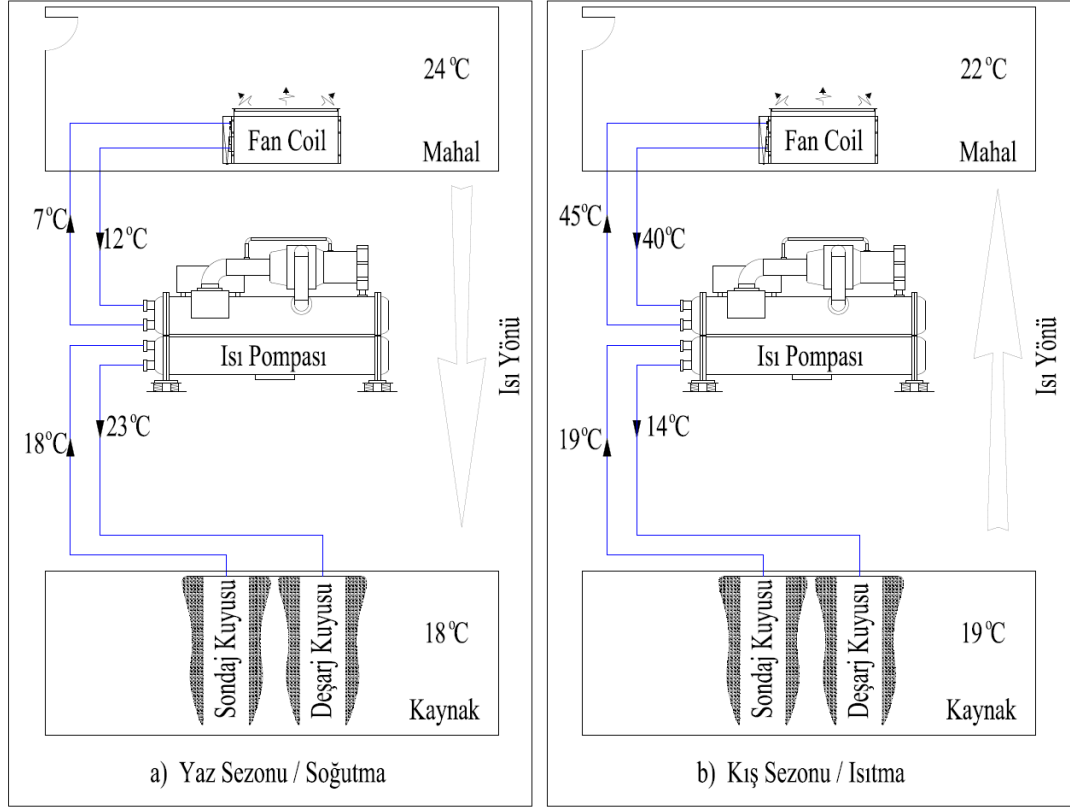
Çalışma ortamı olarak yaz-kış sıcaklık farkı 50°C'nin üzerinde bulunan Kayseri ili seçilmiştir. Yer altı kaynağı olarak Kayseri ilinde 10 yıldan fazla süredir tarımsal sulama amaçlı kullanılan, bu nedenle debisi ve sıcaklık değerleri uzun yıllardır gözlemlenen, yeryüzüne 80 metre mesafedeki yer altı su kaynağı kullanılmıştır. Kaynağın yıllık sıcaklık değerlerinin kış aylarında ortalama 19°C'de ve yaz aylarında ortalama 18°C'de olduğu Çizelge 2.8'de görülmektedir.

**Çizelge 3.8** Kaynak / kuyu yıllık sıcaklık dağılımı



Çalışmada 120 m<sup>3</sup>/h debiye sahip dalgıç tip su pompası kullanılarak yer altı kaynağından su çekilecek ve ısı pompası vasıtasıyla sudan suya enerji aktarımıyla iklimlendirme işlemi yapılacaktır. Yaz aylarında 18°C'de kaynaktan çekilen suya ( $\Delta t=5^{\circ}\text{C}$ ) ısı aktarılarak 23°C'de tekrar kaynağa gönderilecektir. Yaz aylarında ortamı soğutmak amacıyla ortamdan çekilen ısı miktarı ( $\Delta t=5^{\circ}\text{C}$ ) ile mahaldeki ısının ortamdan uzaklaştırılmasını sağlanacaktır. Fan-coil sisteminde dolaşan suyun sıcaklığı 7-12°C rejiminde çalışacak, mahal sıcaklığı 24°C ve nem miktarı %45'e şartlandırılacaktır. Kış aylarında donan bitki örtüsü nedeniyle sıcaklığı 19°C olan kaynaktan yine  $\Delta t=5^{\circ}\text{C}$  olacak şekilde enerji çekilerek ısıtılacak mahale transfer edilecek ve 14°C sıcaklığında kaynağa gönderilecektir. Fan-coil devresinde dolaşan su sıcaklığı 40-45°C rejiminde çalışacak ve mahal sıcaklığı 22°C ve nem miktarı %40 olacak şekilde şartlandırılacaktır. Kaynaktan başlayıp fan-coil cihazında tamamlanan enerji transfer şeması Şekil 3.3'de gösterilmektedir.

Binanın ısıtma sistem kapasitesi belirlenmesinde bina ısı kaybı hesabı, soğutma kapasitesi belirlenmesinde bina ısı kazanım hesabı yapılmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda 501 212 W değerindeki ısı kaybı ve 525 341 W değerinde ısı kazanımı hesaplanmış ve bir adet ısıtma ve soğutma kapasitesi 550 000 W olan sudan suya ısı pompası seçilmiştir.



**Şekil 3.3** Kaynak-mahal arası ısı enerjisi transfer şeması, a) Yaz sezonu (soğutma), b) Kış sezonu (ısıtma)

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışmada tasarlanan Sistem-1 için ve Sistem-2 için ayrı ayrı maliyet analizi yapılmıştır.

### 4.1 Sistem-1 Maliyeti

Ekler’de detaylı projesi sunulan bina iklimlendirme sisteminde, ısıtma sistemi olarak doğalgaz kazanı ve soğutma sistemi olarak da, hava kaynaklı soğutma grubu tasarlanmıştır. Sistem-1’in toplam maliyeti; ilk yatırım maliyeti ve yıllık işletme (bakım-servis, yakıt tüketim ve işçilik) maliyetlerinden oluşmaktadır.

#### 4.1.1 İlk yatırım maliyeti

İlk yatırım esnasında Sistem-1 için kullanılan cihaz/ekipman fiyat detayı Çizelge 4.1’de sunulmaktadır. İklimlendirilen mahallerde enerji ekipmanı olarak, hem görsellik hem de ergonomiklik açısından fan-coil tercih edilmiştir. Her iki sistemde de fan-coil ve fan-coil boru hattını (sirkülasyon pompaları+borular+fitings) aynı olduğu için ilk yatırım fiyatlarına dahil edilmemiştir. Kullanılan fan-coillerin ve fan-coil boru hattının ilk yatırım maliyeti 392 774,00 TL olarak tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.1** Sistem-1 için ilk yatırım maliyetleri (₺)

| Sistem  | Maliyet Kalemi                | Toplam Maliyet (₺) | Açıklama  |
|---|-------------------------------|--------------------|---|
| Isıtma Sistemi  | Kazan                         | <b>91 168,00</b>   | * 6 adet<br>* Her biri 100 kW                                       |
|   | Baca                          | <b>12 420,00</b>   | * AISI 316 L Paslanmaz çelik<br>* $\phi=500$ mm<br>* Yükseklik=18 m |
|   | Doğalgaz tesisatı             | <b>8 452,00</b>    | * Boru/fitings malzemeler<br>* Projelendirme                        |
| Soğutma Sistemi   | Hava soğutmalı soğutma grubu* | <b>607 402,00</b>  | * 550 kW<br>* Vidalı kompresörlü                                    |
|   | Tesisat                       | <b>8 000,00</b>    | * Boru/fitings malzemeler   |
| Toplam  |                               | <b>727 442,00</b>  |   |
| Fan-coillerin ve fan-coil boru hattının ilk yatırım maliyeti <b>392 774,00 ₺</b> ’dir                   |                               |                    |   |
| * 2019 Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatlandırma kitabından temin edilmiştir. |                               |                    |   |

#### **4.1.2 Yıllık bakım-servis maliyeti**

Yıllık bakım-servis maliyetinin tespit edilmesinde, kullanılan cihazların yıllık bakımları ve arızalanma oranları göz önünde bulundurularak, ilgili cihazın yetkili servisinden görüş alınarak yaklaşık olarak tespit edilmiştir. Yıllık olarak belirlenen servis-bakım maliyet değeri yaklaşık 4 500,00 ₺'dir.

#### **4.1.3 Yıllık yakıt ve enerji tüketim maliyeti**

Sistem-1'in iklimlendirme sisteminde ısıtma için doğalgazlı ısıtma sistemi ve soğutma sistemi için de hava soğutmalı soğutma sistemi kullanılacağı için, sistemin enerji tüketimini hesaplarken hem ısıtmada kullanılan doğalgaz miktarını hem de soğutma sisteminde kullanılan elektrik enerjisinin miktarını belirlemek gerekmektedir.

Merkezi doğalgazlı ısıtma sistemin de kullanılacak ve ısı kaybı değerine göre belirlenmiş olan her biri 100 kW olan 6 adet (kaskad) doğalgaz kazanında tüketilen yakıt miktarı (2.18) ile belirlenmiştir. Dış ortam sıcaklığı mevsim boyunca sürekli değiştiği için, meteoroloji tarafından belirlenen dış ortam sıcaklığına göre yıllık yakıt tüketimi hesaplanmıştır. Kullanılan kazanların verimi %95 olarak kabul edilmiştir. Hesaplamalar sonucunda kazandaki yakıt tüketimi yıllık olarak 43 452,6 m<sup>3</sup>'tür. Kayseri ilindeki gaz dağıtım firmasının (Kayserigaz) Mart 2019 resmi verilerine göre, birim hacim gazın fiyatı 1,318694 TL'dir (Kayserigaz, 2019).

Soğutma sisteminde kullanılan hava soğutmalı soğutma grubunun kapasitesi ısı kazanım hesabına göre 550 kW olarak belirlenmiştir. Sistemin (elektrik) enerji tüketim miktarı yıllık 84 960 kW olarak belirlenmiştir. Maliyet hesaplamalarında elektriğin birim kWh fiyatı 0,53751 TL olarak Mart-2019 fiyatları kabul edilmiştir (EPDK, 2019).

Sistemin ısıtma sezonunda (15 Ekim-15 Nisan) günde 8 saat ve soğutma sezonunda (15 Mayıs-15 Eylül) günde 8 saat çalıştığı kabul edilmiştir. Ayrıca 15 Eylül- 15 Ekim ve 15 Nisan-15 Mayıs tarihleri arasında yılda iki ay boyunca mevsimsel geçiş süresince iç ortam iklimlendirmesine ihtiyaç olmayacağı ve cihazların çalışmayacağı kabul edilmiştir. Gerçekteki çalışma sürelerine yaklaşmak amacıyla %50 diversite



katsayısı kabul edilmiş ve uygulanmıştır. Aynı varsayım dalgıç tip pompa için de kabul edilmiş ve uygulanmıştır.

Sistem-1'e ait yıllık enerji tüketim maliyetleri Çizelge 4.2'de gösterilmektedir.

**Çizelge 4.2** Sistem-1 için yıllık enerji tüketim maliyetleri (₺)

| Sistem  | Maliyet Kalemi                                   | Yıllık Tüketim Miktarı | Yıllık Maliyeti (₺) |
|---------|--|------------------------|---------------------|
| Isıtma  | Doğalgaz Kazanı (doğalgaz tüketimi)              | 39 906 m <sup>3</sup>  | <b>62 097,00</b>    |
| Soğutma | Hava soğutmalı soğutma grubu (elektrik tüketimi) | 84 960 kW              | <b>45 666,00</b>    |
| Toplam  |  |                        | <b>107 763,00</b>   |

#### 4.1.4 Yıllık işçilik maliyeti

Sistem-1'in kullanımı için bir işçinin yeterli olacağı kabul edilmiştir. Aylık maaşı 2471 ₺, SGK primi 1254₺ ve gelir vergisi kesintisi 175₺ göz önünde bulundurularak yıllık işçilik maliyeti ısıtma sistemi için 23 400,00 ₺ ve soğutma sistemi için 15 600,00 ₺ olarak belirlenmiştir.

Sistem-1'in maliyet detayları Çizelge 4.3'de analiz edilmiştir.

**Çizelge 4.3** Sistem-1'in maliyet detayı (₺)

| Maliyet Giderleri   | Isıtma Sistemi (Merkezi Doğalgaz) | Soğutma Sistemi (Merkezi Hava Soğutmalı Sistem) |
|---|-----------------------------------|---|
| İlk Yatırım Maliyeti  | <b>112 040,00</b>                 | <b>615 402,00</b>                               |
| Yıllık bakım-servis maliyeti  | <b>1 050,00</b>                   | <b>3 450,00</b>                                 |
| Yıllık enerji tüketim maliyeti  | <b>62 097,00</b>                  | <b>45 666,00</b>                                |
| Yıllık sistem işçilik maliyeti  | <b>23 400,00</b>                  | <b>15 600,00</b>                                |
| Toplam  | <b>198 587,00</b>                 | <b>680 118,00</b>                               |
| Genel Toplam*   | <b>878 705,00</b>                 |   |
| *Fan-coil hattı her iki sistemde de ortak olduğu için dâhil edilmemiştir. |                                   |   |

## 4.2 Sistem-2 Maliyeti

Ekler’de detaylı projesi sunulan Sistem-2’nin bina iklimlendirme sisteminde, ısıtma sistemi ve soğutma sistemi için, ortama sıcaklığı kış aylarında 19°C ve yaz aylarında 18°C olan yeraltı suyu kaynaklı ısı pompası kullanımı tasarlanmıştır. Sistem-2’nin toplam maliyeti; ilk yatırım maliyeti ve yıllık işletme (bakım-servis, yakıt tüketimi ve işçilik) maliyetlerinden oluşmaktadır.

### 4.2.1 İlk yatırım maliyeti

Sistem-2’nin ilk yatırım maliyetleri Çizelge 4.4’de gösterilmektedir.

**Çizelge 4.4** Sistem-2 için ilk yatırım maliyetleri (₺)

| Sistem   | Maliyet Kalemi                 | Toplam Maliyet (₺) | Açıklama                             |
|--|--------------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| Isıtma/Soğutma Sistemi   | Isı Pompası                    | <b>510 820,00</b>  | * 550 kW                             |
|  | Dalgıç Pompa (Sondaj Tipi)     | <b>10 368,00</b>   | * 126 m <sup>3</sup> /h<br>* 100 mSS |
|  | Sondaj kuyusu ve deşarj kuyusu | <b>100 000,00</b>  | * 80 m derinlik<br>* 2 kuyu          |
| Toplam   |                                | <b>621 188,00</b>  |                                      |
| Fan-coillerin ve fan-coil boru hattının ilk yatırım maliyeti <b>392 774,00 TL</b> 'dir                 |                                |                    |                                      |
| *2019 Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatlandırma kitabından temin edilmiştir. |                                |                    |                                      |

#### 4.2.2 Yıllık bakım servis maliyeti

Sistem-2'nin yıllık bakım-servis maliyeti tespit edilirken, Sistem-1'deki gibi; kullanılan cihazların yıllık bakımları ve arızalanma oranları göz önünde bulundurularak, ilgili cihazın yetkili servisinden görüş alınarak yaklaşık olarak tespit edilmiştir. Yıllık olarak belirlenen servis-bakım maliyet değeri yaklaşık 2 450,00 ₺ (ısıtma için 1 200,00 ₺ ve soğutma için 1 250, 00 ₺) 'dir.

#### 4.2.3 Yıllık enerji tüketim maliyeti

Yer altı suyundaki enerjinin bir ısı pompası aracılığıyla kullanılarak mahalin iklimlendirildiği Sistem-2'de, tüketilen enerji, ısı pompasının hem ısıtma hem soğutmada çalışmasını sağlayan elektrik enerjisidir. Ayrıca kuyulardaki sondaj pompalarının da (elektrik) enerji tüketimi de Sistem-2'nin enerji tüketimi içerisinde. Maliyet analizi Çizelge 4.5'de sunulmaktadır.

Sistemin çalışma süreleri ve diversite katsayısı için yapılan kabuller, Sistem-1 ile aynı kabul edilmiştir.

**Çizelge 4.6** Sistem-2 için yıllık enerji tüketim maliyetleri (₺)

| Sistem          | Maliyet Kalemi            | Yıllık Tüketim Miktarı (kW) | Yıllık Maliyeti (₺) |
|-----------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Isıtma Sistemi  | Isı Pompası               | 47 735,0                    | <b>25 658,00</b>    |
|                 | Dalgıç Tip Sondaj Pompası | 32 400,0                    | <b>17 415,00</b>    |
| Soğutma Sistemi | Isı Pompası               | 28 368,0                    | <b>15 248,00</b>    |
|                 | Dalgıç Tip Sondaj Pompası | 21 600,0                    | <b>11 610,00</b>    |
| Toplam          |                           |                             | <b>69 931,00</b>    |

#### 4.2.4 Yıllık işçilik maliyeti

Sistem-2 için Sistem-1'deki gibi bir işçinin yeterli olacağı ile Sistem-1'deki işçilik maliyetleri kabul edilmiştir.

Sistem-2'ye ait toplam maliyetlerin detayları Çizelge 4.6'da gösterilmektedir.

**Çizelge 4.7** Sistem-2'nin maliyet detayı (₺)

| Maliyet Giderleri   | Isıtma Sistemi<br>(Isı Pompası) | Soğutma Sistemi<br>(Isı Pompası) |
|---|---------------------------------|----------------------------------|
| İlk Yatırım Maliyeti  | <b>621 188,00</b>               |                                  |
| Yıllık bakım-servis maliyeti  | <b>1 200,00</b>                 | <b>1 250,00</b>                  |
| Yıllık enerji tüketim maliyeti  | <b>25 658,00</b>                | <b>15 248,00</b>                 |
| Yıllık sistem işçilik maliyeti  | <b>23 400,00</b>                | <b>15 600,00</b>                 |
| Genel Toplam*   | <b>732 569,00</b>               |                                  |
| *Fan-coil hattı her iki sistemde de ortak olduğu için dâhil edilmemiştir. |                                 |                                  |

## 5.SONUÇLAR

Kayseri ilinde konuşlu büyük hacimli bir binanın ısıtma ve soğutma enerjisinin yer altı suyu kaynaklı bir ısı pompası kullanımının, enerji tüketimi ve maliyete etkisinin incelendiği bu çalışmada, Sistem-1 ile Sistem-2'nin maliyetleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma Çizelge 5.1'de gösterilmektedir.

**Çizelge 5.1** Sistem-1 ve Sistem-2 karşılaştırması

| Maliyet Giderleri    |                | Sistem-1 (₺)      | Sistem-2 (₺)      | Fark              |             |
|----------------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|
|                      |                |                   |                   | Sistem (1-2) (₺)  | %           |
| İlk Yatırım Maliyeti |                | <b>727 442,00</b> | <b>621 188,00</b> | <b>106 254,00</b> | <b>17,1</b> |
| İşletme Maliyetleri  | Bakım-servis   | <b>4 500,00</b>   | <b>2 450,00</b>   | <b>2 050,00</b>   | <b>83,6</b> |
|                      | Enerji tüketim | <b>107 763,00</b> | <b>69 931,00</b>  | <b>37 832,00</b>  | <b>54,0</b> |
|                      | İşçilik        | <b>39 000,00</b>  | <b>39 000,00</b>  | <b>0</b>          | <b>0</b>    |
| Toplam               |                | <b>878 723,00</b> | <b>732 569,00</b> | <b>146 154,00</b> | <b>19,9</b> |

Sistem-1'in hem ilk yatırım hem işletme maliyetlerinin, Sistem-2'den yüksek olduğu Çizelge 5.1'de açıkça görülmektedir. Sistem-1'in ilk yatırım maliyeti, Sistem-2 den %17,1 (106 254,00 ₺) daha fazladır. Çalışmanın başlangıcında Sistem-2'nin ilk yatırım maliyetinin yüksek çıkması beklenirken tam aksine düşük çıkması sistemin kullanılabilirliğini artırmaktadır. Özellikle de dış alım ile tedarik edilen fosil yakıtlı Sistem-1'in yıllık enerji tüketiminin, Sistem-2'den %54 oranında daha fazla olması, Sistem-2'yi hem ekonomiklik hem de ülke kaynaklarının kullanılabilirliği açısından ön plana çıkarmaktadır.

Sistem-2'nin, Sistem-1 den daha ekonomik olmasının maliyet açısından sahip olduğu önem kadar, Sistem-2'nin Sistem-1'deki ısıtma sisteminde kullanılan doğalgazın yerini alması açısından da ayrıca önem arz etmektedir. Doğalgaz, temiz bir fosil yakıt olmasına rağmen, dışa bağımlı bir yakıttır. Bu bağlam da Sistem-2'nin kullanılması hem enerji verimliliği hem de sosyo-ekonomik olarak önem arz etmektedir.

Bu tez; genel kullanım amaçlı büyük hacimli binaların iklimlendirme sistemlerinde kullanılan yüksek miktardaki enerji maliyetini azaltılması kapsamında, yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının önemini vurgulayan bir araştırma çalışmasıdır.



## 6.KAYNAKLAR

- [1] Kayserigaz (2019). 3 10, 2019 tarihinde Kayserigaz: <https://www.kayserigaz.com.tr/Bedel-Hesaplama/Ornek-Fatura-Hesaplama> adresinden alındı
- [2] EPDK (2019). 3 10, 2019 tarihinde EPDK: <http://lisans.epdk.org.tr/epvys-web/faces/pages/online/tarifeFatura/tarifeFatura.xhtml> adresinden alındı
- [3] Akın, G. (2006). Küresel Isınma, Nedenleri ve Sonuçları. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi* , 29-43.
- [4] Aktacı, M. A., & Bulut, H. (2007). Kayseri İlinin Serbest Soğutma Potansiyelinin İncelenmesi. *ULIBTK'07 16. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*. Kayseri.
- [5] Alkan, F. (2017). Örnek Bir Bina İçin Isıtma-Soğutma Sistemlerinin Karşılaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi* . Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [6] Arat, H. (2016). Jeotermal Kaynaklı Isı Pompasının Bölgesel Isıtma Sisteminde Kullanımının Araştırılması ve Termodinamik Analizi. *Yüksek Lisans Tezi* . Kütahya: Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [7] Arroyo, P., Tommelein, İ., Ballard, G., & Rumsey, P. (2016). Choosing by advantages: A case study for selecting an HVAC system for net zero energy museum. *Energy and Buildings* , 26-36.
- [8] Arslan, E. (2006). Jeotermal Enerjiden Yararlanılarak Kuyu İçi Eşanjörü Yardımıyla Konut Isıtılması Ve Sıcak Su İhtiyacının Karşılanması. *Yüksek Lisans Tezi* . Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [9] Atabay, S., Karasu, M., & Koca, C. (2014). *İklim Değişikliği ve Geleceğimiz*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.

- [10] Atılğan, A. İ., & Türkmen, U. (2017). Farklı akışkanlarda değişken soğutucu akışkan debili (vrf) sistemin ekserji ve termoekonomik analizlerinin karşılaştırılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* , 343-353.
- [11] Aydın, M. ( 2016 ). Enerji Verimliliğinin Sürdürülebilir Kalkınmadaki Rolü: Türkiye Değerlendirmesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi / Journal of Administrative Sciences* , 409-441.
- [12] Bakırcı, K. (2016). Su Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Deneysel İncelenmesi. *Tesisat Mühendisliği* , 9.
- [13] Bayram, O. (2019, 2). Endüstrilerde Kullanılan Santrifüj Pompaların Enerji Verimliliklerinin Analizi. *Yüksek Lisans Tezi* . Maltepe Üniversite Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [14] Bilgili, M., Teke, A., Yaşar, A., & Şimşek, E. (2011). Experimental implementation of a split-type air conditioner for fault detection and diagnosis. *Energy Education Science and Technology Part A-Energy Science and Research* , 401-410.
- [15] Bulut, H., Durmaz, A. F., & Aktacir, M. A. (2006). İklimlendirme Sistemleri İçin Soğutma Yüğü Hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *VII. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu*. İstanbul: Türk Tesisat Mühendisleri Derneği .
- [16] Cane, R. L. (2007). Uygulamalı ısı pompası ve ısı geri kazanım sistemleri Isı pompası elemaları. M. S. Owen içinde, *2004 Ashrae El Kitabı Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri ve Ekipmanları (Çev.N. Demircioğlu)* (s. 8.6). İstanbul: Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayın No:17.
- [17] Cane, R. L. (2007). Uygulamalı ısı pompası ve ısı geri kazanım sistemleri Isı pompası elemaları. M. S. Owen içinde, *2004 ASHRAE ELKİTABI Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri ve Ekipmanları (Çev.N. Demircioğlu)* (s. 8.6). İstanbul: Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayın No:17.
- [18] Çengel, Y., & Boles, M. A. (2015). *Termodinamik*. Güven Yayıncılık.



- [19] Ceylan, H. (2017). Toprak Isı Değiştiricisi Uzunluğunun Kondenser Sıcaklığı İle Değişimi Üzerine Deneysel Çalışma. *Mühendis ve Makina Cilt:58, Sayı:688* , 39-51.
- [20] Chirico, F., & Magnavita, N. (2019). New and Old Indices for Evaluating Heat Stress in an Indoor Environment: Some Considerations. Comment on Kownacki, L.; Gao, C.; Kuklane, K.; Wierzbicka, A. Heat Stress in Indoor Environments of Scandinavian Urban Areas: A Literature Review. . *Int. J. Environ. Res. Public Health* , 1444.
- [21] Chua, K. J., Chou, S. K., & Yang, W. M. (2010). Advances in heat pump systems: A review. *Applied Energy* , 3611-3624.
- [22] Coad, W. J. (2007). Sulu ısıtma ve soğutma sistem tasarımı Soğutulmı su sistemleri. M. S. Owen içinde, *2004 Ashrae El Kitabı Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri ve Ekipmanları (Çev.N.Demircioğlu)* (s. 12.12). İstanbul: Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınları No:17.
- [23] Danış, E. (2007). Su Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Siirt' de Bir Uygulamayla İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi* . Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [24] Dashtebeyaz, M. D., & Namanlo, S. V. (2019). Thermoeconomic and environmental feasibility of waste heat recovery of a data center using air source heat pump. *Journal of Cleaner Production* , 117-126.
- [25] Develioğlu, M. (2012). Yer Kaynaklı Isı Pompalarının Teknolojik Gelişimi ve Türkiye'deki Uygulanabilirliği. *Yüksek Lisans Tezi* . Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [26] Deymi-Dashtebayaz, M., & Valipour-Namanlo, S. (2019). Thermoeconomic and environmental feasibility of waste heat recovery of a data center using air source heat pump. *Journal of Cleaner Production* , 117-126.
- [27] Dikici, A., & Akbulut, A. (2008). Performance characteristics and energy–exergy analysis of solar-assisted heat pump system. *Building and Environment* , 1961-1972.

- [28] Doğan, B., Yalçınkaya, C., & Balcı, M. G. (2016). Kırıkkale İlinde Bulunan Olimpik Yüzme Havuzunda Su Isıtma İçin Toprak Kaynaklı Isı Pompası Kullanımı. *Mühendis ve Makina* , 38-48.
- [29] Dünya Bankası. (2019, Mart 27). *Dünya Bankası* .  
[https://www.google.com/publicdata/explore?ds=d5bncppjof8f9\\_&met\\_y=sp\\_pop\\_totl&hl=tr&dl=tr#!ctype=l&strail=false&bcs=d&nselm=h&met\\_y=sp\\_pop\\_totl&scale\\_y=lin&ind\\_y=false&rdim=region&ifdim=region&tdim=true&hl=tr&dl=tr&ind=false](https://www.google.com/publicdata/explore?ds=d5bncppjof8f9_&met_y=sp_pop_totl&hl=tr&dl=tr#!ctype=l&strail=false&bcs=d&nselm=h&met_y=sp_pop_totl&scale_y=lin&ind_y=false&rdim=region&ifdim=region&tdim=true&hl=tr&dl=tr&ind=false)  
adresinden alınmıştır
- [30] Efe, Ş. (2007). Erzurum’da Kullanılan Isıtma Sistemlerinin Ekonomik Analizi. *Yüksek Lisans Tezi* . Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [31] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2017). *Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü*. Strateji Geliştirme Başkanlığı.
- [32] Erdoğan, S., Yılmaz, M., Şahin, B., & Özyurt, S. (2006). Isı Pompası Sistemlerinin Seçimi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi Sayı: 92* , 40-49.
- [33] Erkek, T. Ö., & Güngör, A. (2019). Nem alma malzeme kaplamalı ısı değiştiriciler ve sistem performansı değerlendirmeleri. *14. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi* (s. 555-573). İzmir: mmoteskon.
- [34] Erkmen, F. İ., & Gedik, G. Z. (2007). Örnek Bir Konutun Farklı Yöntemlerle Hesaplanan Soğutma Yüklerinin Karşılaştırılması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* , 143-163.
- [35] Ertürk, O., & Ertürk, A. E. (2018). Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimi ve cari açık üzerindeki etkisi. *4. International Conference on “Economic and Social Impacts of Globalization” and “Future of Turkey-EU Relations”* (s. 103-113). Nevşehir: Uşak Üniversitesi.
- [36] Genceli, O. F., & Parmaksızoğlu, İ. C. (2012). *Kalorifer Tesisatı*. İstanbul: TMMOB Makina Mühendisleri Odası.

- [37] Harputlugil, G. U., & Çetintürk, N. (2005). Geleneksel Türk Evi'nde Isıl Konfor Koşullarının Analizi: Safranbolu Hacı Hüseyinler Evi. *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. , 77-84.*
- [38] Hoey, K. J. (2007). Kazanlar, Girdi ve Çıktı Kontrolü. M. S. Owen içinde, *2004 Ashrae El Kitabı Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri ve Ekipmanları (Çev. N.Demircioğlu)* (s. 27.6.). İstanbul: Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayın No:17.
- [39] İmas. (2019). 27, 2019 tarihinde <http://sogutmagrubu.net/> adresinden alındı
- [40] İnan, A. T. (2018). İklimlendirme uygulamalarında Chiller-Kuru Soğutucu enerji analizi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi , 218-231.*
- [41] İşbilir, D. (2009). Binalarda Isı Yalıtımı Uygulamaları ve Sorunlarının Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi . Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- [42] Işık, E., & Tuğan, V. (2017). Tunceli, Hakkâri ve Kars İllerinin Optimum Isı Yalıtım Kalınlığının Hesaplanması . *Int. J. Pure Appl. Sci , 50-57.*
- [43] Kabul, A., & Alkan, R. (2016). Faklı Soğutucu Akışkanlar İçin Toprak Kaynaklı Isı Pompasının Termodinamik ve Termoekonomik Analizi. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi , 119-131.*
- [44] Kalfa, S. M., & Yaşar, Y. (2015). Soğutma Yüklerinin Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler ve Karşılaştırılması: İlköğretim Okulu Örneği. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering , 29-41.*
- [45] Kandemir, S. Y., Bektaş, V., & Açikkalp, E. (2019). Dıştan yalıtım uygulamalarında farklı duvar modelleri için optimum yalıtım kalınlıklarının belirlenmesi ve ekonomik analizleri. *DÜMF Mühendislik Dergisi , 275-288.*
- [46] Kaya, M. (2009). Isı Pompası Ve Kombi Isıtma Sistemleri Maliyet Analizlerinin Karşılaştırılması. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi , 39-47.*

- [47] Kaya, M., Fırat, İ., & Çomaklı, Ö. (2016). Erzincan İlindeki Binalarda Isı Yalıtımının Enerji Tasarrufuna Etkisinin Ekonomik Analizi. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi* , 47-55.
- [48] Koç, A., Yağlı, H., Koç, Y., & Uğurlu, İ. (2018). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makine* , 84-112.
- [49] Koç, E., & Kaya, K. (2015). Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu. *Mühendis ve Makina* , 36-47.
- [50] Kon, O. (2018). Binalarda ekonomik optimizasyon, dış duvar ve pencerelere bağlı yakıt tüketimi ve emisyon hesabı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* , 101-113.
- [51] Koyun, T., & Koç, E. (2017). Bir Binanın Değişken Cam ve Dış Duvar Tiplerine Göre Pencere/Duvar Alanı Oranlarının Bina Isı Kayıplarına Etkisi. *Mühendis ve Makina* , 1-14.
- [52] Küçükçalı, R. (2000). *Isıtma Tesisatı Kitabı*. Isısan Yayınları.
- [53] Küçükçalı, R. (2001). *Klima - Havalandırma Tesisatı*. İstanbul: Isısan Yayınları.
- [54] Kürekçi, N. A., & Kaplan, S. (2014). Isıtma-Soğutma Yüklerinin HAP Ve Revit Programlarıyla Hesaplanması. *Tesisat Mühendisliği* , 5-15.
- [55] Kuş, A. Ç., & Çomaklı, K. (2015). Farklı Kaynaklı Isı Pompası Sistemlerinin Ekonomik Analizi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi* , 13-21.
- [56] Lechner, R., & Javed, S. (2016). Life Cycle Cost-Optimized Cooling Systems for European Office Buildings. *12th REHVA World Congress*. Aalborg.
- [57] Marini, D. (2013). Optimization of HVAC systems for distributed generation as a function of different types of heat sources and climatic conditions. *Applied Energy* , 813-826.
- [58] Mutlu, M., & Çalışkan, E. (2019). Kaset Tipi Klimalarda Termostat Yerleşiminin Ortam İçerisindeki Hız, Sıcaklı ve Partikül Dağılımına Olan Etkisinin

Sayısal Araştırılması. *14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi* (s. 1320-1330). İzmir: Mmoteskon.

[59] Oerder, S., & Meyer, J. P. (1998). Effectiveness Of a Municipal Ground-Coupled Reversible Heat-Pump System Compared to an Air-Source System. *1998 Ashrae Winter Meeting* (s. 540-549). San Francisco: Ashrae Transactions.

[60] Oke, T. (1987). *Boundary Layer Climates Second Edition*. Taylor Francis e-Library.

[61] Özcan, U. (2019). Yapıda HVAC Sistem Seçimi . *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* , 212-217.

[62] Pastakkaya, B. (2017). Yenilenebilir Enerji Kaynaklı Isıtma Sisteminin Diyarbakır İlinde Örnek Bir Sera Uygulaması İçin Tekno-Ekonomik Analizi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat fakültesi Dergisi* , 9-22.

[63] Phetteplace, G. (2016). *Ashrae Bölgesel Soğutma Klavuzu (Çev.M.Z. Yılmazoğlu)*. İstanbul.

[64] Şaşmaz, C. (2014). Sudan Suya Isı Pompası ile Eşzamanlı Mahal Soğutma ve Sıcak Su Eldesinin Deneysel Analizi. *Yüksek Lisans Tezi* . Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[65] Seyrek, A. (2010). Mahal Isıtmasında Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Kullanımı. *Yüksek Lisans Tezi* . Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[66] Şimşek, E., Karaçaylı, İ., & Ekerer, S. C. (2016). Basınç – Entalpi Diyagramlarının Kullanımı ve Tasarım Sıcaklığındaki Değişimin Sistem Performansı Üzerindeki Etkileri. *1st International Conference on Engineering Technology and Applied Sciences*, (s. 695-702). Afyonkarahisar.

[67] Şimşek, E., Karaçaylı, İ., İlin, Ş. Ç., & Güzel, E. (2018). Eski Nesil Soğutucu Akışkanların Çevresel Etkileri. *Apelasyon E-Dergi (55)* , Doğa ve Çevre.

[68] Sökmen, K. F. (2018). Doğal yol ile havalandırılan bir sanayi kuruluşunda ısı konfor incelemesi ve giysi faktörü, metabolik oran, çalışan ağırlığının konfora

etkilerinin araştırılması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi* , 341-354.

[69] Tekin, D. K. (2019). Binalarda Energo-Ekonomik Sürdürülebilirlik ve Verimlilik İçin Bir Karar Verme Algoritması: Türkiye'de Örnek Vaka İncelemesi. *Yüksek Lisans Tezi* . Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[70] Tesisat. (2016). *Tesisat Bilgi ve Haber Portalı*. 02 03, 2019 tarihinde Fan coil Sistemi ve Özellikleri: <https://www.thesisat.org/fan-coil-sistemi-ozellikleri.html> adresinden alındı

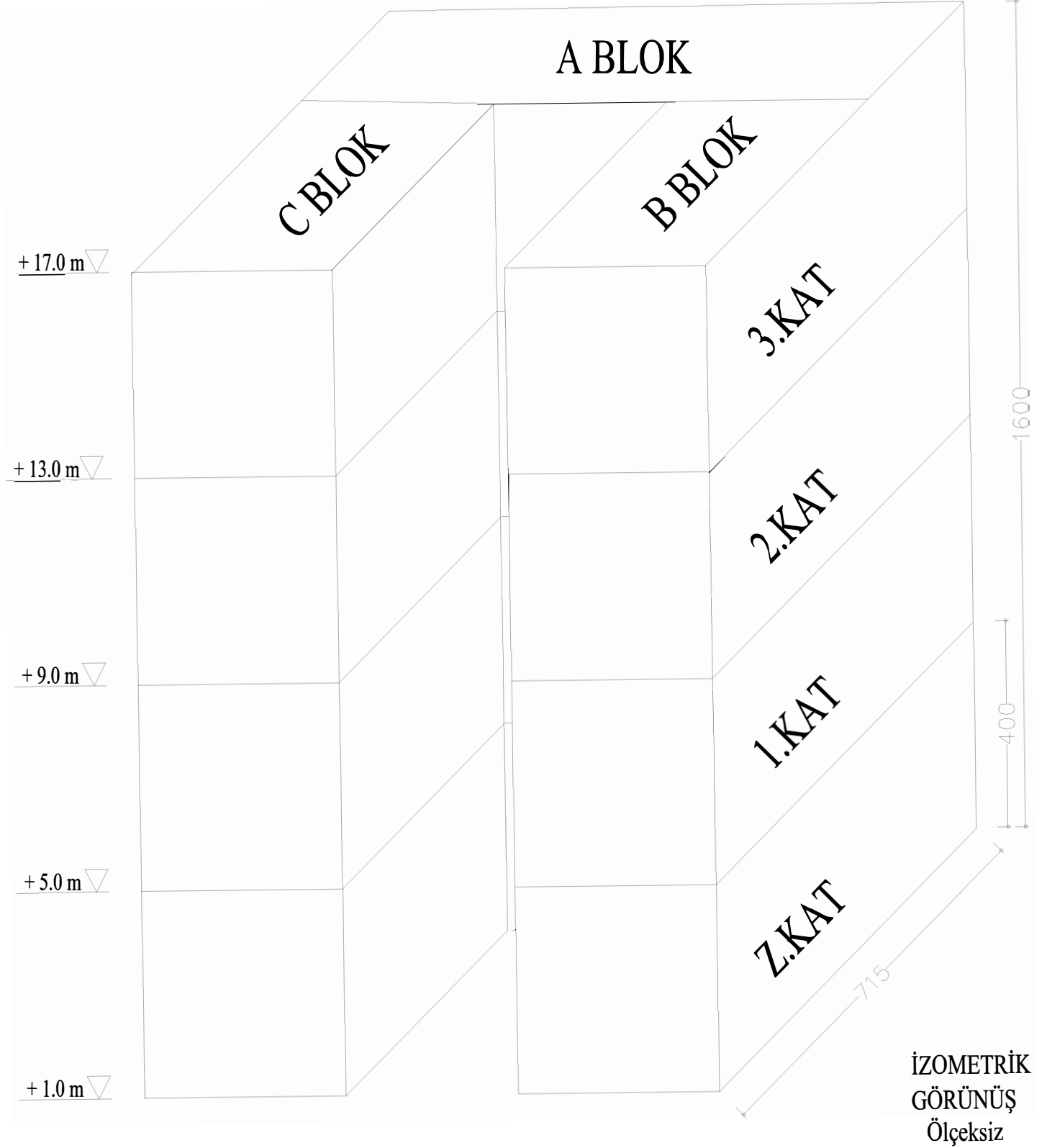
[71] Wang, W., Jiang, W., Liu, B., & Zhang, J. (2011). Energy performance comparison of heating and air-conditioning systems for multi-family residential buildings. *Science and Technology for the Built Environment* , 309-322.

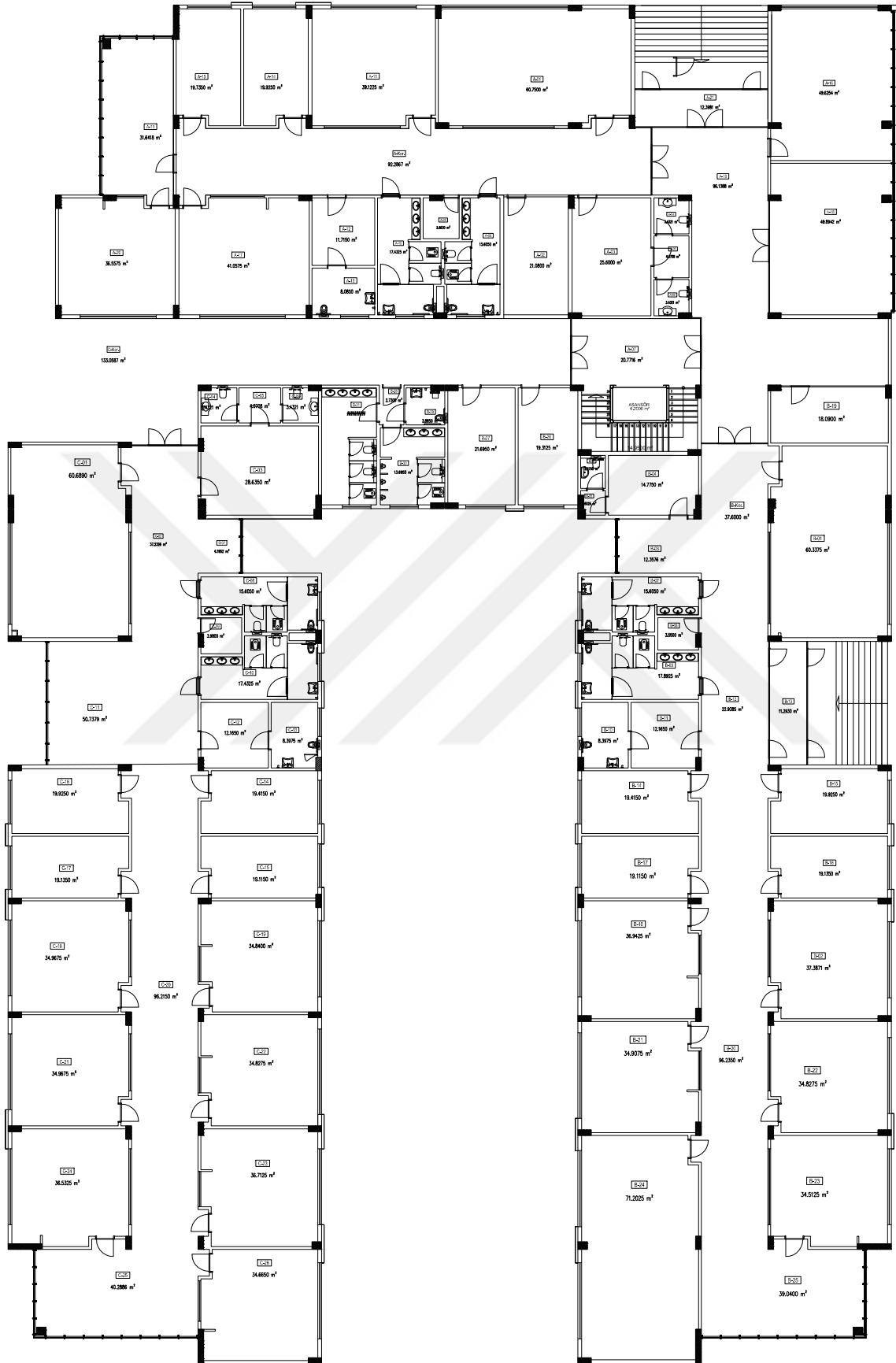
[72] Wu, W., Skye, H. M., & Domanski, P. A. (2018). Selecting HVAC Systems To Achieve Comfortable And Cost-Effective Residential Net Zero Energy Buildings. *Applied Energy*, 212 , 577-591.

[73] Yıldırım, İ. M., Kaya, D., Eyidoğan, M., Kılıç, F. Ç., & Özdemir, N. C. (2017). Bir Kimyasal Üretim Tesisinde Absorbsiyonlu Soğutucu ile Atık Isı Geri Kazanımı. *1st International Conference on Energy Systems Engineering* , 2-4.

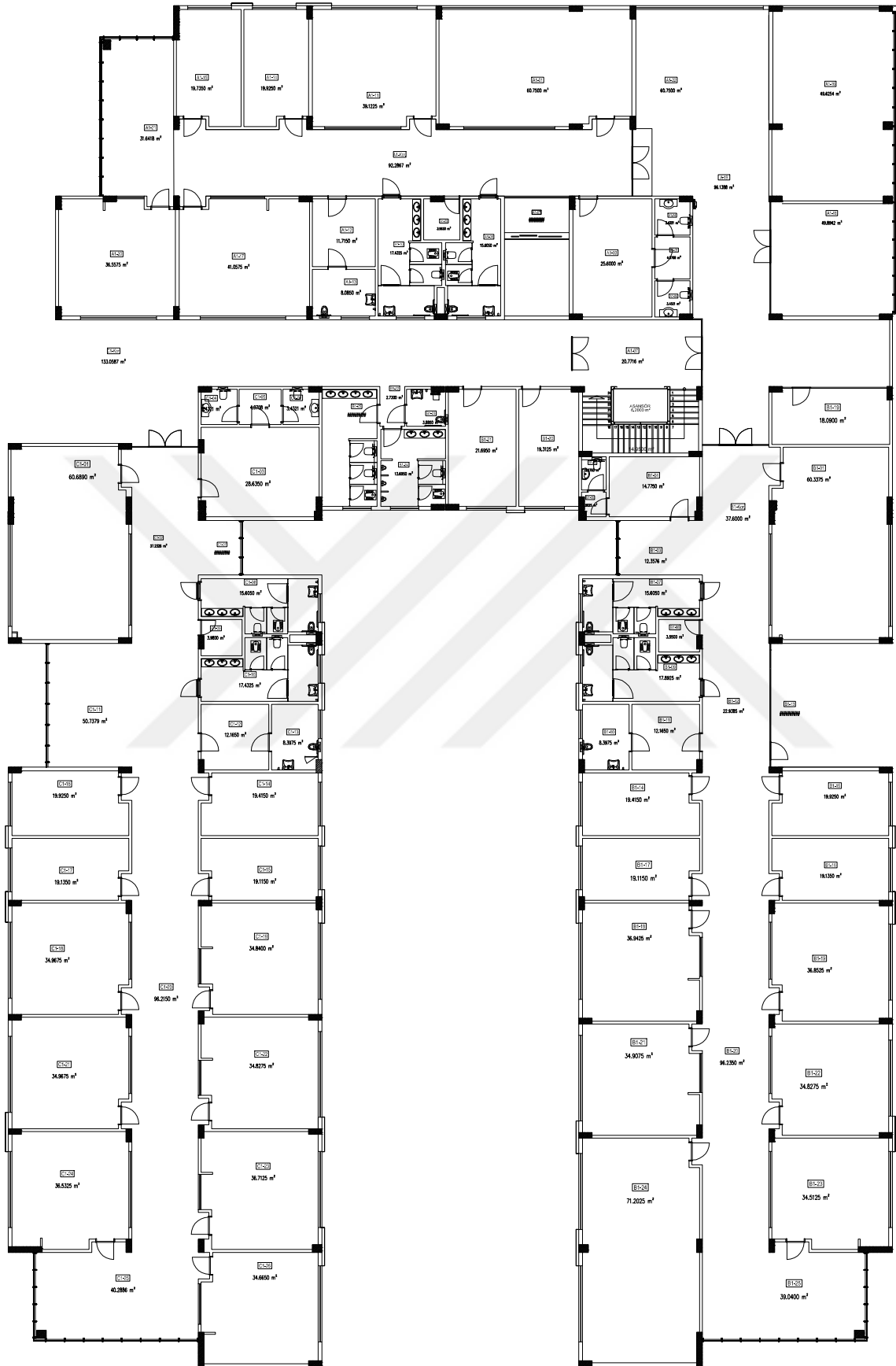
[74] Yıldız, Y. (2019). Binalarda Enerji Etkin Önlemlerin Uygulanmasındaki Engeller: Balıkesir İçin Bir Alan Çalışması. *Megeron* , 230-238.

[75] Yurtseven, B. (2006). Bilgisayar Yardımı ile Binalardan Enerji Kayıp ve Kazançlarının Hesabı. *Yüksek Lisans Tezi* . İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü.

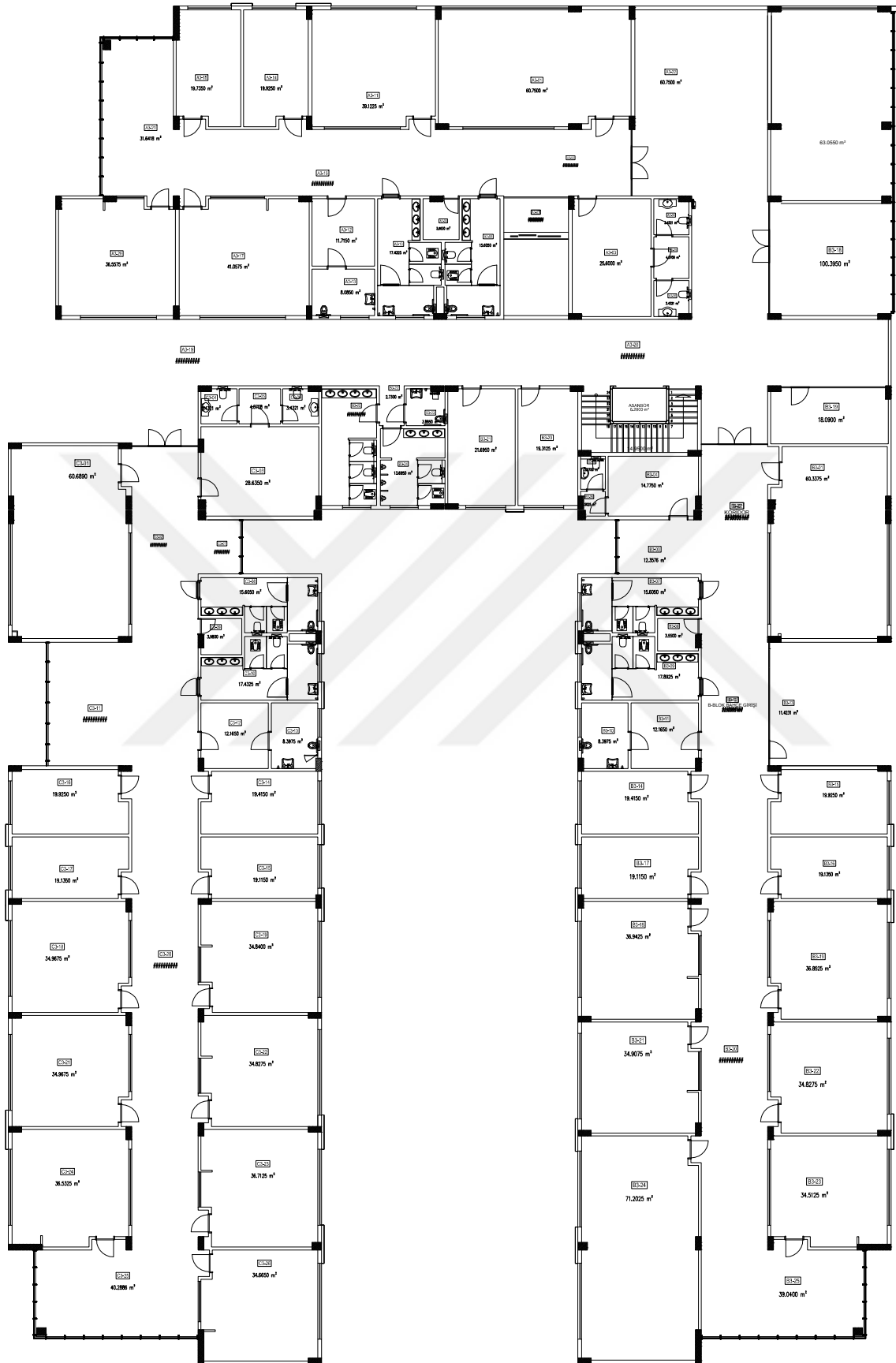


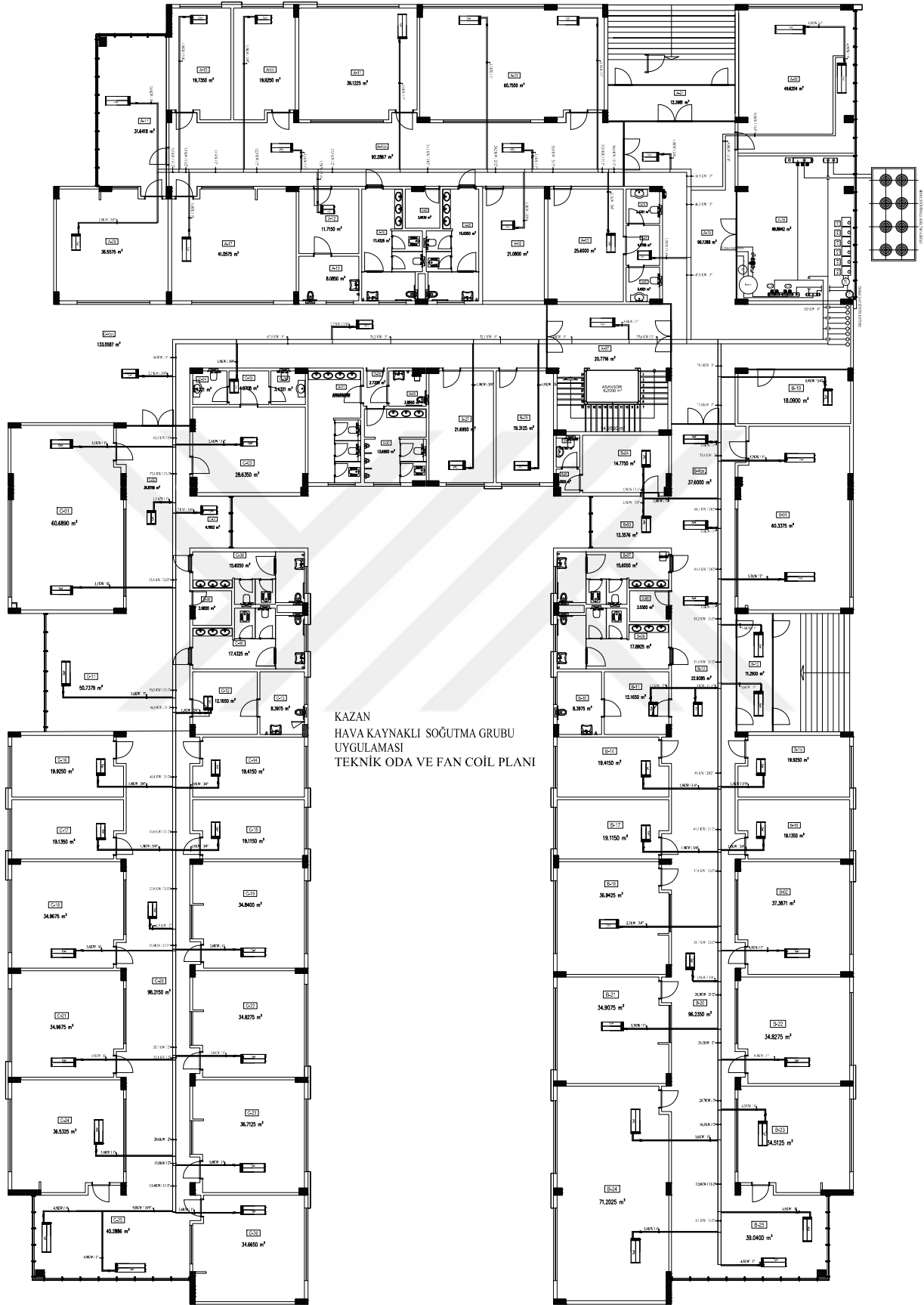


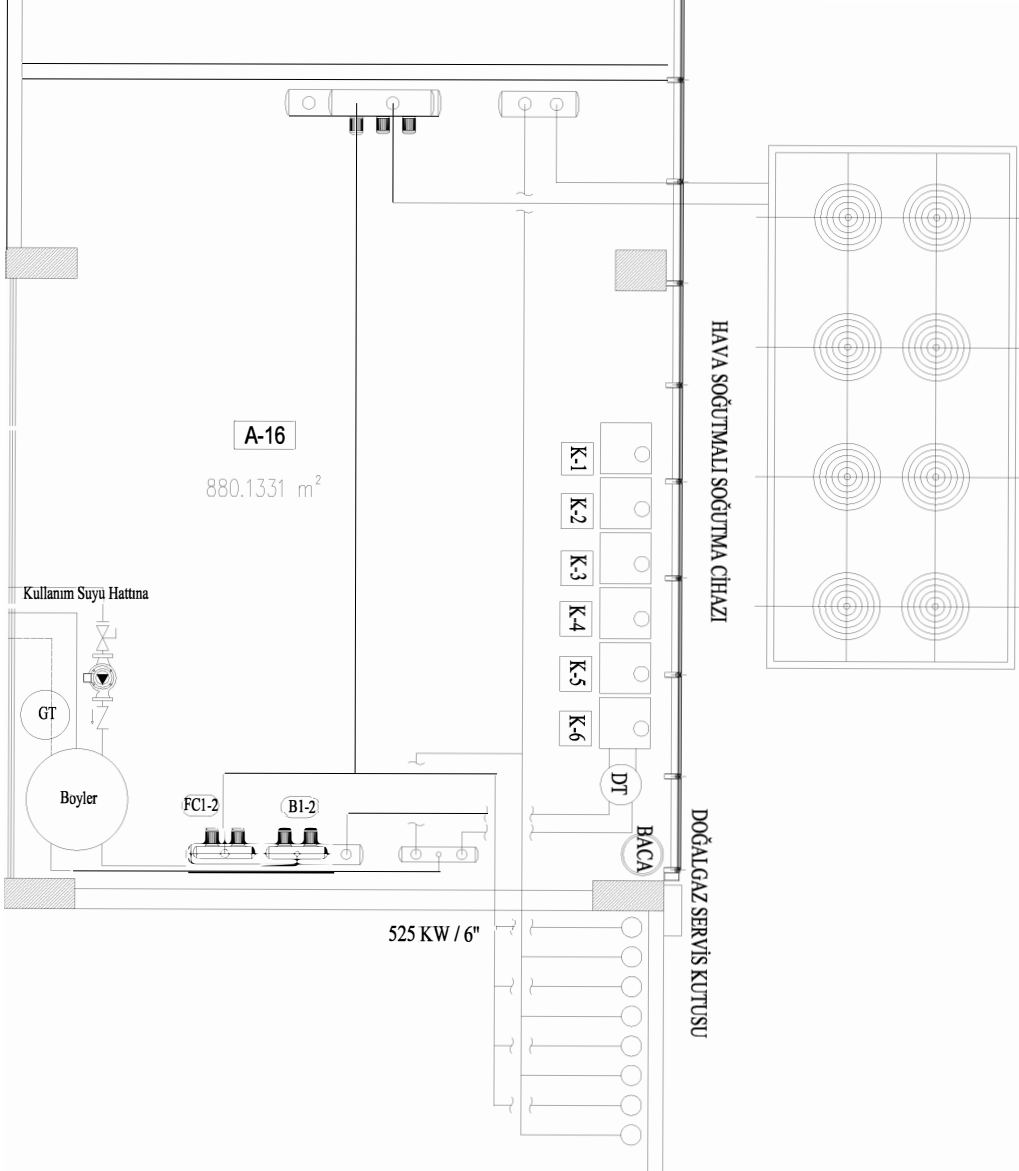


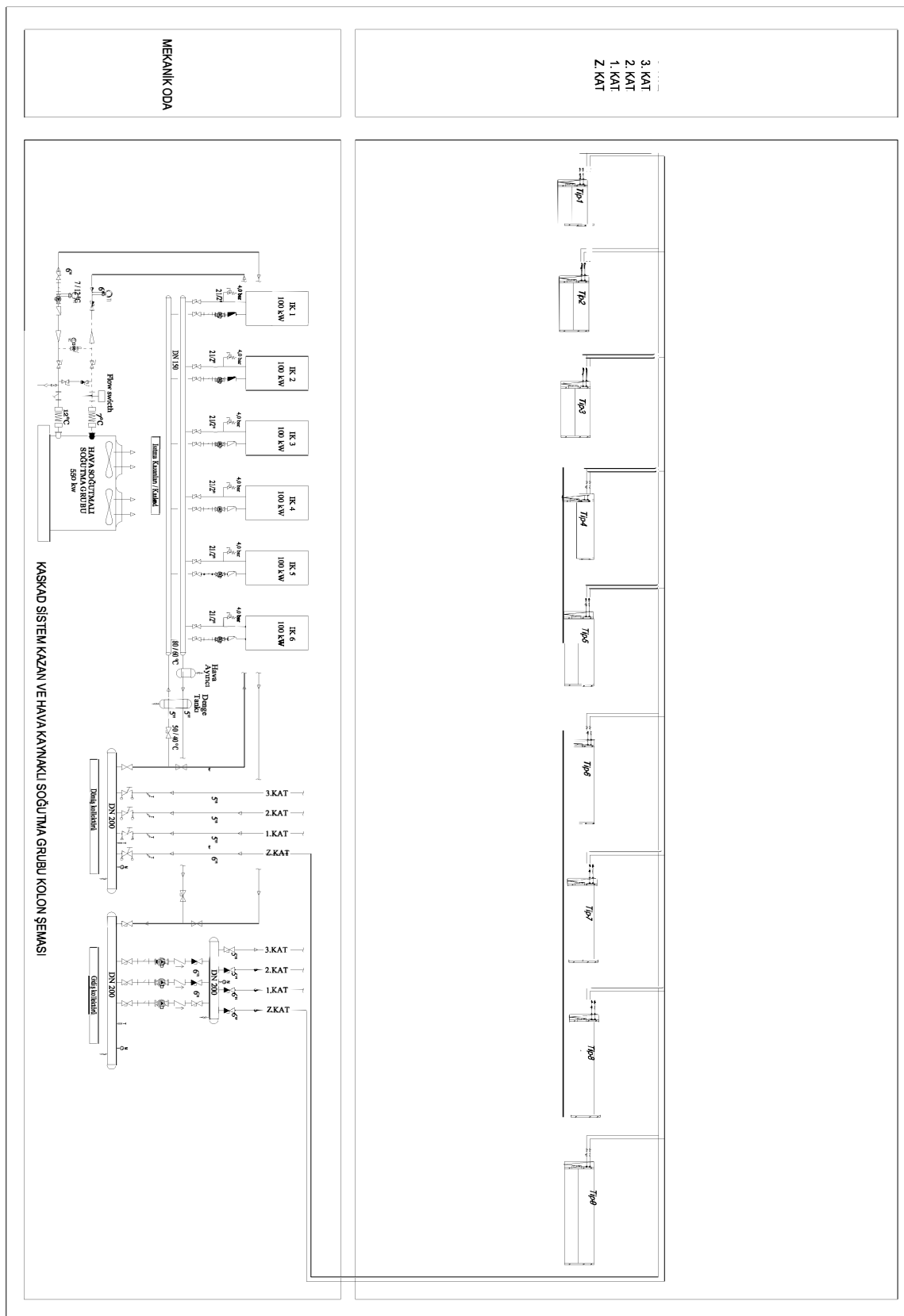


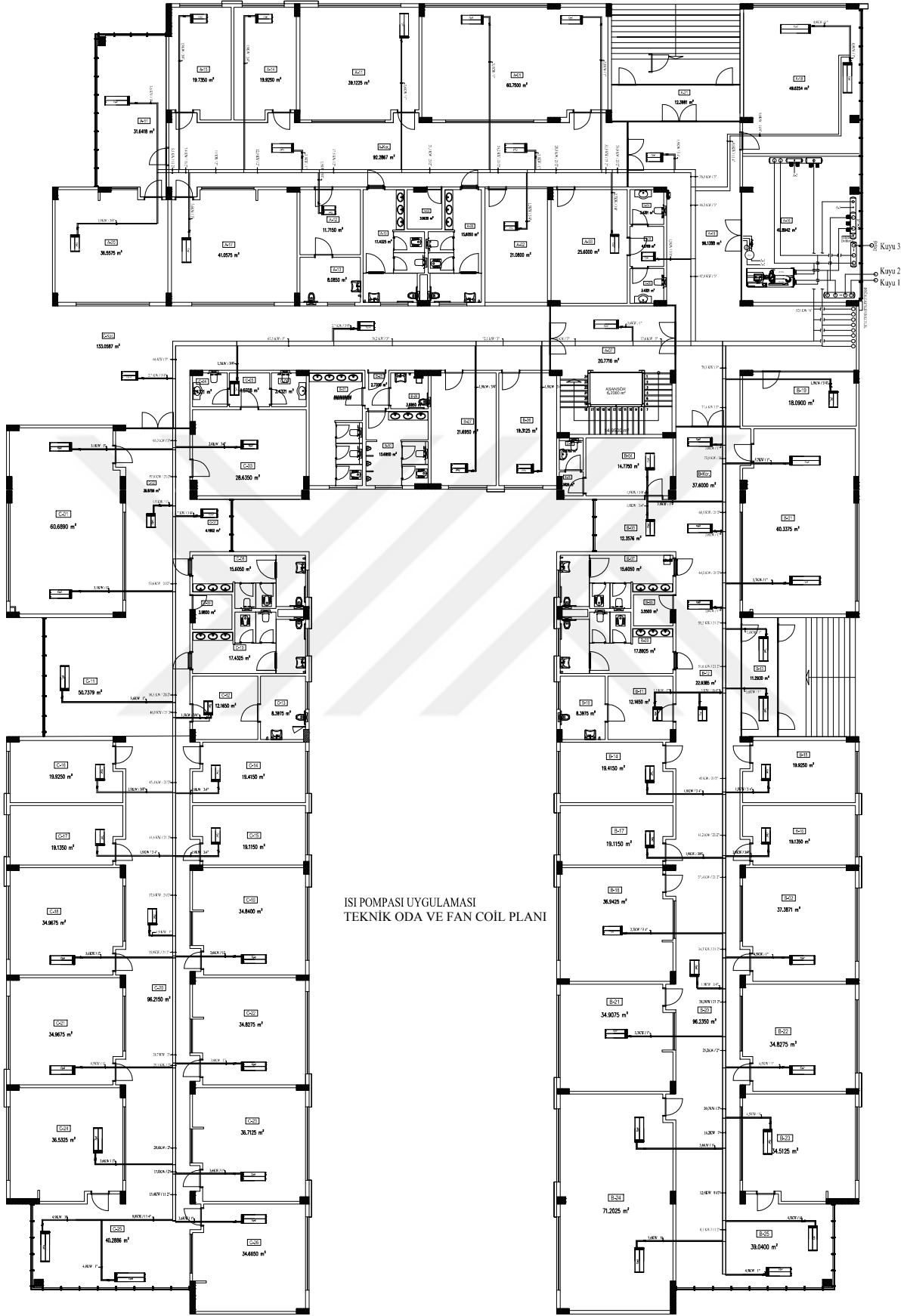
1.2. KAT  
Ölçeksiz



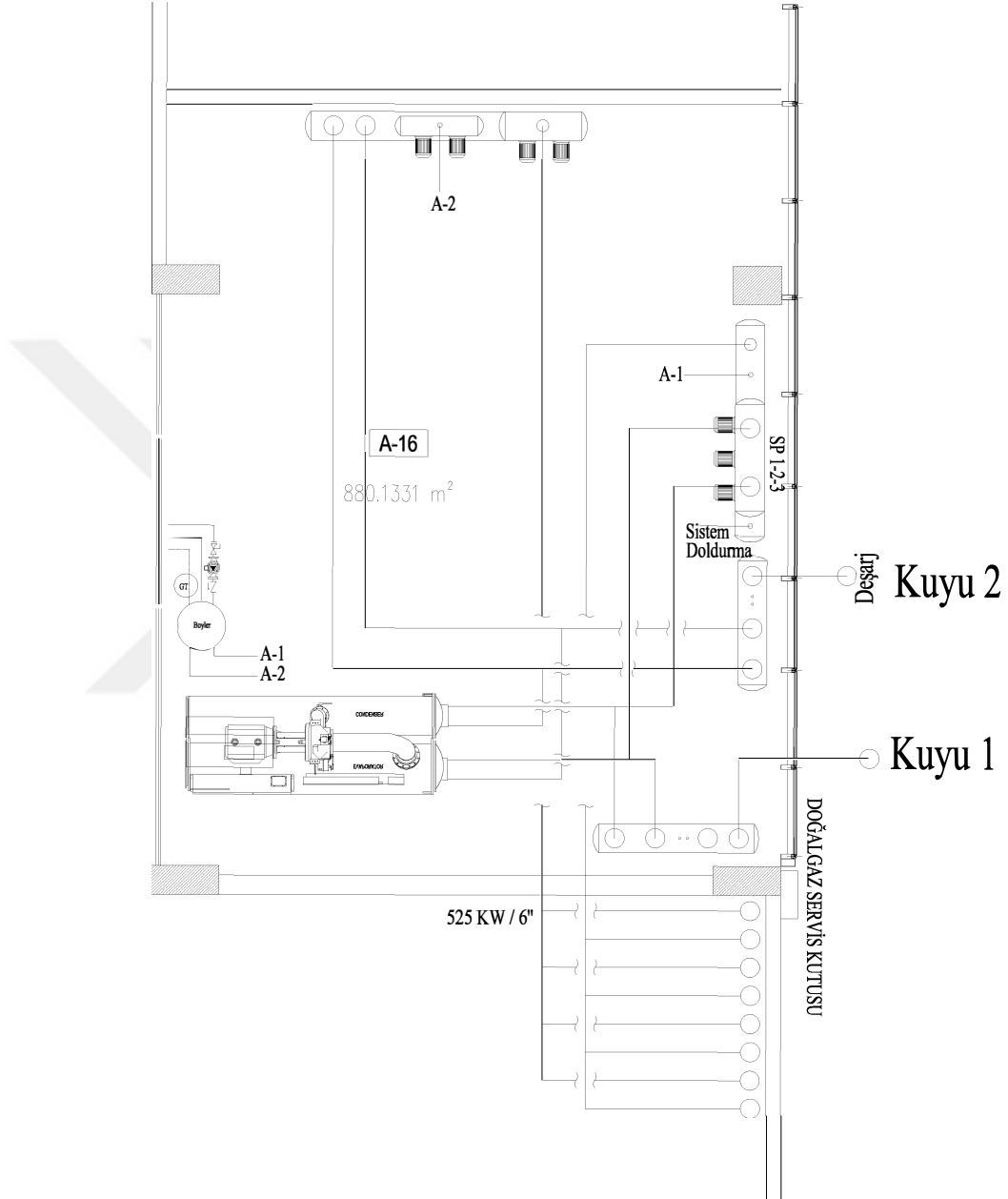




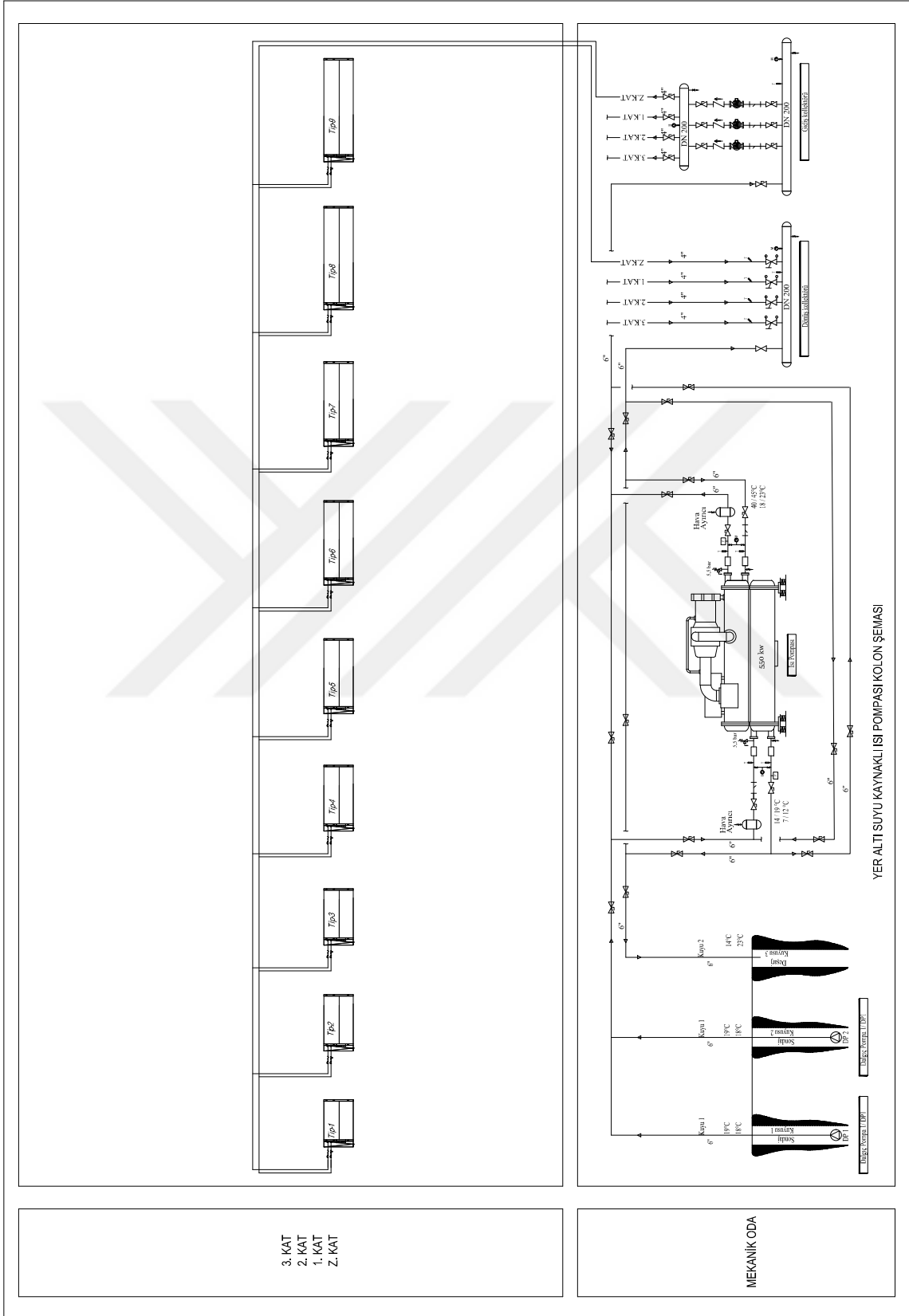




ZEMİN KAT  
Ölçeksiz



ISI POMPASI MEKANİK ODA DETAYI





## ÖZGEÇMİŞ

### **Ufuk Emre ŞEKER**

1987 yılında Kayseri'nin Yahyalı ilçesinde doğdu. İlköğretim ve lise öğrenimini Yahyalı' da tamamladı. 2008 yılında Çukurova Üniversitesi Adana Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme ve Soğutma bölümünden Okul Birincisi olarak mezun oldu. 2013 yılında Bayburt Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü Enerji Bilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Bir kamu kurumunda proje tasarımcısı ve kontrolörü olarak çalışmaktadır.