

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**GÜNEŞ ENERJİ DESTEKLİ ISI POMPASININ BİR VİLLA
PROJESİNE UYGULANMASI VE TERMOEKONOMİK ANALİZİ**

Nihal KARABULUT

Yüksek Lisans Tezi

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Makina Mühendisliği Teknolojileri Programı
Termodinamik ve Isı Tekniği Bilim Dalı

TEMMUZ 2024

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı
Makina Mühendisliği Teknolojileri Programı

Yüksek Lisans Tezi

**GÜNEŞ ENERJİ DESTEKLİ ISI POMPASININ BİR VILLA
PROJESİNE UYGULANMASI VE TERMOEKONOMİK ANALİZİ**

Tez Yazarı

Nihal KARABULUT

Danışman

Prof. Dr. Vedat SAVAŞ

TEMMUZ 2024

ELAZIĞ

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı
Makina Mühendisliği Teknolojileri Programı

Yüksek Lisans Tezi

Başlığı: Güneş Enerji Destekli Isı Pompasının Bir Villa Projesine Uygulanması ve Termoeconomik Analizi

Yazarı: Nihal KARABULUT

İlk Teslim Tarihi: 12.06.2024

Savunma Tarihi: 12.07.2024

TEZ ONAYI

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına göre hazırlanan bu tez aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilmiş ve akademik dinleyicilere açık yapılan savunma sonucunda OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Danışman:	Prof. Dr. Vedat SAVAŞ Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi	<i>İmza</i> Onayladım
Başkan:	Doç. Dr. Filiz ÖZGEN Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi	Onayladım
Üye:	Doç. Dr. Ömer Faruk CAN Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi	Onayladım

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun/...../20..... tarihli toplantısında tescillenmiştir.

İmza

Prof. Dr. Burhan ERGEN
Enstitü Müdürü

BEYAN

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım “Güneş Enerji Destekli Isı Pompasının Bir Villa Projesine Uygulanması ve Termoeconomik Analizi ” Başlıklı Yüksek Lisans Tezimin içindeki bütün bilgilerin doğru olduğunu, bilgilerin üretilmesi ve sunulmasında bilimsel etik kurallarına uygun davrandığımı, kullandığım bütün kaynakları atf yaparak belirttiğimi, maddi ve manevi desteği olan tüm kurum/kuruluş ve kişileri belirttiğimi, burada sunduğum veri ve bilgileri unvan almak amacıyla daha önce hiçbir şekilde kullanmadığımı beyan ederim.

12.07.2024

Nihal KARABULUT



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca beni yönlendiren, yetiştiren ve yaşadığım zorlu süreçlerde hep yanımda olan, tezimin planlanıp yürütülmesinde üstün bir hassasiyet, titizlik, sabır ve özveriyle desteklerini esirgemeyen kıymetli danışmanım Prof. Dr. Vedat SAVAŞ' a ve çalışmanın gerçekleştirilmesine katkı sağlayan ve desteklerini esirgemeyen DAIKIN firmasına teşekkürlerimi sunarım.

Nihal KARABULUT

ELAZIĞ, 2024



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÖZET	viii
ABSTRACT	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
TABLolar LİSTESİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Araştırması.....	2
2. KURAMSAL TEMELLER.....	5
2.1. Isı Pompasının Tarihsel Gelişimi.....	5
2.2. Isı Pompasının Gelişimi.....	5
2.3. Termodinamik Açından Isı Pompaları.....	6
2.3.1. Ters Carnot Çevrimi.....	6
2.4. Isı Pompası	8
2.4.1. Heat Pump (Isı Pompası) Teknolojisinin Temel Kavramları	9
2.4.2. COP (Energy Efficiency Ratio) veya Isıtma Etkinlik Katsayısı.....	9
2.4.3. SPF (Sezonsal Performans Faktörü) veya Isı pompası Sisteminin Performans Faktörü	9
2.4.4. EER (Energy Efficiency Ratio)	9
2.5. Isı Pompalarının Çalışma Prensipleri.....	10
2.6. Isı Pompası Çeşitleri.....	11
2.6.1. Hava Kaynaklı Isı Pompası	12
2.6.2. Su Kaynaklı Isı Pompası	13
2.6.3. Toprak Kaynaklı Isı Pompası	15
2.7. Isı Pompası Sistemlerine Göre Sınıflandırma.....	18
2.7.1. Birincil Isı Pompaları	18
2.7.2. İkincil Isı Pompaları	18
2.7.3. Üçüncül Isı Pompaları	18
2.8. Proses Türüne Göre Sınıflandırma	18
2.8.1. Kompresörlü Isı Pompaları	18
2.8.2. Absorbsiyonlu Isı Pompaları	19
2.8.3. Buhar-jet Isı Pompaları	20
2.9. Isı Pompası Hesaplarında Kullanılan Bağlılıklar	20
2.10. Isı Pompası Seçim Kriterleri.....	21
2.11. Isı Pompası Sistemlerinde Kullanılan Ekipmanlar	22
2.11.1. Kompresörler.....	22
2.11.2. Pistonlu Kompresörler.....	22
2.11.3. Scroll kompresörler	22
2.11.4. Vidalı kompresörler.....	22
2.11.5. Rotorlu Kompresörler	23
2.11.6. Santrifüj Kompresörler.....	23
2.12. Tahrik Mekanizmasına Göre Kompresörlerin Sınıflandırılması	23

2.12.1. Hermetik kompresörler	23
2.12.2. Yarı hermetik kompresörler	23
2.12.3. Açık tip kompresörler.....	24
2.12.4. Yoğuşturucular (Kondenserler).....	24
2.12.5. Hava soğutmalı yoğuşturucular.....	24
2.12.6. Su soğutmalı yoğuşturucular.....	24
2.12.7. Evaporatif yoğuşturucular	25
2.13. Isı Pompalarında Kullanılan Malzemeler	25
2.13.1. Genleşme valfi	25
2.13.2. Kılcal borular	25
2.13.3. Otomatik genleşme valfi	25
2.13.4. Termostatik genleşme valfi	25
2.13.5. Termoelektrik genleşme valfi.....	26
2.13.6. Elektronik genleşme valfi.....	26
2.13.7. Şamandıralı genleşme valfi	26
2.13.8. Buharlaştırıcılar (Evaporatörler)	26
2.14. Isı Pompası Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar	27
2.14.1. R134a	28
2.14.2. R407C	28
2.14.3. R410A	28
2.15. Isı Pompası Avantajları	29
2.16. Isı Pompası Dezavantajları	29
2.17. Güneş Enerji Destekli Isı Pompası	31
2.18. Güneş Enerjisi	32
2.19. Enerji Kaynakları ve Sınıflandırılması	34
2.20. Güneş Enerjisi Potansiyelimiz.....	34
2.21. Türkiye'nin Güneş Enerji Potansiyel Haritası	35
2.22. Güneş Enerjisinin Faydaları	36
2.23. Güneş Enerjisinin Zararları	37
2.24. Çatı ve Cephe Uygulamalı Güneş Enerjisi Yatırımları.....	40
2.25. Isıl Güneş Enerji Sistemleri.....	41
2.25.1. Düşük Sıcaklık Uygulamaları	41
2.25.2. Yoğunlaştırıcı Isıl Sistemler.....	41
2.25.3. Fotovoltaik Güneş Teknolojileri	42
2.25.4. Fotovoltaik (PV) Teknolojisi.....	45
2.26. Neden Kendi Elektrikimizi Kendimiz Üretmek İstiyoruz?.....	48
2.27. Güneş Panelleri Uygulama Alanları	49
2.27.1. Arazide Sabit Masalı GES Uygulamaları.....	49
2.27.2. Arazide Hareketli GES Uygulamaları.....	49
2.27.3. Endüstriyel Çatı Uygulamaları.....	50
2.27.4. Kanopi Uygulamaları	50
2.27.5. BIPV (Binaya Entegre Fotovoltaik) Uygulaması.....	50
2.27.6. Yüzer GES Uygulamaları.....	51
2.27.7. Otopark Uygulamaları.....	52
2.27.8. Konut Çatıları Uygulamaları	52
2.27.9. Sera Uygulamaları.....	53
3. MATERYAL VE YÖNTEM	54

3.1. Villanın Yapı Bileşen Özelliklerinin Tanımlanması.....	58
3.2. Villada Bulunan Mahallerin Isı Kaybı Hesabı.....	60
3.3. Villanın Isıtma Yüğü Hesaplamaları	66
3.4. Isı Pompasıyla Yerden Isıtma Sistemi	66
3.5. PV (Fotovoltaik) Tasarımı İçin Gerekli Tüketim Değerleri	68
4. SONUÇ VE TARTIŞMA	69
4.1. Villada İncelenen Isıtma Sistemleri.....	69
4.2. Villanın Isıtma Yüğü.....	71
4.3. Doğalgazlı Yerden Isıtma Sistemi	71
4.4. Veri Dayanakları ve Hesaplama Yöntemi	72
4.5. Konut Tüketicileri İçin Yıllık Yakıt Maliyet Analizi	72
4.6. Bir Kullanıcı İçin Yıllık Doğal Gaz Maliyeti	73
4.7. PV (Fotovoltaik) Sistemi	75
4.8. Simülasyon Sonuçları	77
KAYNAKLAR	81
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Güneş Enerji Destekli Isı Pompasının Bir Villa Projesine Uygulanması ve Termoekonomik Analizi

Nihal KARABULUT

Yüksek Lisans Tezi

FIRAT ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı
Makina Mühendisliği Teknolojileri Programı
Temmuz 2024, Sayfa: xvi + 82

Güneş enerjisi geçmişte olduğu kadar günümüzde de önemli bir yere sahiptir. Ülke olarak enerji alanında sürdürülebilir politikalar geliştirmek ve bu politikaları sürdürmek için fosil yakıt tüketimini azaltmak ve aynı zamanda enerji verimliliği faaliyetlerini yaygınlaştırmak, konutlarda yeşil bina tasarımlarının hayata geçirilmesi gerekmektedir. Mahal ısıtma ve soğutmaları için geçmişten günümüze birçok farklı sistem kullanılmıştır. Günümüzde iklim değişikliği sebebi ile emisyonu az ısıtma ve soğutma sistemlerinin arayışları her geçen gün artmaktadır. Artık konutlarda ısıtma ve soğutma ihtiyacı yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılanmaktadır. Isı pompası teknolojisindeki gelişmeler ve avantajları göz önüne alırsak ısı pompası sistemlerinin daha çok tercih edilme sebebi olduğunu görürüz. Bu çalışmamda, Batman ilinde bulunan iki katlı bir villanın PV (Fotovoltaik) panel entegreli ısı pompası ile yerden ısıtılması incelenerek, doğalgaz ile yerden ısıtma yapılarak ısıtılmasının tercih edilmesi durumunda performans ve emisyon değerlendirmelerindeki değişimler karşılaştırılmıştır. Batman ili iklim şartlarında bulunan bir villada güneş enerji destekli ısı pompası kullanılarak ısıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyu ihtiyacı karşılanmıştır. Bu çalışmamda; gerekli ısı kaybı hesabı, soğutma hesabı ve boyler kapasite hesabı için Daikin firmasının geliştirdiği Heating Solutions Navigator programı ile villada kullanılan yapı bileşenlerinin değerleri girilerek ısı kaybı hesabı, soğutma yükü hesabı ve boyler kapasite hesabı yapılmıştır. Doğalgaz ile yapılan hesaplamalarda ise; ısı kaybı baz alınarak villada yapılan yerden ısıtma ve gerekli kapasite ihtiyacı için doğalgazlı kombi seçimi yapılmıştır. Yapılan seçim sonucunda performans ve emisyon değerlendirmelerindeki değişimler ısı pompası ile karşılaştırılmıştır. PV (Fotovoltaik) panel tasarım ve hesabı için ise PVsyst programı kullanılmıştır. Bu program sayesinde ise gerekli çatı alanı ve villada kullanılan günlük elektrik tüketimi göz önüne alınarak panel ebatlarına göre çatıya panel yerleşimi tasarlanmıştır. Villanın fosil yakıt tüketiminin azaltılması ve villada yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı göz önünde bulundurulmuştur. Yapılan tasarımda ısı pompası sisteminin evaporatör ve kondenser sıcaklıkları sırasıyla -25°C ve 55°C olarak seçilmiş, sistemde R32 soğutucu akışkan kullanılmış ve ısı pompasının SCOP (Seasonal Coefficient of Performance) değeri 3,76 olarak hesaplanmıştır. Isıtma ve soğutma sezonu boyunca ısı pompası sistemine entegre edilen 83 adet güneş panelleriyle elektrik ve doğalgaz faturası ödemediği ısıtma ve soğutma ihtiyacı çözülmüş oldu.

Villanın ısıtma sezonu olarak Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Ekim, Kasım, Aralık ayları seçilmiş olup sıcak su elde etmek ve ısıtma ihtiyacını sağlayabilmek için gereken enerji 8281,3 kwh olarak bulunmuş, çatıya kurulmuş olan 83 adet güneş paneli ile doğalgazdan tasarruf edilmiştir. PV (Fotovoltaik) paneller sayesinde ısıtma sezonunda yılda ortalama 7532,86 TL tasarruf sağlandığı bulunmuştur. Tasarlanan sistem sayesinde yıllık CO₂ emisyonu 801 kg azalmış olup ısıtma ve soğutmaya tamamiyle yenilenebilir enerji ile çözülmüş olduk. Isı pompalı yerden ısıtmalı sistemin ilk yatırım maliyetindeki yüksek olmasına rağmen fiyat

farkının işletme maliyetindeki azalmadan karşılanabileceği görülmektedir. Sonuç olarak ısı pompalarının yatırım maliyetleri doğalgaza kıyasla yüksek olmasına rağmen, temiz ve güvenilir olmaları, özellikle yerden ısıtma ile avantajlı bir ısıtma sistem olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, Güneş paneli, Hava kaynaklı ısı pompası, Enerji verimliliği, Yerden ısıtma, CO₂ emisyonu



ABSTRACT

Title of Thesis Start with Capital of each Word then Continue with Small Letters

Nihal KARABULUT

Master's Thesis

FIRAT UNIVERSITY

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Mechanical Engineering Technologies

July 2024, Pages: xvi + 82

Solar energy has an important place today as it did in the past. As a country, it is necessary to develop sustainable policies in the field of energy and to maintain these policies, to reduce fossil fuel consumption and at the same time to popularize energy efficiency activities, and to implement green building designs in residences. Many different systems have been used for space heating and cooling from past to present. Today, emissions due to climate change The search for less heating and cooling systems is increasing day by day. The heating and cooling needs in residences are now met by renewable energy sources. If we consider the developments and advantages in heat pump technology, we see that heat pump systems are more preferred. In this study, the under floor heating of a two-storey villa located in Batman province with a PV (Fotovoltaik) panel integrated heat pump was examined and the changes in performance and emission evaluations were compared if heating with under floor heating with natural gas was preferred. Heating using a solar energy supported heat pump in a villa located in the climatic conditions of Batman province. Cooling and domestic hot water needs were met. In this study; For there quired heat loss calculation, cooling calculation and boiler capacity calculation, heat loss calculation, cooling load calculation and boiler capacity calculation were made by entering the values of the building components used in the villa with the Heating Solutions Navigator program developed by Daikin company. In calculations made with natural gas; Based on heat loss, a natural gas combi boiler was chosen for the under floor heating and required capacity needs in the villa. As a result of the selection, the changes in performance and emission evaluations were compared with the heat pump. PV syst program was used for PV (Fotovoltaik) panel design and calculation. Thanks to this program, panel placement on the roof was designed according to panel sizes, taking into account the required roof area and Daily electricity consumption in the villa. Reducing the fossil fuel consumption of the villa and the use of renewable energy sources in the villa were taken into consideration. In the design, the evaporator and condenser temperatures of the heat pump system were selected as -25°C and 55°C , respectively, R32 refrigerant was used in the system and the SCOP (Seasonal Coefficient of Performance) value of the heat pump was 3.76. has been calculated. With 83 solar panels integrated into the heat pump system through out the heating and cooling season, the need for heating and cooling was solved without paying electricity and natural gas bills.

The months of January, February, March, April, October, November and December were chosen as the heating season of the villa, and the energy required to obtain hot water and meet the heating needs was found to be 8281.3 kWh, and natural gas was saved with 83 solar panels installed on the roof. Thanks to PV (Fotovoltaik) panels, it was found that an average of 7532,86 TL was saved annually during the heating season. Thanks to the designed system, annual CO₂ emissions have been reduced by 801 kg and we have solved heating and cooling entirely with renewable energy. Although the initial investment cost of the heat

pump under floor heating system is high, it is seen that the price difference can be covered by the decrease in operating costs. As a result, although the investment costs of heat pumps are higher compared to natural gas, they are clean and reliable and appear to be an advantageous heating system, especially with under floorheating.

Keywords: Renewable energy, Solar panel, Air source heat pump, Energy efficiency, Floor heating, CO₂ emission



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1.	Hal Çevrimi 7
Şekil 2.2.	Ters Carnot Çevrimin T-S Diyagramı ve Akış Şeması (Çengel ve Boles,2008). 7
Şekil 2.3.	Bir Villada Isı Pompası Gösterimi (Daikin Isı pompası Kataloğu,2022)..... 8
Şekil 2.4.	Isı Pompaları Çalışma Prensibi (Anonim ,2021) 10
Şekil 2.5.	Isı pompası çeşitleri 11
Şekil 2.6.	Kaynaklarına göre ısı pompası çeşitleri 11
Şekil 2.7.	Isı pompası verimlilik gösterimi 12
Şekil 2.8.	Hava kaynaklı ısı pompası gösterimi (Teorik bir villa çalışması)..... 13
Şekil 2.9.	Su kaynaklı ısı pompası gösterimi (Teorik bir villa çalışması)..... 14
Şekil 2.10.	Su kaynaklı ısı pompası için deniz suyu sıcaklıkları 14
Şekil 2.11.	Toprak kaynaklı ısı pompasının yüzey sıcaklığı ve derinlik değişimi 15
Şekil 2.12.	Yatay ve dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası gösterimi (Teorik bir villa çalışması)..... 16
Şekil 2.13.	Yatay tip toprak kaynaklı ısı pompasının uzunluğa bağlı boru çapları 17
Şekil 2.14.	Kompresörlü Isı Pompaları 19
Şekil 2.15.	Absorbsiyonlu Isı Pompası 19
Şekil 2.16.	Buhar Jet Isı Pompaları 20
Şekil 2.17.	Isı pompalarında kullanılan ısı kaynaklarının sıcaklık aralıkları 20
Şekil 2.18.	Soğutucu akışkan karşılaştırılması. Artık ısı pompalarında yeni nesil soğutucu akışkan olan R32 gaz kullanılmaya başlanmıştır. 29
Şekil 2.19.	2021 yılında Avrupa'daki ısı pompası adetleri (DAIKIN 2021) 30
Şekil 2.20.	2021 yılı Türkiye'deki ısı pompası adetleri (DAIKIN ,2021) 30
Şekil 2.21.	Sera gazı emisyon değerlerini azaltma planı (ISKID 2021) 31
Şekil 2.22.	Avrupa ısı pompası teşvikleri (ISKID) 31
Şekil 2.23.	Monoblok ısı pompasının örnek bir villada gösterimi (Teorik bir villa çalışması)..... 32
Şekil 2.24.	İnsanlar Tarafından Kullanılan Yıllık Küresel Enerji Tüketimi 33
Şekil 2.25.	Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması 34
Şekil 2.26.	Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) (YEGM, 2020) 35
Şekil 2.27.	Türkiye Global Radyasyon Değerleri (kWh/m ² - gün) (Ay İçerisindeki Bir Günlük Toplam Güneş Radyasyonu) (YEGM, 2020)..... 35
Şekil 2.28.	Türkiye Güneşlenme Süreleri (Saat) (Ay İçerisindeki Bir Günlük Toplam Güneşlenme Süresi) (YEGM, 2020)..... 36
Şekil 2.29.	Batman İline Ait Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası 37

Şekil 2.30.	Batman İli Global Radyasyon Değerleri (KWh/m ² -gün)	38
Şekil 2.31.	Batman İli Güneşlenme Süreleri (Saat) (Ay İçerisindeki Bir Günlük Toplam Güneşlenme Süresi).....	38
Şekil 2.32.	Batman İli PV (Fotovoltaik) Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (KWh-Yıl).....	39
Şekil 2.33.	Türkiye'deki Güneş Enerjisine Bağlı Kurulu Gücümüz(TC Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı)	39
Şekil 2.34.	Türkiye'deki Güneş Enerjisine Bağlı Kurulu Gücümüz(TC Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı)	40
Şekil 2.35.	Ülkemizde Ges için değerlendirilebilecek çatı alanları.....	40
Şekil 2.36.	Kurulu güç raporuna göre 2022 Ağustos ayı kurulu güç tablosu (GENSED 2022).....	44
Şekil 2.37.	Türkiye'nin Kaynaklara ve Kuruluşlara Göre Kurulu Güç Dağılımı(TEİAŞ).....	44
Şekil 2.38.	Örnek bir villada PV (Fotovoltaik) gösterimi (Teorik bir villa çalışması).....	45
Şekil 2.39.	PV (Fotovoltaik) sistemi Çalışması	46
Şekil 2.40.	PV (Fotovoltaik) çalışma prensibi	46
Şekil 2.41.	PV (Fotovoltaik) sistemlerinin kullanım alanları.....	47
Şekil 2.42.	PV (Fotovoltaik) Çatı montaj Gösterimi.....	47
Şekil 2.43.	Pv (Fotovoltaik) Ekipmanları	47
Şekil 2.44.	İdeal sistem	48
Şekil 2.45.	Arazide sabit masalı Ges uygulama örneği.....	49
Şekil 2.46.	Arazide Hareketli GES Uygulama Örneği.....	49
Şekil 2.47.	Endüstriyel Çatı Uygulama Örneği.....	50
Şekil 2.48.	Kanopi GES uygulama örneği	50
Şekil 2.49.	BIPV (Binaya Entegre Fotovoltaik) GES Uygulama Örneği.....	51
Şekil 2.50.	Yüzer GES Uygulama Örneği	51
Şekil 2.51.	Otopark GES Uygulama Örneği	52
Şekil 2.52.	Konut Çatı GES Örneği	52
Şekil 2.53.	Sera GES Uygulama Örneği	53
Şekil 3.1.	Batman iline ait iklim verileri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2023)	55
Şekil 3.2.	Villanın mimari planı zemin kat	56
Şekil 3.3.	Villanın mimari planı 1. kat.....	57
Şekil 3.4.	Villanın mimari planı çatı katı	58
Şekil 3.5.	Zemin Kat Mutfak +Oturma Bölümü Isı Kaybı.....	60
Şekil 3.6.	Zemin Kat Salon Bölümü Isı Kaybı.....	61
Şekil 3.7.	Zemin Kat Misafir Yatak Odası Bölümü Isı Kaybı	62

Şekil 3.8.	1. Kat Ebeveyn Yatak Odası Bölümü Isı Kaybı	63
Şekil 3.9.	1. Kat Yatak Odası 1 Isı Kaybı	64
Şekil 3.10.	1. Kat Yatak Odası 2 Isı Kaybı	65
Şekil 3.11.	1. Kat Yatak Odası 3 Isı Kaybı	65
Şekil 3.12.	Villanın Isıtma Yükleri	66
Şekil 3.13.	Sistem İçin Isıtma ve Soğutma Kapasitesi	66
Şekil 3.14.	Kaynak Başına Isıtma Termal Çıkışı	67
Şekil 3.15.	Isı Pompası Uygulama Şeması.....	68
Şekil 3.16.	Villada Bulunan Cihazların Güçleri.....	68
Şekil 4.1.	Seçilen Isı Pompası Verimlilik Değeri.....	69
Şekil 4.2.	Isı Pompalı Yerden Isıtma Sistemi ve Fancoil Tesisat Şeması	69
Şekil 4.3.	Farklı Isıtma Sistemleri Kullanılması Durumunda Yıllık CO ₂ Emisyonu	70
Şekil 4.4.	Isı Pompalı Yerden Isıtma Sisteminin Sonuçları	70
Şekil 4.5.	Villanın Isıtma Yükü Hesabı	71
Şekil 4.6.	Seçilen Kombin Teknik Verileri.....	72
Şekil 4.7.	Yıllık Isı Pompalı Yerden Isıtma Sisteminin Doğalgazlı Sistem ile İşletme Maliyetleri Karşılaştırılması	73
Şekil 4.8.	Yerden Isıtma Zemin Kat Uygulaması	74
Şekil 4.9.	Yerden Isıtma 1. Kat Uygulaması.....	75
Şekil 4.10.	Villa Çatısına Konulan PV (Fotovoltaik) Panellerin Tasarımı	75
Şekil 4.11.	Seçilen Panelin Elektriksel Özellikleri	77
Şekil 4.12.	Seçilen Panelin Mekanik Özellikleri.....	77

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Isı pompaları enerji değer gösterimleri	9
Tablo 3.1. PV (Fotovoltaik) Sistem Verileri	76
Tablo 3.2. PV (Fotovoltaik) Model ve Çatı Alanı.....	76
Tablo 3.3. İntvertör Seçimi	76
Tablo 3.4. PVsyst Simülasyon Sonuçları	77
Tablo 3.5. Sistem Tasarımı Malzeme Listesi.....	78



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	: Santigrat derece
Cm	: Santimetre
Cos	: Kosinus
I	: Akım
İnch	: inç
M	: Metre
Q _{evop}	: Evaporatör kapasitesi
Q _H	: Ortama verilen ısı
Q _{kon}	: Kondenser kapasitesi
Q _L	: Ortamdan çekilen ısı
R	: Yapı bileşenlerinin ısıl geçirgenlik direnci
R _e	: Dış yüzeyin yüzeysel ısıl iletim direnci
R _i	: Yüzeysel ısıl iletim direnci
T _H	: Hava sıcaklığı
T _L	: Ortamın düşürüldüğü sıcaklık
U	: Yapı bileşenlerinin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı
V	: Gerilim
W _{komp}	: Kompresör gücü

Kısaltmalar

AC	: Alternatif Akım
ASHRAE	: American Society of Heating Refrigerating and Air
BOTAŞ	: Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.Ş.
CO ₂	: Karbondioksit
COP	: Isıtma Etki Katsayısı (Coefficient of Performance)
DC	: Doğru Akım
EER	: Enerji Verimlilik Oranı (Energy Efficiency Ratio)
GAZBİR	: Türkiye Doğal Gaz Dağıtıcıları Birliği
GENSED	: Güneş Enerjisi Sanayicileri ve Endüstrisi Derneği
GEPA	: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
GES	: Güneş Enerji Sistemi
GW	: Gigawatt
GWP	: Global Warming Potential
HUAC	: Heating Ventilating and Air Conditioning
ISKID	: İklimlendirme Soğutma Klima İmatlatıcıları Derneği
KDV	: Katma Değer Vergisi
Kw	: Kilowatt
Kwh	: Kilowatt saat
LPG	: Likit Petrol Gazı
MW	: Megawatt
ÖTV	: Özel Tüketim Vergisi
PV	: Fotovoltaik
SCOP	: Mevsimsel Etki Katsayısı (Seasonal Coefficient of Performance)
SKB	: Serbest Tüketici Elektrik Üretim Amacı Dışındaki
SPF	: Sezonsal Performans Faktörü
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TL	: Türk Lirası
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
W	: watt
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler ile ekonomik gelişmelerin artışı ile günümüzde yaşam standartları oldukça yükselmiştir. Bu yaşam standartlarının artışı ile yükselen insan nüfusu enerji ihtiyacında da artışa neden olmuştur. Yüzyıllardır kullanılmakta olan fosil yakıtların gelecek dönemlerde tükenecek duruma gelme olasılığı günümüzde yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına olan ihtiyacı göz önüne sermektedir. Bu doğrultuda fosil yakıtlara alternatif olabilecek en verimli yenilenebilir enerji kaynağı olarak Güneş enerjisi görülmektedir. Güneş enerjisinin ucuz ve yüksek potansiyelli olmasının dışında çevresel zarar oluşturmaması da ön plana çıkmasına neden olmaktadır. Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinin kullanımı ile ilgili ciddi bir potansiyele sahiptir. Coğrafi konumu gereği bu enerjiden faydalanabilmekte olup bu açıdan önemli bir konumda yer almaktadır. Türkiye’de güneşlenme süresi yıllık olarak 2741 saat olup Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın 2022 yılındaki çalışması ile bu güneşlenme süresinde 6 GW enerji üretimi bulunduğu belirtilmiştir. Elde edilmiş olan bu veriler önemli derecede güneş enerjisi üretebilme potansiyeli olan bir ülkenin bu enerjiyi verimli bir şekilde kullanılmadığını ortaya koymaktadır. Türkiye’nin doğalgaz ve petrol rezervlerinin oldukça az olması ve güneş enerjisi potansiyelinin de yüksek olması bu alanda çalışmalar yapılması gerektiğini göstermektedir.

Dünya üzerinde iklim değişikliği sorununun da ön plana çıkması ile birçok ülke karbon emisyonunun azaltılmasına ilişkin çalışmalar başlatmıştır. Bu yönde atılan en ciddi adım ise 197 ülkenin bir araya gelerek Paris İklim Antlaşması’nı imzalaması olmuştur. Yapılan antlaşma neticesinde katılımcı ülkeler sera gazı emisyonunu azaltacak yönde politikalar üretmeye başlamışlardır.

Isıtma sektörü anlamında bakıldığında ise Avrupa Birliği’ne üye olan ülkelerin enerji ihtiyaçlarının yarısının enerji ihtiyacının yaklaşık %75’i fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtların tüketiminin azaltılması global anlamda karbon emisyonunun azaltılması açısından oldukça önemli bir adımdır. Burada önemli bir ihtiyaç olan enerji tüketiminin miktarı, ülkeler arasında ekonomik ve teknolojik açıdan gelişme düzeyini ortaya koyan önemli bir parametredir. Türkiye fosil yakıt rezervleri açısından oldukça zayıf olduğundan dolayı enerji ihtiyacının farklı kaynaklardan edinilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir. Türkiye’nin stratejik ve ekonomik açıdan dışa olan bağımlılığının azaltılması için fosil yakıtlara olan bağımlılığın da azaltılması gerekmektedir. Bu nedenle güneş, jeotermal, hidrolik, biokütle, rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gerekmektedir. Bu yenilenebilir enerji kaynaklarının başında temiz, ucuz ve çevreye yararlı olan güneş enerjisinin geldiğini söylenebilir. Güneşlenme süresi ile ışınım şiddeti ölçümleri de göz önünde bulundurulduğunda Türkiye bu anlamda yüksek bir potansiyele sahiptir. Bu nedenle güneş enerjisinin kullanımı ile dışa bağımlılık azalacağı gibi ülkeler arasındaki rekabet gücü de artacaktır.

1.1. Literatür Araştırması

Günümüzde, güneş enerjisi kullanımına yönelik çeşitli teknolojiler arasında, fotovoltaik/termal güneş destekli ısı pompası sistemi önemli bir araştırma alanı olarak değerlendirilebilir. Bu sistem, fotovoltaik modüllerin bir ısı pompasıyla entegre edilmesini içerir ve böylece ısı ve elektrik enerjisi daha yüksek bir performans katsayısı ve genel verimlilikle üretilir. Geleneksel veya geleneksel olmayan enerji kaynaklarından faydalanan diğer sıcak su teknolojileriyle karşılaştırıldığında, bu sistem enerji açısından daha verimli ve güvenilirdir [1].

Yaptıkları araştırmada, bir yapının iklimlendirilmesinde güneş enerjisi kaynaklı ısı pompasının kullanımının etkilerini incelemişlerdir. Gerçekleştirdikleri simülasyon çalışması sonuçlarına göre, konfor odasının yıllık ısıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyaçlarının güneş enerjisiyle karşılanma oranlarının sırasıyla %63, %99 ve %99 olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, absorpsiyonlu ısı pompası sisteminin soğutma periyodu boyunca yıllık ortalama soğutma performans katsayısının 0,27 olduğunu tespit etmişlerdir [2].

Bu çalışma, bir PV (Fotovoltaik) sistemin performansını etkileyen çeşitli çevresel faktörlerin mevcut analizlerinin güvenilirliğini ve geçerliliğini incelemektedir. İlk kez, bir çalışmada sistem performansını etkileyen dört çevresel faktör (toz birikimi, su damlacıkları, kuş pisliği ve kısmi gölgeleme koşulları) aynı anda incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, toz birikiminin, gölgelemenin ve kuş kirliliğinin PV (Fotovoltaik) akımı ve voltajı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Özellikle, "gölgeleme" PV (Fotovoltaik) modüllerinin verimliliği üzerinde en belirgin etkiye sahipti. Bir PV (Fotovoltaik) modülünün yüzeyindeki gölgeleme alanının dörtte bir, yarım ve dörtte üç oranında artması, sırasıyla %33,7, %45,1 ve %92,6'lık bir güç azalmasıyla sonuçlanmıştır. Bununla birlikte, su damlacıklarının PV (Fotovoltaik) paneli üzerindeki etkisinin, PV (Fotovoltaik) panelinin sıcaklığını düşürerek ters bir etkisi olduğu ve bu da potansiyel farkın artmasına neden olarak güç çıkışını en az %5,6 oranında iyileştirdiği belirlenmiştir. Ayrıca, toz birikmesinin güç çıkışını %8,80 ve verimliliği %11,86 azaltırken, kuşların PV (Fotovoltaik) modül yüzeyini kirletmesinin ise PV (Fotovoltaik) sistem performansını yaklaşık %7,4 oranında düşürdüğü bulunmuştur [3].

Çalışmalarında Kırıkkale ilinde bulunan olimpik yüzme havuzunun suyunun ısıtılmasında doğalgazlı kazan ve toprak kaynaklı ısı pompasının birlikte kullanımının etkilerini araştırmışlardır. Isıtma ihtiyacının karşılanmasında hibrit toprak kaynaklı ısı pompasının kullanılması durumunda sistemin kendini bir yıldan kısa sürede amorti ettiğini, güneş enerjili ısıtma sistemi kullanılması durumunda ise üç yılda kendini amorti ettiğini belirlemişlerdir [4].

Çalışmada, ısı pompaları alanında yapılan son araştırmalar ve gelişmeler incelenmiştir. Araştırmada, kurulacak ısı pompası tipinin konum ve kullanım amacına bağlı olarak belirlendiği vurgulanmaktadır. Hava kaynaklı ısı pompalarının, düşük sıcaklıklarda verimlerinin azaldığı ve ısıtma gereksinimlerini karşılamada yetersiz kaldığı ifade edilmektedir. Soğuk iklimlerde, toprak

kaynaklı ve su kaynaklı ısı pompalarının daha uygun seçenekler olduğu belirtilmektedir. Güneş enerjisi destekli ısı pompalarının genellikle ılıman iklimlerde ve yüksek güneş radyasyonuna sahip bölgelerde daha yüksek verime sahip olduğu ve bu bölgeler için uygun çözümler sunduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca, ısı pompalarının geleneksel gazlı vb. ısıtma sistemleriyle entegre edilmesinin verimli ve ekonomik olduğu vurgulanmaktadır [5].

Yapılan araştırmada, hava, su ve toprak kaynaklı ısı pompalarının Türkiye'deki bölgelerde baz alınan illere göre uygulanabilirliği incelenmiştir. Örnek bir uygulama olarak villa projesinde hava, su ve toprak kaynaklı ısı pompası tasarımı yapılmış ve ilk yatırım maliyetleri hesaplanmıştır. İlk yatırım maliyeti açısından, ısı pompalarında en uygun kaynağın hava olduğu gözlemlenmiş olmasına rağmen, İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde seçilen illerde kışın dış hava şartlarının -5°C 'nin altında olması sebebiyle verimin düştüğü ve ısıtma ihtiyacının sağlanabilmesi için ek ısıtma gerektiği belirtilmiştir. Bu bölgelerde su veya toprak kaynaklı ısı pompalarının daha uygun olabileceği tespit edilmiştir. Marmara Bölgesi, Ege Bölgesi, Akdeniz Bölgesi ve Karadeniz bölgelerinde ise seçilen illerde soğutma ihtiyacının ısıtmadan daha fazla veya eşit olduğu için, hava kaynaklı ısı pompasının su ve toprak kaynaklı ısı pompasına göre tercih edilebileceği belirtilmiştir [6].

Çalışmada, hava ve suyun ısı kaynağı olarak kullanıldığı, hava-hava, hava-su, su-su ve su-hava olmak üzere dört farklı şekilde çalışabilen ısı pompalarının verim değişimlerini parametrik olarak inceleyerek, aynı kapasiteye sahip elektrikli ısıtıcı sistem ile ekonomik açıdan karşılaştırması yapılmıştır. Yapılan hesaplamalara göre, en yüksek yıllık elektrik maliyeti hava-su ısı pompası sisteminde, en düşük maliyetin ise su-hava ısı pompası sisteminde olduğu belirlenmiştir. Yüksek buharlaştırıcı kaynak akışkan sıcaklığına sahip sistemlerin daha ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır. Isı pompası sisteminin dört farklı çalışma şekli içinde elektrik tüketiminin, elektrikli ısıtıcıya göre en az üç kat daha az olduğu saptanmıştır [7].

Avusturya'da artan bina yenileme faaliyetleri ile geleneksel binaların modernize edilmesi potansiyeli de artmaktadır. Isı pompalı (HP) sistemler, ulusal gazlı ısıtma sistemleri ile entegre edildiğinde, özellikle güneş fotovoltaikleri PV (Fotovoltaik) ile birleştirildiğinde, CO₂ emisyonlarını azaltabilir. Avusturya'nın HP ve PV (Fotovoltaik) sistemleri için uyguladığı sübvansiyon planları, benimseyenler için karışıklık ve tutarsızlık yaratabilmektedir. Bu çalışma, PV (Fotovoltaik) + HP sistemlerinin teknik ve ekonomik analizini yapmak ve karlılık üzerindeki kritik ekonomik parametreleri belirlemek için bir çerçeve sunmaktadır.

Politika önerilerine yönelik olarak, Viyana'daki bir vaka çalışması, Building Model Generator'dan gelen talepler kullanılarak modellenmiş ve saatlik zaman adımlarıyla simüle edilmiş HP ve PV (Fotovoltaik) için kara kutu verimlilik modellerini içermiştir. Sonuçlar hem hava kaynaklı hem de toprak kaynaklı ısı pompalarının, mevcut sübvansiyon programları kapsamında şu anda PV (Fotovoltaik) ile karlı olduğunu göstermektedir. Bu karlılık oranı, sermaye

maliyetlerinden ve sübvansiyonlardan büyük ölçüde etkilenmektedir, ancak doğal gaz fiyatlarının en büyük etki olduğu belirlenmiştir. Doğal gaz fiyatlarının 0,01 €/kWh veya %17 artırılması, diğer tüm fiyatların yerine getirilmesi için yeterlidir ve hem HP hem de PV için karmaşık sübvansiyonlar önerilmektedir. Bu, karbon emisyonu fiyatının 33 €/tonuna eşdeğerdir ve çok aileli evlerde CO₂ emisyonlarında yaklaşık %45-60 oranında azalmaya neden olabilir [8].

Mevcut iklimlendirme sistemleri sürekli olarak enerji verimliliğini artırmıştır, ancak genellikle bu sistemler konut, ticari ve endüstriyel binalarda en büyük elektrik tüketicisini oluşturmaktadır. Elektrik maliyetlerindeki değişkenlik, iklimlendirme tesisatlarının gelecekteki işletme maliyetleri konusunda belirsizlikler yaratmaktadır. Bu çalışma, güneş fotovoltaik enerjisinin tamamlayıcı bir enerji kaynağı olarak entegre kullanımı ve elektrik şebekesine bağlı iklimlendirme sistemleri ile ilgili teknik yönleri dikkate alarak bir ekonomik analiz sunmaktadır.

Değişken soğutucu akışkan akışı ve soğutucular olmak üzere iki farklı sistem, Brezilya'daki iki şehirde, Recife ve São Paulo'da, değişen seviyelerde ısınlama ve sıcaklıkla analiz edilmiştir. Bu sistemlerin entegre kullanımının ekonomik faydalarını değerlendirecek bir matematiksel model, özellikle Güney Yarımküre' deki konumların koşullu ve işlevsel yönleri dikkate alınarak uygulanmıştır. Önerilen sistemin ekonomik sonuçlarını etkileyen en hassas parametreleri belirlemek için Sobol yöntemi kullanılarak bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Sonuçlar, incelenen tüm sistemler ve en kritik sistemler için yüksek ekonomik uygulanabilirliği ortaya koymaktadır.

Değişkenler, yani enerji fiyatı, enerji fiyatı yıllık ayarlaması, fotovoltaik maliyet ve güneş paneli verimliliği. Son olarak, bulgular, güneş fotovoltaik enerjisine sahip iklimlendirme sistemlerinin uygulanmasının, Recife için ortalama %28 ve São Paulo için %22 civarında ortalama değerlerle her iki şehir için de yüksek iç getiri oranı sağlayabileceğini ve değişken soğutucu akış sistemi simülasyonlarının sonuçlandığını göstermektedir.

Yenilenebilir kaynaklar, 2030 için AB hedeflerinin karşılanmasında kilit bir rol oynayacaktır. Bir ısı pompası yoluyla aerotermal kaynağın ve fotovoltaik PV (Fotovoltaik) sistemli bir güneş kaynağının birlikte kullanılması, konutların ısıtılması ve soğutulması için uygulanabilir ve gelecek vadede bir teknolojidir. Bu çalışmada, TRNSYS simülasyon yazılımı ile hava kaynaklı ısı pompalı ve PV (Fotovoltaik) sistemli müstakil bir evin detaylı bir modeli geliştirilmiştir. İklimden derinden etkilenen sistem davranışına genel bir bakış sağlamak amacıyla hem ısıtma hem de soğutma (gerektiğinde) için iki bina türü ve dokuz Avrupa iklimi için yıllık simülasyonlar yürütülmüştür. Depolama sistemi (elektriksel ve termal), bataryalı ve bataryasız ve farklı su depolama boyutlarına sahip çoklu simülasyon senaryoları aracılığıyla da incelenmiştir. Sayısal sonuçlar, dikkate alınan ısıtma ve soğutma sisteminin performansına ve ayrıca bina şebekesi ile PV (Fotovoltaik) dizisi arasındaki elektrik enerjisi alışverişinin dengesine genel bir bakış sağlar [9].

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Isı Pompasının Tarihsel Gelişimi

Isı pompası ilk olarak 1824'te Said Carnot tarafından basit bir prensip ile ileri sürülmüştür. Bu çalışmanın ardından Lord Kelvin (W. Thompson) 1852'de evlerde soğutma çevriminin kullanılabilirliğini belirterek ısı pompalarına ilişkin temel prensibi ortaya koymuştur. Jakop Perkin ise 1832'de buhar sıkıştırımlı bir soğutucunun tasarımını gerçekleştirmiştir. 19.yy'da gerçekleştirilen çalışmalar ile gaz sıcaklığının basıncın ayarlanması ile değiştirilmesinin mümkün olduğu anlaşılmış olup daha yüksek seviyede sıcaklıkların pompalanması ihtimali üzerinde durulmuştur. 1851'de Dr. John Gorrie tarafından patenti Amerika'da alınmış olan soğutma makinası ticari anlamda imal edilmiş olan ilk soğutma makinasıdır. Yine 1851'de Ferdinand Carre Fransa'da ilk amonyak absorpsiyon ünitesinin tasarımını gerçekleştirmiştir. Dünya üzerinde ticari anlamda buz yapmak amacıyla kompresyon makinesinin patenti ise Alexander Catlin Twining tarafından alınmıştır. Sıkıştırılmış buhar ile çalışan ısı pompası prensibi ise 1870-1880'li yıllar arasında Paul Piccard tarafından İsviçre'de ortaya konmuştur [17].

2.2. Isı Pompasının Gelişimi

Dünya üzerinde ısı pompası ilk olarak 1930'da İskoç Haldane tarafından üretilmiş olup Haldane bu ısı pompasını ilk olarak evinde kullanmaya başlamıştır. Haldane, ürettiği ısı pompasında kaynak olarak havayı kullanmış olup hava şartlarının uygun olmadığı durumlarda kaynak olarak su ile destekleme yapmıştır. 20.yy'ın ortalarında ısı pompalarına karşı olan ilginin az bir miktar da artmış olsa da petrol fiyatlarının düşmesi ile istenilen seviyede artış gerçekleşmemiştir. 1912'de İsviçre'de alınmış olan patent ile toprak kaynaklı ısı pompalarının avantajlarının tanıtımı yapılmıştır. Ardından termodinamik açıdan faydası, ısı kaynağı olarak toprağa gömülü olan metal serpantinler içerisinde salamura dolaştırarak 1940'lı yıllarda gösterilmiştir. Serpantinde oluşan korozyon problemleri toprak serpantinlerini kullanışsız yapmıştır ve hava kaynaklı ısı pompalarının gelişimini zorlayan bir seviyeye ulaştırmıştır. Daha sonra korozyona karşı önlem alabilmek amacıyla plastik borular kullanılmış ve başarılı olmuştur. Plastik borularının kullanılmasının ardından çalışmalar da hızlanmıştır. 20.yy'ın ortalarında İngiltere ve ABD'de ev içi ısı pompalarında toprak kaynağının kullanımına ilişkin çalışmalar başlamıştır ve bu doğrultuda Baker tarafından 1950-1951'li yıllarda kış mevsiminde ay boyunca ortalama ısı tesir katsayısı 3'ten yüksek olan çift tesirli toprak kaynaklı ısı pompası geliştirilmiştir [17].

Jordan ve Threlkeld tarafından 1954'te AEIC-EEI Isı Pompası Komitesi tarafından 1956'da güneş enerji destekli ısı pompaları ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. Albuquerque'de bulunan bir

ofis binasının ısıtılması ve soğutulması kollektör ısı pompası sistemi ile sağlanmıştır. Burada bu sistemin kullanılmasının ardından konut binaları için de kullanılmaya başlanmıştır.

1950-1960'lı yıllar arasında piyasada ısı pompalarının düşük kalitede olması, kış mevsimlerinin soğuk geçmesi, çalışma şartlarının elverişli olmaması nedenleriyle çalışmalar başarısız olmuştur. Çalışmaların başarısızlığı ısı pompası endüstrisini de olumsuz etkilemiş olsa da 1970'li yıllarda petrol fiyatlarının artması ile ısı pompaları yeniden ilgi odağı olmayı başarmıştır [17].

2.3. Termodinamik Açıdan Isı Pompaları

2.3.1. Ters Carnot Çevrimi

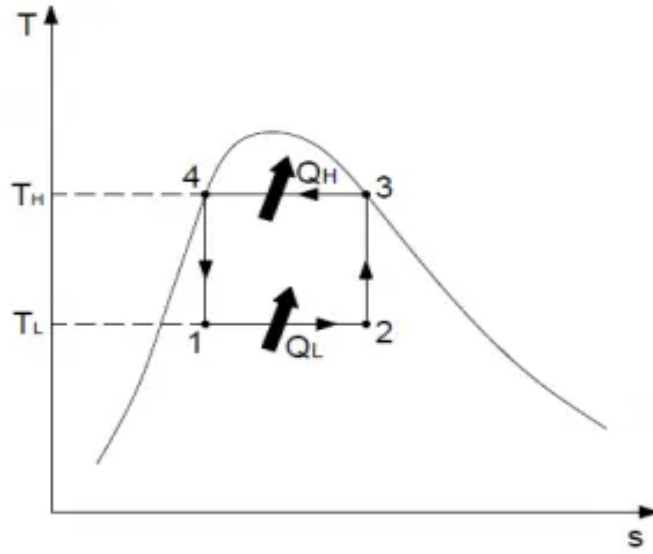
1824'te Fransız Mühendis Sadi Carnot termodinamik çevrimi kullanarak bir prosesi tanımlayarak bu alanda ilk olmuştur. Tamamen tersinir hal değişimlerinden oluşmakta olan Carnot çevrimi olabilecek en yüksek verime sahip bulunmaktadır.

Termodinamik alanının II. yasası düşük sıcaklık seviyesinin yüksek sıcaklık seviyesine transferinin gerçekleşmesi için yardımcı bir enerji kaynağına ihtiyaç olmadığını belirtmektedir. Burada gerçekleşen transfer her zaman çok olan kısımdan az olan kısma doğru gerçekleşmektedir. Isı pompaları bir ortam içerisinde ekonomik değeri bulunmayan düşük sıcaklıktaki ısıyı kullanmak amacıyla daha yüksek sıcaklıktaki bir ortama pompalamaktadır. Bu işlemin gerçekleşmesi amacıyla pompalamış olduğu ısıya oranla daha az (%20-25) mekanik enerji harcamaktadır [17].

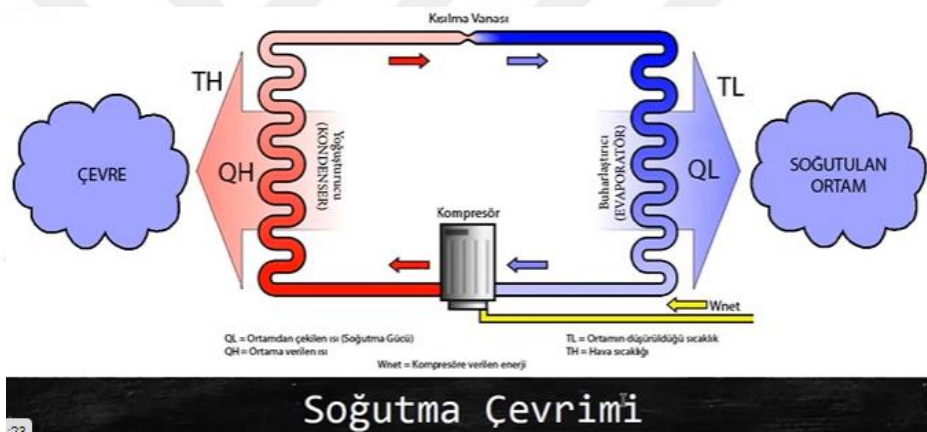
Isı pompaları daha önceleri havayı sıkıştırıp genişleterek enerji elde etmekteydi ancak zaman içerisinde havanın yerini doymuş buhar-sıvı karışımından oluşan akışkanlar kullanılmıştır ve daha verimli olduğu da ortaya çıkmıştır. Günümüzde kullanılan ısı pompalarının çoğu da bu şekilde enerji üretmektedir. Carnot'un ısı makinasındaki çevrim tersinir bir çevrim olup tüm hal değişimlerini ters yönde gerçekleştirebilir [17].

Isı pompalarındaki dört hal çevrimi Şekil 2.1. de gösterildiği gibidir:

- 1-2 arasında buharlaştırıcı, T_L sıcaklığında düşük sıcaklık seviyesine sahip olan kaynaktan sabit miktarda olan Q_L miktarında ısıyı çeker.
- 2-3 arasında soğutucu akışkan izentropik olarak kompresör tarafından sıkıştırılarak sıcaklığı T_H' a yükseltir.
- 3-4 arasında depolanmış olan ısı sabit sıcaklık seviyesine sahip olan soğutucu akışkandan T_H sıcaklığındaki ortama geçmektedir.
- 4-1 arasında basınç, buharlaştırıcı basıncına düşürülerek akışkanın sıcaklığı T_L olur.



Şekil 2.1. Hal Çevrimi



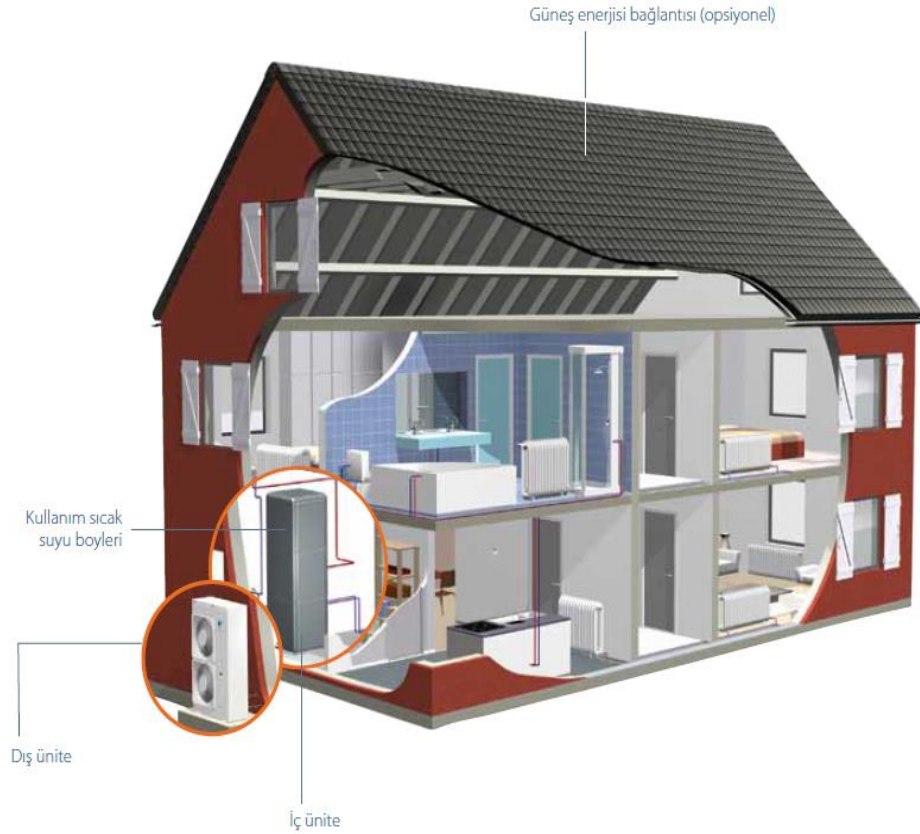
Şekil 2.2. Ters Carnot Çevrimin T-S Diyagramı ve Akış Şeması (Çengel ve Boles,2008).

Şekil 2.2' de Carnot tarafından ortaya konmuş olan tersinir çevrimde 1-2 hal değişiminin gerçekleştiği durumda soğutucu akışkana T_L sıcaklığındaki soğuk ortamdan, sabit sıcaklıkta Q_L miktarında ısı transferi gerçekleşir. Ardından akışkan izotropik bir hal değişimi ile 3 haline sıkıştırılarak hal değişiminin ardından sıcaklığı T_H olur. 3-4 hal değişimi durumunda, soğutucu akışkandan T_H sıcaklığındaki ortama, sabit sıcaklıkta ısı geçişi gerçekleşir. Ardından akışkan, 1 haline izantropik olarak genişleyerek çevrimi tamamlar. 4-1 hal değişimi sonunda akışkanın sıcaklığı T_L olur. 3-4 hal değişimi sırasında soğutucu akışkan, yoğulturucuda doymuş buhardan doymuş sıvıya dönüşür [24].

Ters Carnot çevrimi, farklı sıcaklıklara sahip iki ısı enerji alanı arasındaki en etkili soğutma çevrimi prensibidir. Buna rağmen tamamen tersinir hal değişimlerinden oluşmakta olan bu çevrimler gerçekte uygulanamaz (Soğutma Tekniği ve Isı Pompaları Uygulamaları,2009).

2.4. Isı Pompası

Isı pompası temel prensip olarak sudan veya havadan alınan enerjiyi kullanım alanlarının ısıtılması, soğutulması ve kullanım sıcak suyun elde edilmesinde kullanılan makinelerdir. Isı pompaları doğal kaynakları ısıtma ve soğutmaya çevirir. Şekil 2.1’ de bir villada ısı pompası gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.3. Bir Villada Isı Pompası Gösterimi (Daikin Isı pompası Kataloğu,2022)

Isı pompaları yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak enerji elde etmektedir. Dış ortamda bulunan havayı ve zemindeki ısı çekerler. Bu sistem sıvı içeren kapalı bir devre ve soğutucu akışkandan oluşmaktadır. Çalışma prensibi olarak sırasıyla buharlaşma, sıkıştırma, yoğuşma ve genişleme adımlarından meydana gelmekte olup termodinamik bir döngü oluşmaktadır. Isı pompaları ısı seviyesini düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklık seviyesine ulaştırır. Isı yükselerek ısı eşanjörünün de yardımı ile konut içerisinde bulunan su dağıtım sistemine aktarılmaktadır. Isı pompaları bu döngüyü gerçekleştirirken yalnız elektrik enerjisi kullanmaktadır. Sistemde bulunan soğutucu akışkan ile iç ortam ile dış ortam arasındaki enerji transferi sağlanmaktadır [11].

2.4.1. Heat Pump (Isı Pompası) Teknolojisinin Temel Kavramları

Isı pompaları kullanmış olduğu her kwh elektriğe karşılık 5 kwh kullanılabilir ısı üretmektedir. Bu ise gereken ısı miktarının yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır Isı pompalarının enerji değer gösterimleri Tablo 2.1'de verilmiştir. [13].

Tablo 2.1. Isı pompaları enerji değer gösterimleri

Sıra No	Gösterim	Açıklama(İngilizce)	Açıklama (Türkçe)
1	EK(COP)	Coefficient Of Performance	Isıtma Etki Katsayısı
2	SEK	Coefficient Of Performance Heating	Soğutma Etki (Tesir) Katsayısı
3	IEK	Coefficient of Performance Cooling	Isıtma Etki Katsayısı
4	EVO (EER)	Energy Efficiency Ratio	Enerji Verimlilik (Etkinlik) Oranı
5	IMPf (HSPF)	Heating Seasonal Performance Factor	Isıtma Mevsimsel Performans Faktörü
6	MEK (SCOP)	Seasonal Coefficient of Performance	Mevsimsel Etki Katsayısı
7	KMPF (CSPF)	Combined Seasonal Performance Factor	Kombine Mevsimsel Performans Faktörü

2.4.2. COP (Energy Efficiency Ratio) veya Isıtma Etkinlik Katsayısı

COP (Coefficient of Performance) değeri heat pump tarafından saatte üretilen elektriğin karşılık geldiği kullanılmaya uygun ısı miktarını ifade eder. COP (Coefficient of Performance) değeri dış ve iç ortamın sıcaklık değerlerine bağlıdır. COP (Coefficient of Performance) değeri ne kadar yüksekse ısı pompası o kadar verimlidir [13].

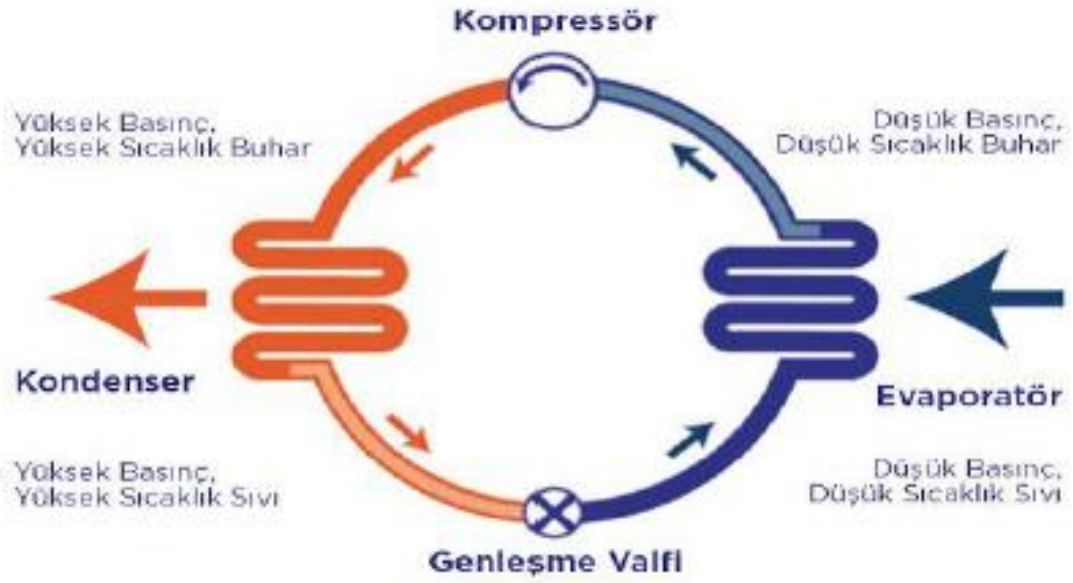
2.4.3. SPF (Sezonsal Performans Faktörü) veya Isı pompası Sisteminin Performans Faktörü

SPF değeri ısınma ihtiyacı doğrultusunda tüm mevsimler süresince kullanılan çevre ekipmanları ile ısı pompalarının enerji tüketimini dikkate almaktadır [13].

2.4.4. EER (Energy Efficiency Ratio)

Soğutma cihazında evaporatörde elde edilen soğutma kapasitesinin (kW), cihazın tükettiği toplam elektrik enerjisine (kW) oranıdır. **EER** (Energy Efficiency Ratio) değeri yalnızca soğutma amaçlı kullanılmaktadır [13].

2.5. Isı Pompalarının Çalışma Prensibi



Şekil 2.4. Isı Pompaları Çalışma Prensibi (Anonim ,2021)

Isı Pompası Elemanları Şu Şekildedir:

- Kondenser (Yoğuşturucu)
- Genleşme Valfi
- Evaporatör (Buharlaştırıcı)
- Kompresör

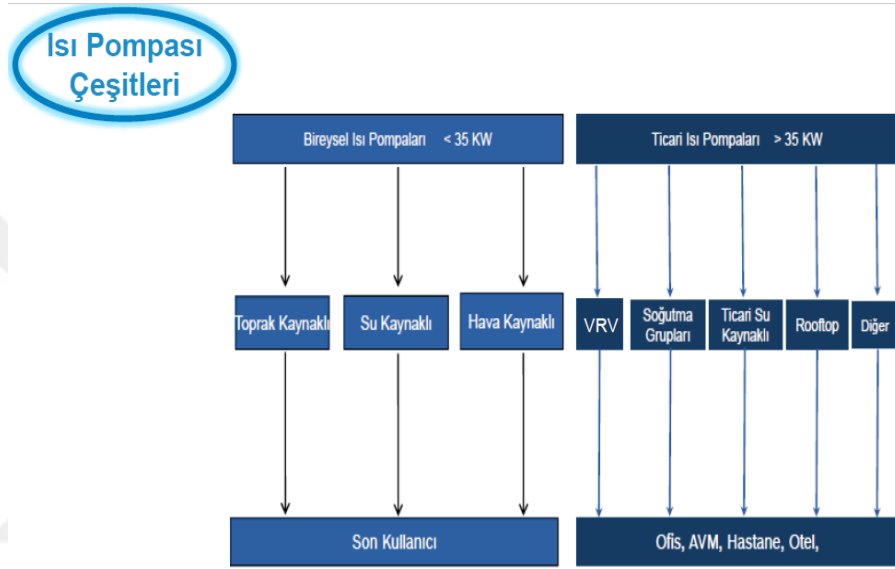
Ana Elemanlar ile Isı Pompasının Çalışma Prensibini Açıklarsak:

Şekil 2.4'de verilen ; Yüksek sıcaklık ve basınçta kompresöre gelen gaz sıkıştırılıp kondensere gider kondensere gelen gaz çevreye ısı verip gaz fazından sıvı fazla geçer. Daha sonra expansion valfe (genleşme valfi) gelen soğutucu akışkan basıncı ve sıcaklığı dengelenip düşürülüyor. Düşük basınç ve sıcaklıktaki akışkan evaporatöre gider. Evaporatör ortamdaki sıcak havayı çeker ve ortama ısı verir. Ve böylece basınç ve sıcaklığı düşmüş olur. Ortamdaki sıcaklığı çeken evaporatördeki akışkan gaz fazına geçer(buhar) ve kompresöre dönen gaz sıkıştırılıp sisteme basılıyor. Burada gerçekleşen çalışma prensibi hava kaynaklı, su kaynaklı ve toprak kaynaklı ısı pompalarında da bu şekildedir. Isı pompalarının tasarımı iklim şartlarının soğuk olduğu İskandinav kuzey bölgesine uygun olarak gerçekleştirilmiştir [25].

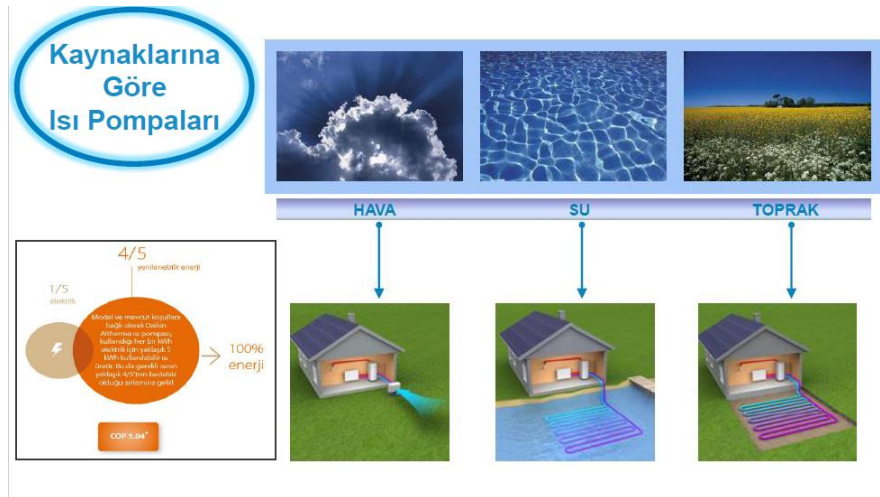
2.6. Isı Pompası Çeşitleri

Isı pompaları genel anlamda bir ısı kaynağından çekmiş oldukları ısıyı sıcaklığı daha düşük olan başka bir ortama aktarabilen makineler olarak ifade edilmektedir. Bu yüzden ısı kaynaklarına göre ısı pompaları Şekil 2.5 ve Şekil 2.6'da görüldüğü gibi ; 3 çeşit olarak bulunmaktadır [18].

1. Hava Kaynaklı Isı Pompaları
2. Su Kaynaklı Isı Pompaları
3. Toprak Kaynaklı Isı Pompaları

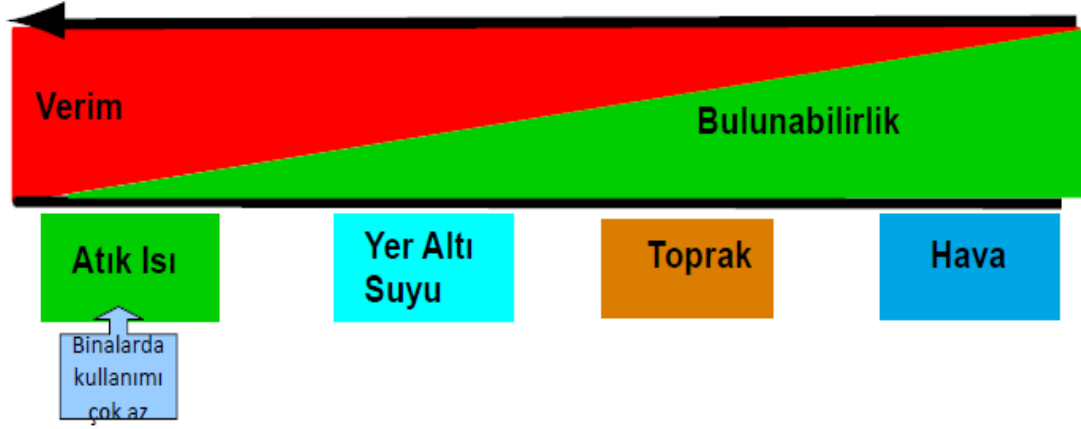


Şekil 2.5. Isı pompası çeşitleri



Şekil 2.6. Kaynaklarına göre ısı pompası çeşitleri

ISI POMPASI VERİMLİLİK VE BULUNABİLİRLİK



Şekil 2.7. Isı pompası verimlilik gösterimi

Atık ısı genel anlamda yüksek sıcaklık seviyesine sahiptir. Şekil 2.7 'de de Atık ısının olduğu durumlarda ısı pompaları en verimli şekilde çalışmakta olup atık ısı genellikle sanayi alanlarında bulunmaktadır. Bu nedenle evsel anlamda kullanımı oldukça azdır. Örnek verilirse sürekli olarak yıkamanın gerçekleştiği bir sanayi tesisinde kanalizasyona atılmakta olan sular atık ısı enerji kaynağı olarak işlem görmektedir.

•Yeraltı suyu yaklaşık olarak 10°C 'de sabit olup ısı pompalarının kullanımı açısından oldukça elverişli bir enerji kaynağıdır.

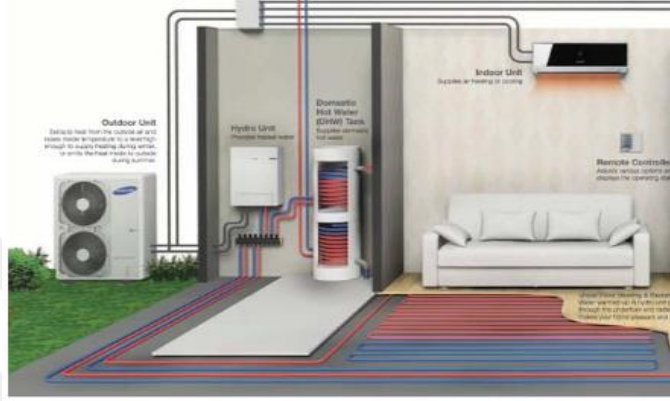
•Toprak veya zemin sıcaklık coğrafi konuma göre değişkenlik göstermekte olup 0 ile 20°C arasında değişmektedir.

•Çevre veya ortam hava sıcaklığı değeri oldukça değişken olup bazı bölgelerde -20°C ler görülebilmektedir [20].

2.6.1. Hava Kaynaklı Isı Pompası

Hava kaynaklı ısı pompaları maliyet açısından bakıldığında yatırım maliyet en düşük seviyede olan ısı pompaları arasında bulunmaktadır. Kaynak bakımından havanın kullanılmasından dolayı hava kaynaklı ısı pompası olarak adlandırılmıştır. Havanın kolay elde edilebilmesi kaynak olarak en çok kullanılmasındaki esas nedendir. Hava kaynaklı ısı pompası havadan aldığı ısı sayesinde çevrim başlar. Hava kaynaklı ısı pompaları markalara göre değişiklik göstermesine rağmen hava sıcaklığı ortalama -20°C olsa bile havadan ısı alabilir. Hava sıcaklığı bölgelere göre hatta gün içerisinde bile sık sık değişiklik gösterebileceğinden ısı pompaları projelendirilmesi önemli olabilmektedir. Hava sıcaklığı seviyesinin değişken bir yapıya sahip olması ekipman seçimi ve projelendirme işlemlerini zorlaştırmaktadır. Hava sıcaklığının 0°C veya daha düşük seviyelerde olduğu bölgelerde ısı pompalarının buharlaştırıcı kısmında donma olabilmesi nedeniyle ve oluşan

buzun çözülmesi amacıyla defrost yapılması durumunun zorunlu olması nedeniyle sarfedilen enerji miktarı artmakta ve ısı pompasının COP (Coefficient of Performance) değerinde azalma görülmektedir. Dış havadan gelen ısıyı emen hava kaynaklı ısı pompalarındaki ısı konutlardaki radyatörleri, sıcak su konvektörlerini ve kullanılan suları ısıtmak amacıyla kullanılabilirler. Hava kaynaklı ısı pompaları gerek dış havadan gerekse de buzdolabının iç kısmından ısı çıkışı sağlayabilir Hava kaynaklı ısı pompası şematik olarak Şekil 2.8.'de gösterilmektedir[19].



Şekil 2.8. Hava kaynaklı ısı pompası gösterimi (Teorik bir villa çalışması)

2.6.2. Su Kaynaklı Isı Pompası

Su kaynaklı ısı pompaları hava kaynaklı ısı pompalarına kıyasla ilk yatırım maliyeti açısından daha pahalı ısı pompalarıdır. Su kaynaklı ısı pompalarında ana kaynak malzemesi toprak ve su olup mevcut su kütlelerinin birçoğu enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Coğrafi açıdan bakıldığında akarsulara yakın alanlarda genellikle su kaynaklı ısı pompaları kullanılmaktadır. Su kütlelerinin sıcaklık seviyesi havaya göre daha kararlı yapıdadır. Bir diğer deyişle zaman içerisinde daha az değişkenlik göstermektedir. Yeraltında bulunan suyun 10 metre ve daha derin mesafelerde olması sıcaklığının yıl içerisinde çok az değişmesine neden olur ve bu durum su kaynaklı ısı pompaları için avantajlı bir durumdur. Su kaynaklı ısı pompalarının kullanımı için yer altı suyunun kullanılması gerekli olup bu hususta gerekli izinlerin alınması gerekmektedir. Bu nedenle su arama çalışmaları ve izin için gerekli işlemler maliyet açısından su kaynaklı ısı pompalarını dezavantajlı kılmaktadır. Su kaynaklı ısı pompa sistemlerinin kurulabilmesi amacıyla buharlaştırıcı kısım suya gömülmeli veya sudan gerekli ısıyı çekebilmesi için boru sisteminin döşenmesi gerekmektedir. Toprak yüzeyine ulaşılabilir bir derinlikte elde edilmiş olan ve sürekli akışa sahip su kaynağı bulunması durumunda bu kaynak suyu da ısı pompası kaynağı olarak kullanılabilir. Su kaynaklı ısı pompalarında kullanılacak suyun sıcaklığının + 8 C ile + 12 C sıcaklıkları arasındaki olması durumunda optimum seviyede işletilmesi için olanak sağlar. Su kaynaklı ısı pompası sistemlerinde yer altı suyu açılmış olan bir kuyu ile su topraktan emilerek suyun ısı pompasında kullanılmasının

ardından emiş kuyusu en az 5 metre mesafede bulunan geri basma kuyusu ile toprağa tekrar gönderilmektedir. Çalışmanın teorik gösterimi Şekil 2.9 ve Şekil 2.10'da gösterilmiştir [12].

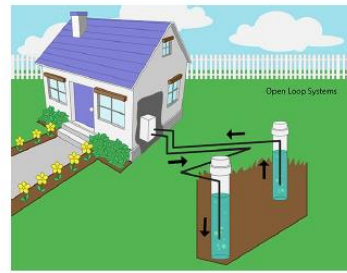
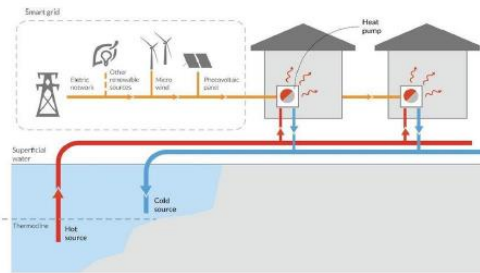


Şekil 2.9. Su kaynaklı ısı pompası gösterimi (Teorik bir villa çalışması)

SU KAYNAKLI ISI POMPALARI

YAZ-KIŞ ORTALAMA DENİZ SUYU SICAKLIKLARI

Yer/Ay	Şubat (°C)	Temmuz (°C)
Marmara (Fıorya)	8.2	23.2
Karadeniz (Giresun)	10.0	24.7
Ege (İzmir)	11.3	26.7
Akdeniz (Antalya)	16.7	27.7

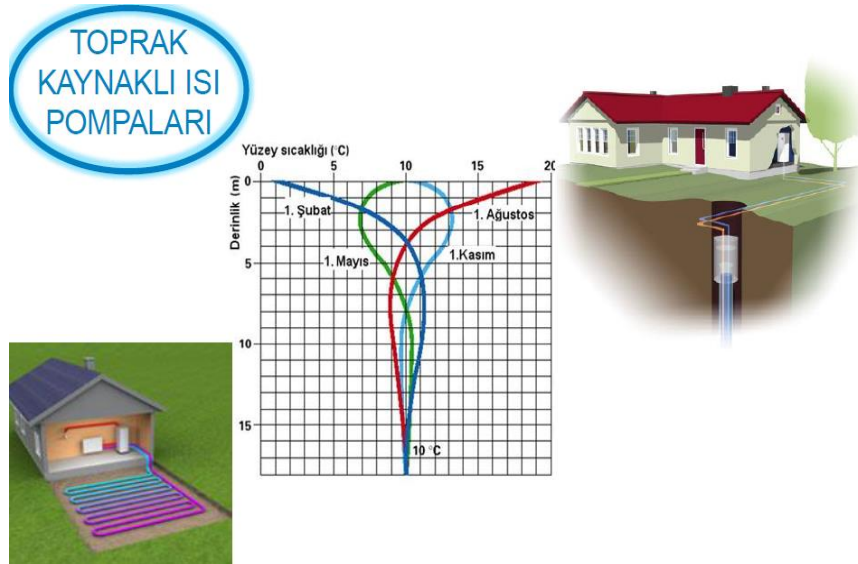


Şekil 2.10. Su kaynaklı ısı pompası için deniz suyu sıcaklıkları

Sondaj yapılarak kullanılan su kaynaklı ısı pompalarında borular dizilir sondaj içindeki su kaynağındaki ısıdan faydalanılarak bu ısıyı belli bir sirkülasyon pompası aracılığıyla ısı pompasına iletir. Isı pompası soğutma çevrimiyle enerji üretir ve bu enerjiyi (%80 doğadaki enerji +%20 elektrik enerjisi) kullanarak mahallerde ısıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyu olarak verir [11].

2.6.3. Toprak Kaynaklı Isı Pompası

Toprak enerji üretimi açısından kolay bir şekilde erişilebilir bir madde olup hava sıcaklıklarının çok fazla düştüğü durumlarda dahi derinlik arttıkça sıcaklığın çok fazla değişmediği doğal bir yapıdır. Toprağın bu özelliği ısı pompalarındaki performans açısından oldukça önemlidir. Toprak yoğunluğu, nem miktarı, ısı iletim katsayısı, gömme mesafesi gibi parametreler gömülecek ısı değiştiricisinin seçimi açısından oldukça önemlidir. Toprak kaynaklı ısı pompasının çalışmasıyla beraber toprağın sıcaklığı, nem miktarı zaman içerisinde değişebileceği gibi bu durum projelendirme aşamasında zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Toprağa gömülmüş olan ısı değiştiricisinin borularının genişçe bir alan içerisinde yayılması ile bu etkiler de azalmaktadır. Isıtıcılar toprak içerisine dikey yerleştirilebildiği gibi yatay olarak da yerleştirilebilir. Bu nedenle toprak kaynaklı ısı pompalarının yatay ve dikey tip olarak iki çeşidi bulunmaktadır. Yatay tipli toprak kaynaklı ısı pompaları toprak derinliğinin 1-2 m arasında olduğu durumlarda en verimli ısı çekişini yapmaktadırlar. Dikey tipli toprak kaynaklı ısı pompaları ise toprak derinliğinin 30-150 m olduğu mesafelerde verimli ısı çekişi sağlarlar. Düşük sıcaklıklar ile yerden ısıtma sistemi kullanılarak elde edilen enerjinin %83 kadarı topraktan elde edilmektedir. %17'si kadarı ise elektrik ile sağlanmaktadır. Toprak kaynaklı ısı pompaları sistemi kendisini 8 ile 12 yıl arası bir sürede amorti ederler. Patlama, zehirlenme veya yanma gibi riskleri bulunmayan ve dünya üzerinde en güvenilir olan bu sistemlerin ısı kayıpları belirlenerek elde edilen sonuca göre sondajlar yapılmaktadır [21].



Şekil 2.11. Toprak kaynaklı ısı pompasının yüzey sıcaklığı ve derinlik değişimi



Şekil 2.12. Yatay ve dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası gösterimi (Teorik bir villa çalışması)

Toprak enerji depolayıcı bir malzeme olup yüzey kısmında absorbe etmiş olduğu güneş ısısı ile konveksiyon ve yağmur aracılığı ile almış olduğu enerjiyi ısı taşıyıcısı döngüsü vasıtası ile ısı pompasına aktararak enerji üretmektedir. Toprak kaynaklı ısı pompalarının temel prensibi buharlaştırıcı kısmından topraktan çekilmiş olan ısıyı kullanmaktır. Toprak ile gerçekleşen ısı alışverişi dikey veya yatay şekilde gömülü vaziyette olan ısı pompası ile gerçekleştirilir. Su ve toprak ısı pompası sisteminin borularından geçerek ısı pompasındaki buharlaştırıcıda soğutulur. Isı pompası sisteminin seçimini ve boyutlandırılmasını etkileyen temel unsurlar toprağın yoğunluğu, nem miktarı, bileşimi ve gömme derinliğidir. Isı pompası da çalışmaya başlamasıyla birlikte toprağın özelliğini etkilemektedir. Isı pompası yerden ısıtma yapması durumunda toprak ısı değiştiricisine yakın kısımlarda ısı değişikliği gerçekleşir ve ısı düşüşü görülür. Tasarım kısmında hesaplamaların yanlış yapılması ile karşı karşıya kalındığında toprak içerisinde fazla miktarda su çekilmesi toprağın donmasına neden olabilmektedir. Toprakta nem yoğunlaşması ile gizli ısı kazanımı da sağlanmaktadır. Su buharı ısı pompası sisteminin buharının üzerinde yoğunlaşır ve toprağın ısı iletkenlik değeri artış gösterir [22].

Toprak kaynaklı ısı pompaları kendi içerisinde 3 gruba ayrılmış olup bunlardan ilki tek borulu yatay ısı pompasıdır. Tek borulu yatay ısı pompaları minimum 1,2 m derinlikte dar hendekler halinde konumlandırılmaktadır. Bu tasarım modeli alanın büyük bir kısmını kaplamaktadır. Çoklu boru kullanılması durumunda istenilen alanın miktarı azaltılarak tek hendek içerisine de yerleştirilebilir. Yatay ve dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası gösterimi ve sıcaklıkla değişimi Şekil 2.11 ve Şekil 2.12 'de gösterilmiştir. [26].

Pratikte dar, derin ve geniş hendekler 12-24 inch aralıklarında ayrılmış borular ile kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar ise en yaygın olarak kullanılan yatay ısı pompalarının $\frac{3}{4}$ " , 1" , 1 $\frac{1}{2}$ " ebatlarında tek boru şeklinde 0,5-2,5 m derinliğe ve birbirinden 0,3-2,5 m aralıklarda döşenmiş olan ısı pompaları olduğunu göstermiştir. Bu tipteki ısı değiştiriciler temel olarak esas

alınmış olup diğer ısı değiştiriciler bu tip ve ebatlarla kıyaslanırlar. Yatay tipli toprak ısı değiştiricileri 2" boru çapı, 700 m boru boyu ve 1 lt/s akışkan debisi kullanabilirler ve bu değerler maksimum değerlerdir. Uygulamada uzunluk ile ilişkili boru çapları Şekil 2.13'te gösterilmiştir [19].

Boru apı(in)	Uzunluk
3/4"	<150
1"	<230
1 1/4"	<900
1 1/2"	<1200
2"	<2500

Şekil 2.13. Yatay tip toprak kaynaklı ısı pompasının uzunluğa bağlı boru çapları

Toprak kaynaklı ısı pompalarının bir değer türü olan dikey tipli ısı pompaları ise magmadan gelen ısının kullanılması ile ortamın soğutulması veya ısıtılmasını sağlamaktadır. Isıyı ekme kapasiteleri genel anlamda 30-150 metre arasında bulunmaktadır. Bu ısı pompaları toprağa yapılan dikey sondajlarda sondaj makinelerinin açmış olduğu kuyulara boruların dikey Şekilde sarkıtılması ile kurulur. Kuyu çapları genel olarak 10 ile 20 cm arasındadır. Coğrafi zelliklerin zor olduğu düz arazinin kısıtlı olduğu ve toprağın jeolojik özelliklerinin uygun olduğu alanlarda kullanılmaktadır [21].

Toprak kaynaklı ısı pompaları bölünmüş tp, U tp ve eř eksenli tp olmak üzere 3'e ayrılır. Akış yönü açısından da paralel ve seri olarak da sınıflandırma yapılabilir [21].

Düşey uygulamalarda koşullar toprağın özelliklerine, sertliğine, derinliğine ve akiferlerin ortaya çıkması gibi durumlara göre değişebilir. Düşey boru delikleri 3 ile 4,5 m arasında açılmalıdır. Yatay tipli ısı pompalarına göre sondaj kuyusu ve boru maliyeti açısından bakıldığında ilk yatırım maliyeti daha fazladır. Ilıman iklim bölgelerinde dikey sistemlerin yatay sistemlere göre çok üstün ve önemli olduğu söylenemez. İklimin sertliği arttıķa dikey sistemlerin verimi ve avantajı o kadar fazla olacaktır. Dikey sistemlerde boru çapları 3/4" ile 1 1/2" arasında değişmekte olup kuyular arasında verimli bir ısı transferinin gerçekleşmesi için 3.5-6 arasında mesafe bulunmalıdır.

Toprak altında 20 m ye gelindiğinde toprak sıcaklığı 10 C ile sabitlenir. Isı pompasının kapasitesi göz önünde bulundurularak gerekli olan su debisinin gerçekçi ve doğru bir Şekilde hesaplanması gerekmektedir. Su sondajlarının ihtiyaç olan derinliği su debisi baz alınarak hesaplanır. Su kaynaklı ve toprak kaynaklı ısı pompalarının yatırım maliyeti hava kaynaklı ısı pompalarına 2.5-3 kat daha fazladır. Çünkü sondaj yapılmaktadır [19].

2.7. Isı Pompası Sistemlerine Göre Sınıflandırma

Isı pompası sistemlerinde yer altı suyu, yer üstü suyu, dış hava veya toprak gibi doğal kaynaklar kullanıldığı gibi teknik tesislere ait atık ısılar da kaynak olarak kullanılabilir. Kaynaklara göre ısı pompalara birincil, ikincil ve üçüncül ısı pompaları olarak isimlendirilmiştir [10].

2.7.1. Birincil Isı Pompaları

Isıyı doğal kaynaklardan temin eden ısı pompalarına birincil (primer) ısı pompaları denmektedir. Bu sistemlerin kullandığı ısı kaynakları toprak, hava, yer altı ve yüzey sularıdır.

2.7.2. İkincil Isı Pompaları

İkincil ısı pompaları geri kazanımın olduğu sistemlerdeki ısıyı kullanmaktadır. Elde edilen ısı artık ısı birikiminden bağımsız olan tüketimi sağlanacak alana ihtiyacı kadar verilmektedir. Örneğin şehir içi kanalizasyonlardaki atık sulardan ısı çeken ısı pompaları ikinci ısı pompaları olup bu ısı pompalarının kaynak ısısı 10 °C den büyüktür [10].

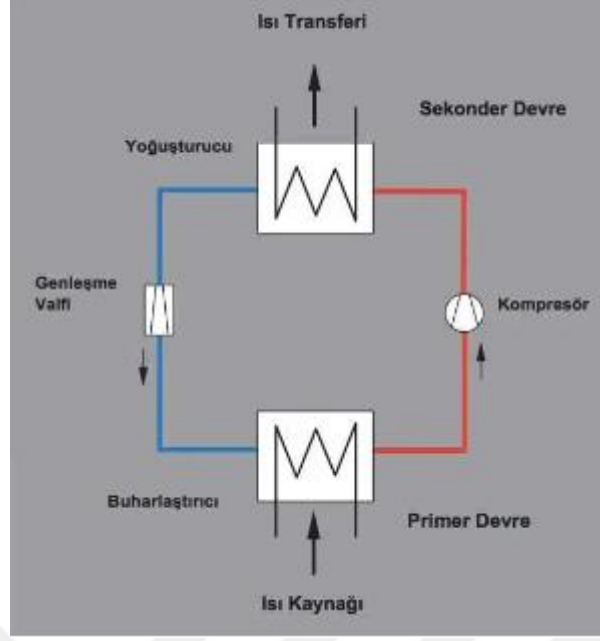
2.7.3. Üçüncül Isı Pompaları

Elde edilmiş olan artık ısı direkt olarak tekrar tekrar prosese geri verirse üçüncül ısı pompası olarak adlandırılır. Örnek olarak klima sistemi, kurutma makineleri, ısı pompalı çamaşır makineleri üçüncül ısı pompası sistemleridir. Bu sistemlerdeki ısı kaynağı genellikle 20 °C den fazladır.

2.8. Proses Türüne Göre Sınıflandırma

2.8.1. Kompresörlü Isı Pompaları

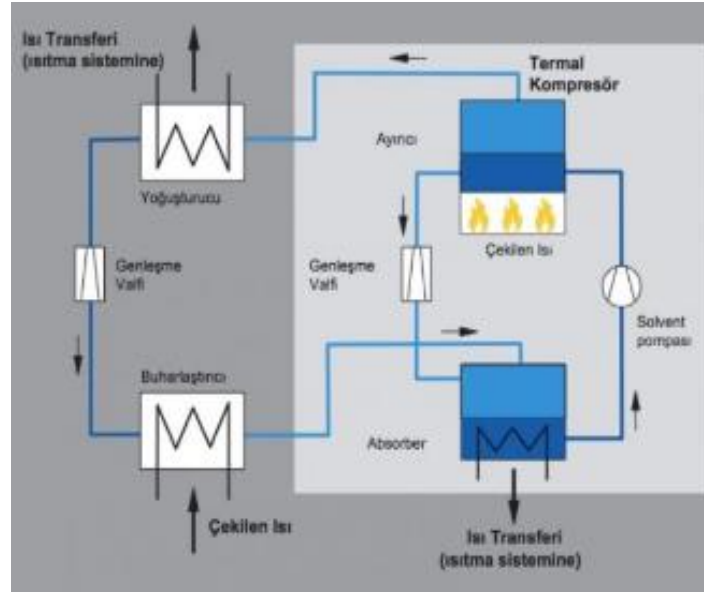
Buhar emilimi ile yoğuşturucu basıncı kısmına kadar proses mekanik bir kompresör ile gerçekleştiriliyor ise bu prosesi yapan ısı pompalarına kompresörlü ısı pompaları denmektedir. Şekil 2.14 'de kompresörlü ısı pompalarının çalışma prensibi olarak gösterilmiştir [18].



Şekil 2.14. Kompresörlü Isı Pompaları

2.8.2. Absorbsiyonlu Isı Pompaları

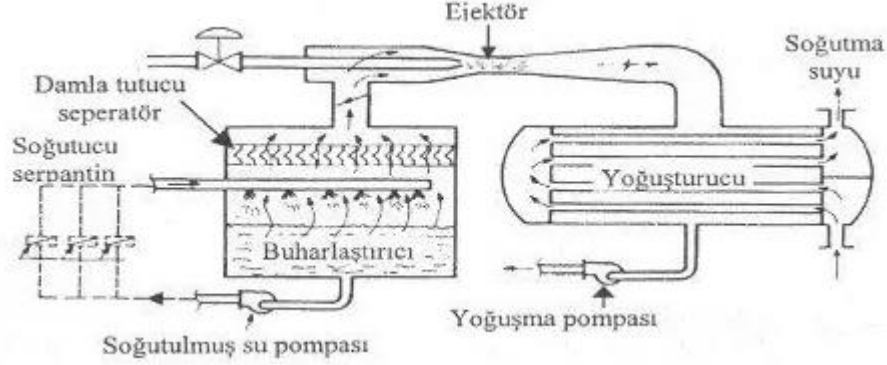
Soğutucunun emici eriyik sirkülasyon ile hareket ettiği ısı pompalarına absorpsiyonlu ısı pompaları denilmektedir. Bu ısı pompaları kompresörlü tiplere göre daha sessiz çalışmaktadırlar. Şekil 2.15’ te absorpsiyonlu ısı pompası gösterilmiştir [10].



Şekil 2.15. Absorbsiyonlu Isı Pompası

2.8.3. Buhar-jet Isı Pompaları

Soğutucunun hareketlerinin ejektör vasıtası ile yapıldığı ısı pompalarına buhar jet ısı pompası denilmektedir. Buhar jet ısı pompası sistemi Şekil 2.16'da, kullanılan sıcaklık aralıkları Şekil 2.17'de gösterilmiştir [22].



Şekil 2.16. Buhar Jet Isı Pompaları

Isı kaynağı	Sıcaklık aralığı (°C)
Dış hava	-10 – 15
Atık hava	15 – 25
Yeraltı suyu	4 – 10
Göl	0 – 10
Nehir	0 – 10
Deniz	3 – 8
Kayaçlar	0 – 5
Toprak	0 – 10
Atık su ve sıvılar	>10

Şekil 2.17. Isı pompalarında kullanılan ısı kaynaklarının sıcaklık aralıkları

2.9. Isı Pompası Hesaplarında Kullanılan Bağıntılar

Isı pompalarının ideali çevrimlerindeki ısı pompası etkinlik katsayısı değeri aşağıdaki gibidir:

$$\text{COP} = \text{Etkinlik Performans Katsayısı}$$

$$\text{COP} = \frac{\text{Isı Pompasının Isıtma Etkinlik Kapasitesi}}{\text{Isı Pompasının Harcadığı Enerji}} = \text{Kondenser (Isıtma)}$$

$$\text{EER} = \frac{\text{Isı Pompasının Soğutma Etkinlik Kapasitesi}}{\text{Isı Pompasının Harcadığı Enerji}} = \text{Evaporatör (Soğutma)}$$

Isı pompalarında ısıtma verimliliği COP (Coefficient of Performance), soğutma verimliliği EER değerleriyle ifade edilir. Bu değerler sayısal anlamda ne kadar yüksekse, ısı pompası o kadar verimli çalışacaktır ve tüketicinin işletme maliyetleri düşecektir [26].

Kondenser, evaporatör kapasiteleri ve kompresör gücü aşağıdaki eşitliklerden elde edilir.

$$\dot{Q}_{\text{kond}} = \dot{m}_r (h_g - h_c)$$

$$\dot{Q}_{\text{evap.}} = \dot{m}_r (h_c - h_g)$$

$$\dot{W}_{\text{komp}} = \dot{m}_r (h_c - h_g) \text{ veya}$$

$$\dot{W}_{\text{komp}} = V \cdot \cos(\phi) \cdot \sqrt{3}$$

Burada r alt indisi soğutucu akışkanı, g ve ç alt indisleri sırasıyla giren ve çıkan terimlerini, I kompresörün çektiği akımı, V kompresörün kullandığı elektrik gerilimini ifade etmektedir [11].

2.10. Isı Pompası Seçim Kriterleri

1. İklim verilerinin toplanması
2. Gerekli kapasitelerin belirlenmesi (ısıtma yükü, soğutma yükü)
3. Isı pompası net kapasite hesabı ve seçimi
4. Isıtma, soğutma, terminal üniteleri ve boyler seçimi
5. Boru çapı hesabı
6. Diğer sistem ekipmanlarının seçimi

Isı pompası sistemlerinde $\Delta T = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ile çalışır. (Mevcut kazan sistemlerinde ise $\Delta T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ dir.) ΔT 'yi ne kadar düşürürsek verimlilik o kadar artar. Isı pompası uygulamalarında dikkat edilecek diğer bir önemli husus ise ısıtma sistemleri seçimleridir. Isı pompaları genellikle maksimum $55 \text{ }^\circ\text{C}$ 'lik bir sıcaklık verdiği için sistemler buna göre tasarlanmalıdır [23].

Bir Mahal İçin Isı Pompası Seçimi Yaparken;

Sistemin kurulacağı yerdeki ortalama ve en düşük kış sıcaklığını seçmeliyiz. Ardından o sıcaklık değerinde ve kurulacak sistemin ihtiyacı olan gidiş suyu sıcaklığına göre cihazın verdiği kapasiteyi öğrenmeliyiz [18]. Cihazın verdiği kapasite, özellikle en düşük dış hava sıcaklığında ihtiyacı karşılamıyorsa aradaki fark elektrikli ısıtıcı ile sağlanır. Fark çok fazla ise bir üst kapasite cihaz seçilir.

2.11. Isı Pompası Sistemlerinde Kullanılan Ekipmanlar

2.11.1. Kompresörler

Buharlaştırıcı kısımdan çıkan düşük sıcaklık ve basınçta bulunan soğutucu akışkanın sıkıştırılması ve basıncın artırılmasını sağlayan elemanlara kompresör denmektedir. Isı pompalarının ömrü için kompresörlerin volümetrik ve mekanik verimi oldukça önemlidir. Kompresörler yapısal anlamda 5'e tahrik mekanizmasına göre ise 3'e ayrılmaktadır [23].

2.11.2. Pistonlu Kompresörler

Pozitif yer değiştirme prensibi ile çalışan pistonlu kompresörler piston, supaplar ve silindirlere oluşmaktadır. Pistonlu kompresörlerde buhar durumundaki soğutucu akışkanın çekilmesi için silindir içerisinde bulunan pistonun aşağı doğru hareket etmesiyle emiş vanaları açılır ve buhar durumunda bulunan soğutucu akışkan piston yukarı doğru hareket ederek sıkıştırılma sağlanır. Silindirin içindeki basınç yoğunlaşma basıncı miktarının biraz üzerine çıktığı durumda akışkan dışarı atılmaktadır. Pistonlu kompresörler termodinamik açıdan oldukça verimlidirler. Bütün teknik gazların sıkıştırılmasında kullanılabilirler. Kademe sayısı artırılması suretiyle yüksek basınçlara çıkabilir. En önemli avantajı ise pistonlu kompresörlerinin fiyatının ucuz olmasıdır. Endüstri alanında en çok tercih edilen kompresör pistonlu kompresördür [2].

2.11.3. Scroll kompresörler

Scroll kompresörler 2 adet spiralden oluşmakta olup bu spiraller iç içe durumdadır. Sıkıştırma yapıldığı esnada üst kısımdaki spiral serbest kalmaktadır. Alt kısımdaki spiral ise yörüngesel bir hareket gösterir. Sarma elemanların arasında bulunan boşluğa emme vasıtası ile giren soğutucu akışkan, kompresörün dönüşü ile sıkıştırılarak tahliye ağzından atılmaktadır. Spiral çarkların arasında temas yüzey bulunmamasından dolayı sürtünme çok az derecededir. Bu nedenle düşük güç değerlerinde verimleri yüksek seviyededir. Yüksek fiyatlı olmalarına rağmen sessiz çalışarak çok az yer kaplamaktadırlar [2].

2.11.4. Vidalı kompresörler

Bir gövde içine yerleştirilmiş olan mil biçiminde birbirini içine geçmiş rotor çiftinden oluşan kompresörlere vidalı kompresör denmektedir. Vidalı kompresörler ana rotor güç ünitesinden aktarılmış olan enerjinin %90'ına yakını ısı enerjisine ve basınca çevirir. Ayrıca yardımcı rotor basınç tarafı ile sadece emiş arasındaki çalışma boşluğunun sızdırmazlığını sağlamaktadır. Sıkıştırma işlemi boyunca rotorların sürekli olarak dönmesi ile kapanan emiş ağızı ile rotor gövdeleri arasında sürekli olarak azalan hacimden dolayı çıkış ağızına doğru ilerleyen havanın

basıncı artmaktadır. Vida grubu elemanların birbirileri arasında temas etmemesi ve bu şekilde dönmeleri dolayısıyla sürtünme oluşmaz ve bu sayede sessiz çalışmaktadırlar. Bakım problemleri bulunmaz [2].

2.11.5. Rotorlu Kompresörler

Rotorlu kompresörler bir silindir içerisinde kaçık eksenli dönen bir pistondan oluşmakta olup genellikle küçük soğutma sistemlerinde kullanılmaktadır. Silindirin içinde dönen rotor piston çevresine yerleştirilmiş olan paletler aracılığıyla hem sıkıştırma hem de emme yapar. Rotorlu kompresörler yüksek verime sahip olup az parçalı ve basit yapılıdır. Rotorlu kompresörlerin üretilmesi esnasında aşınmayı önlemek ve hassasiyeti sağlamak oldukça önemlidir [2].

2.11.6. Santrifüj Kompresörler

Sarmal ve kanattan oluşan santrifüj kompresörler akışkan pervanenin orta kısmından girerek santrifüj kuvvet tarafından pervanenin çevre kısmına savrulmaktadır. Pervanenin kanat kısımları yüksek hızda dönerek basınç oluşturur ve pervaneden çıkan gaz akışına ait kinetik enerji salyangoz ve difüzör kanatlar içinde basınç haline dönüştürülür. Santrifüj kompresörler yüksek debili ve düşük basınçlı sistemlerde kullanılmakta olup fiyat olarak ucuz, ebat olarak ise küçüktür [2].

2.12. Tahrik Mekanizmasına Göre Kompresörlerin Sınıflandırılması

2.12.1. Hermetik kompresörler

Kompresör ile elektrik motorunun aynı kabin içerisinde yer aldığı kompresörler hermetik kompresör olarak adlandırılmaktadır. Bakım yapılması amacıyla açılmadıkları için elektrik motorunda arıza oluşması halinde kompresörün değişimi gereklidir. Hermetik kompresörlerde elektrik motoru gövde içerisinde bulunmaktadır. Bu nedenler ses ve kayıplar oldukça azdır. Bu kompresörlerde soğutucu akışkan kacağı da çok nadiren görülmekte olup günümüzden en yaygın kullanılan kompresörlerdir. Sanayi tipi küçük soğutucular, ev tipi soğutucular, iklimlendirme sistemlerinde hermetik kompresörler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [2].

2.12.2. Yarı hermetik kompresörler

Kabin kısmının vida ile açılabilirdiği hermetik kompresörler yarı hermetik kompresör olarak adlandırılmaktadır. Yarı hermetik kompresörlerde kabin kısmı açılabilirdiği için tamir edilmesi mümkündür. Bağlantılar sökülmeden parça değişimi ve tamir bakım işlemleri yapılabilmektedir. Yarı hermetik kompresörler genellikle AVM'lerde, endüstri alanında ve ticari alanlarda kullanılmakta olup yüksek kapasiteye sahiptir [2].

2.12.3. Açık tip kompresörler

Açık tip kompresörlerin elektrik motoru kısmı dışarı bulunmakta olup elektrik motoru kayış kaynak sistem ile kompresörü tahrik etmektedir. Açık tip kompresörler elektrik arızaları neticesinde sadece elektrik motorunun değiştirilerek çözülebilmesi nedeniyle kullanılmaktadır. Fazla yer kaplaması ve sesli çalışması en büyük dezavantajları olup genellikle ticari soğutma sistemlerinde ve soğuk hava depolarında kullanılmaktadır [2].

2.12.4. Yoğuşturucular (Kondenserler)

Sıcaklık seviyesi ve basıncı yüksek olan soğutucu akışkanı sıcaklığını dış ortama vermesi için kullanılan elemanlar yoğuşturan elemanlara yoğuşturucu denilmektedir. Yoğuşturma bobini, bir kompresör, fan, çeşitli kontrol elemanları ve yoğuşturucu kabinden oluşmaktadır. Yoğuşturucu da bulunan yoğuşturma bobini tamamen alüminyum borudan oluşmakla birlikte alüminyum kanatlı bakır borudan da imal edilmekte olup ısı transferini kolaylaştırmaktadır. Yoğuşturucu da ısı transferi kızgınlığın alınması, soğutucu akışkanın soğutulması ve aşırı soğutma olmak üzere üç aşamada ısı alışverişi gerçekleşir. Yoğuşturucular 3'e ayrılmakta olup bunlar hava soğutmalı, su soğutmalı ve evaporatif yoğuşturuculardır [2].

2.12.5. Hava soğutmalı yoğuşturucular

Hava soğutmalı yoğuşturucularda soğutucu akışkan gaz durumunda bulunmakta olup hava ile soğutulmaktadır. Çalışma prensibi basit olup kurulum ve işletim maliyetleri düşük seviyededir. Tamir ve bakımları kolay olup çekişli (statik) ve cebri çekişli (dinamik) olmak üzere ikiye ayrılırlar. Çekişli yoğuşturucular sessiz çalışmakta olup ev tipi buzdolaplarında bulunmaktadır. Dinamik yoğuşturucular ise daha yüksek soğutma kapasitesine sahip olup ticari amaçlı işletmelerde ve pencere tipi klimalarda bulunmaktadır [2].

2.12.6. Su soğutmalı yoğuşturucular

Büyük kapasiteli soğutma sistemlerinde kullanılan su soğutmalı yoğuşturucuların kurulum ve işletme maliyetleri en uygun olandır. Suyun uygun fiyatlı olduğu yerlerde sıkça kullanılan su soğutmalı yoğuşturucuların tasarımı suyun kirlenme katsayısına, malzemenin ısıl geçirgenliğine, kanat verimine, akışkanın aşırı soğuma seviyesine ve su devresindeki basınç düşümüne bağlıdır [2].

2.12.7. Evaporatif yoğuşturucular

Soğutucu akışkanının buharını yoğunlaştırmak için hem suyun hem de havanın buharının kullanıldığı yoğuşturucular evaporatif yoğuşturucular olarak adlandırılmaktadır. Evaporatif yoğuşturucuların alt kısmında su deposu bulunmakta olup ısı transfer serpantinine aralıksız şekilde su püskürtülür. Bu sayede yoğuşturucu yüzeyi ıslatılır. Aynı zamanda fan yardımı ile hava yoğuşturucu içine çekilir. Islaklık seviyesi yeterli olduğu için de ısı transferi yüksek olur. Bu nedenle genellikle kanatsız düz borular kullanılmaktadır. Evaporatif yoğuşturucular çabuk arıza verir ve çabuk kirlenirler. Son yıllarda kullanımını gittikçe azalmıştır [14].

2.13. Isı Pompalarında Kullanılan Malzemeler

2.13.1. Genleşme valfi

Soğutucudaki akışkanın basıncını istenen buharlaştırıcı basınç seviyesine indirmek ve kompresöre sıvı halde akışkanın ulaşmasına engel olan elemana genleşme valfi denmektedir [10].

2.13.2. Kılcal borular

10 kW ve altındaki ısıtma yüklerinde kullanılan eleman olan kılcal borular ismini iç çapının çok küçük olmasından almaktadır. Üretilmeleri oldukça basit olup maliyet açısından ucuzdurlar. Sistem dursa da basıncın dengelenmesini sağlayarak çevrim süresince basıncın her noktada aynı olmasını sağlarlar. Genel anlamda ev tipi ve paket tipi buzdolaplarında kullanılmaktadır [10].

2.13.3. Otomatik genleşme valfi

Sıvı hattından buharlaştırıcı kısma giden soğutucu akışkanın miktarını ayarlayan elemanlar otomatik genleşme valfi olarak adlandırılmaktadır. Üst yay basıncı, diyaframın altındaki sabit yay basıncı ve buharlaştırıcı iç basıncı toplamından büyük veya eşit olduğu durumda otomatik genleşme valfinden soğutucu akışkan geçmeye başlar. Otomatik genleşme valfleri genellikle küçük tesisler için uygun olup orta büyüklükte soğutucularda ve sabit soğutma yüklerinde kullanılmaktadır. Ayar vidası vasıtasıyla yük ve basınç kontrolü yapılmaktadır [10].

2.13.4. Termostatik genleşme valfi

Hassas bir eleman olan termostatik genleşme valfi soğutucudaki akışkanın akışı ve buharlaşmayı kontrol etmektedir. Termostatik genleşme valfi dıştan ve içten dengelemeli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu valflerde valfin çıkış basıncı gövde içerisindeki bir kanal aracılığıyla

termostatik diyaframın alt kısmına iletilmektedir. Buharlaştırıcının girişi ve çıkışı arasındaki basınç kaybının büyük olması durumunda bu valf kısık şekilde çalışarak buharlaştırıcının kapasitesi düşer. Bu durumun önüne geçmek amacıyla dıştan dengelemeli termostatik genişleme valfi kullanılmaktadır. Buharlaştırıcının çıkışında oluşan basınç dış denge hattı ile termostatik elementin diyaframının hemen altına iletilir (Bulut, 2017).

2.13.5. Termoelektrik genişleme valfi

Termostatik genişleme valfi ile benzer prensipte çalışan termoelektrik genişleme valfinin diyaframı ısındığında diyafram aşağı doğru hareket eder ve ardından soğutucuya verilen soğutucu miktarı artmış olur.

2.13.6. Elektronik genişleme valfi

Teknolojinin gelişimiyle birlikte termostatik genişleme valfine alternatif olarak ortaya çıkan elektronik genişleme valfi günümüzde en çok kullanılan valf elemanların başında gelmektedir. Elektronik genişleme valflerinde akışkanın kızgınlık derecesi ve doyma ısısı sensör yardımı ile ölçülmektedir. Maliyet açısından pahalı bir malzeme olsa da düşük buharlaşma ısılarında ve kısmi yüklerde verim artmaktadır. Bu sayede işletme maliyet azalmaktadır. Kapasite kademeleri de oldukça geniştir.

2.13.7. Şamandıralı genişleme valfi

Alçak basınç şamandıralı genişleme valfleri ve yüksek basınç şamandıralı genişleme valfleri olmak üzere ikiye ayrılmak olup alçak basınç şamandıralı genişleme valfleri sistemin alçak basınç kısmına bağlanmaktadır. Buharlaştırıcıda bulunan sıvı seviyesini kontrol ederek sıvı seviyesinin düşmesi durumunda şamandıra sıvı seviyesi ile aşağı inerek valf kesitinin açılmasını sağlar. Bu şekilde buharlaştırıcı içerisine tekrar sıvı dolmaktadır. Bu valfler hassas olmadığı ve kızgınlığı ayarlayamadığı için çok kullanılmamaktadırlar. Yüksek basınç şamandıralı genişleme valfleri ise yoğunlaştırıcı kısmın altındaki sıvı tankına takılmaktadırlar. Tankın içindeki sıvı seviyesinin yükselmesi durumunda valfin kesiti açılarak sıvı hattına soğutucu akışkan geçişi sağlanır. (Büker,2017). Şamandıralı genişleme valflerinin hassas olması kullanımını oldukça azaltmıştır.

2.13.8. Buharlaştırıcılar (Evaporatörler)

Evaporatörler soğutucu akışkan malzemenin girerek buharlaştığı ve bulunduğu ortam içerisinden ısı alan elemanlardır. Yapıları gereği kanatlı borulu, plaka kanatçık borulu ve çıplak borulu olmak üzere üç biçimde üretilirler. Temel anlamda su soğutmalı evaporatörler ve hava soğutmalı evaporatörler olmak üzere 2'ye ayrılmaktadırlar [14].

Hava soğutmalı buharlaştırıcılar

Hava soğutmalı buharlaştırıcıların kullanılması durumunda havanın ısı iletkenlik katsayısı da düşük olması nedeniyle ısı transferi yavaş bir şekilde gerçekleşir. Bu durumun önüne geçmek amacıyla genel anlamda buharlaştırıcılara kanatçık eklenmektedir. Cebri hava sirkülasyonu buharlaştırıcılarda ısı geçiş alanının az olması nedeniyle daha yüksek kapasite bulunmaktadır. Bu buharlaştırıcılar da hava hareketi alçak hız, orta hız ve yüksek hız olmak üzere üç şekilde gerçekleşir. Fazla miktarda hava hareketinin uygun olmadığı alanlarda alçak hızlı buharlaştırıcılar kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan orta hızlı buharlaştırıcılar olup özel soğutma işlemlerinde yüksek hızlı buharlaştırıcılar kullanılmaktadır [14].

Su soğutmalı buharlaştırıcılar

Genellikle gıda sanayisinde, klima santrallerinde, ısı pompalarında, buz pistlerinde kullanılan su soğutmalı buharlaştırıcıların verimleri oldukça yüksek olup ekonomik ömürleri yüksektir. Çalışma prensibi açısından hava soğutmalı su soğutma, su soğutmalı su soğutma ve kondensersiz tip soğutma olmak üzere 3'e ayrılmaktadır. Hava soğutmalı su soğutma grubu endüstriyel amaçlı ve klima olarak soğuk su üreten elemanlar olup dış ortamda çalışabilecek şekilde tasarlanmaktadır. Su soğutmalı su grubunun kapasitesi yüksek olup iç ortam şartlarında çalışmaktadır. Hava soğutmalı su grubuna göre ebatları daha küçük olduğu için sıklıkla tercih edilmektedirler. Su soğutmalı su soğutma grubunda amonyak buharlaştırıcılar ile shell&tube buharlaştırıcılar bulunmaktadır. Amonyak buharlaştırıcılar endüstriyel soğutma işlemlerinde kullanılmakta iken shell&tube buharlaştırıcılar glikol çözeltiler ile su soğutulmasına kullanılmaktadır. Ayrıca ısı pompalarında sıcak su üretilmesinde de kullanılmaktadırlar. Kondensersiz tip su soğutma grupları ise diğer iki grubun kullanılmadığı alanlarda ve sesin önemli olduğu durumlarda kullanılmaktadır [14].

2.14. Isı Pompası Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar

Bir ortamdan çekilen ısıyı bir başka ortama aktaran akışkanlara soğutucu akışkanlar denilmektedir. Soğutucu akışkanlar ısıtma ve soğutma sistemlerinde, iklimlendirme sistemlerinde kullanılmaktadır. Isı pompalarında soğutucu akışkanlar kullanılmakta olup bu akışkanların güvenli ve verimli olabilmesi için bazı kriterlerin sağlanması gerekmektedir. Bu kriterler aşağıdaki gibidir:

- Pozitif buharlaşma basıncı olmalıdır.
- Yoğuşma basıncı değeri düşük olmalıdır.
- Buharlaşma gizli ısı yüksek olmalıdır.
- Kimyasal açıdan inaktif olmalıdır.
- Korozyon yapıcı olmamalıdır.
- Zehirli, patlayıcı ve yanıcı olmamalıdır.

- Kaçakların kolay tespitine imkân veren özellikte olmalıdır.
- Ucuz olmalıdır.
- Isı geçirgenliği yüksek olmalıdır.
- Dielektrik olmalıdır.
- Donma derecesi sıcaklığı düşük seviyelerde olmalıdır.
- Yüksek kritik sıcaklığı olmalıdır.
- Özgül hacmi küçük olmalıdır.
- Viskozitesi düşük olmalıdır (Koyun, vd.,2005).

2.14.1. R134a

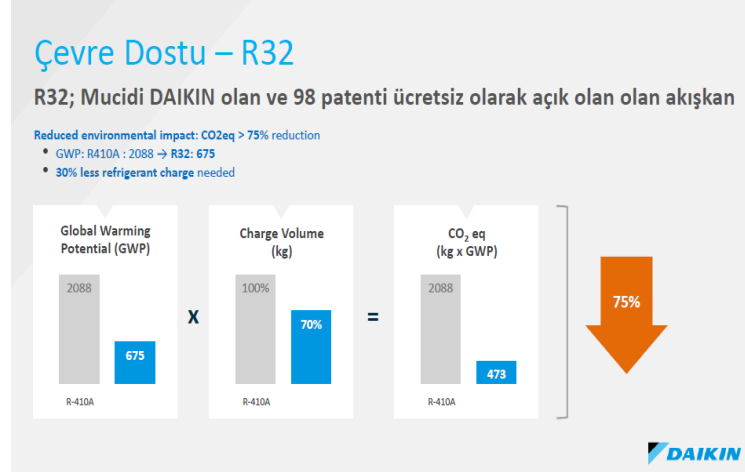
R134a soğutma sistemlerinde sıkça kullanılmakta olup R12 soğutucu akışkana alternatif olması amacıyla üretilmiştir. Atmosfere herhangi bir zararı bulunmayan R134a, atmosferik ömrü kısadır. Soğutucunun dışına çıktığı durumda stratosfere ulaşmadan bozulmaktadır. R134a gazı zehirsiz olup tutuşma özelliği bulunmamaktadır. Bu nedenle de iyi bir soğutucu akışkan olarak kullanılmaktadır. R134a'nın en büyük dezavantajı maliyet açısından yüksek olmasıdır. R12'nin kaynama ısısı $-29,8^{\circ}\text{C}$ iken R134a'nın kaynama ısısı $-26,2^{\circ}\text{C}$ 'dir. (Dinçer ve Kanoğlu,2010). R134a R12 ye alternatif olmanın yanı sıra R-114, R-400 ve R22 gazı içinde alternatif olmuştur. Günümüzde ev tipi buzdolaplarında ve araç klimalarında genellikle R134a gazı kullanılmaktadır.

2.14.2. R407C

R32, R134a ve R125 gazlarının bir karışımı olan R407C akışkanı R22 akışkanına alternatif olması amacıyla üretilmiştir. İklimlendirme uygulamalarında birim süpürme hacmi başına soğutma tesir katsayısı ve soğutma etkisi R22 ile eşdeğerdir. (Demircioğlu,2010). Halihazırda R22 ile çalışmakta olan sistemlerin R407C'ye dönüştürülmesi mümkün olup dönüşüm yapılması durumunda ısı değiştiricilere dikkat edilmelidir. Kaçak eğilimi bulunan sistemlerde dönüşüm yapılmamalıdır.

2.14.3. R410A

R22 akışkanına alternatif olarak üretilen bir başka akışkan olan R410A akışkanı R125 ve R32'den oluşmaktadır. R22'ye kıyasla daha yüksek soğutma kapasitesine ve çalışma basıncına sahip olup termodinamik özellikleri R22'ye kıyasla daha kötüdür. Buna rağmen ısı transfer özelliği oldukça iyi seviyededir. Endüstriyel soğutmalarda, soğuk hava depolarında, ticari depolarda kullanılmaktadır. Aşağıdaki Şekil 2.18' de ısı pompalarında kullanılan soğutucu akışkanlar karşılaştırılmıştır.



Şekil 2.18. Soğutucu akışkan karşılaştırılması. Artık ısı pompalarında yeni nesil soğutucu akışkan olan R32 gaz kullanılmaya başlanmıştır.

Split Klima sistemlerinde kullanılacak olan gazlar ile ilgili bir düzenleme yapılmış olup 2025 yılından itibaren 3 kg'dan daha az soğutucu barındıran split sistemlerdeki gazların GWP miktarı 750'den düşük olmak zorundadır. R410 bu kriteri karşılayamamaktadır. R410a'nın GWP miktarı 2088dir. R32'nin GWP miktarı 675'tir. R32 (CH₂F₂ – diflorometan) karışım olmayan bir gaz olup özellik bakımından R410a ile benzerdir. R32 ile R410a gazlarının çalışma basınçları birbirine yakın olmasına rağmen R32 R410a'dan daha fazla ısıtma kapasitesine sahiptir. Tüm bu veriler ışığında bakıldığında R32 gazı R410a'ya göre %60 daha fazla verime sahiptir. Netice olarak CO₂ emisyonuna bakıldığında R32 kullanımı ile %77 düşmektedir [4].

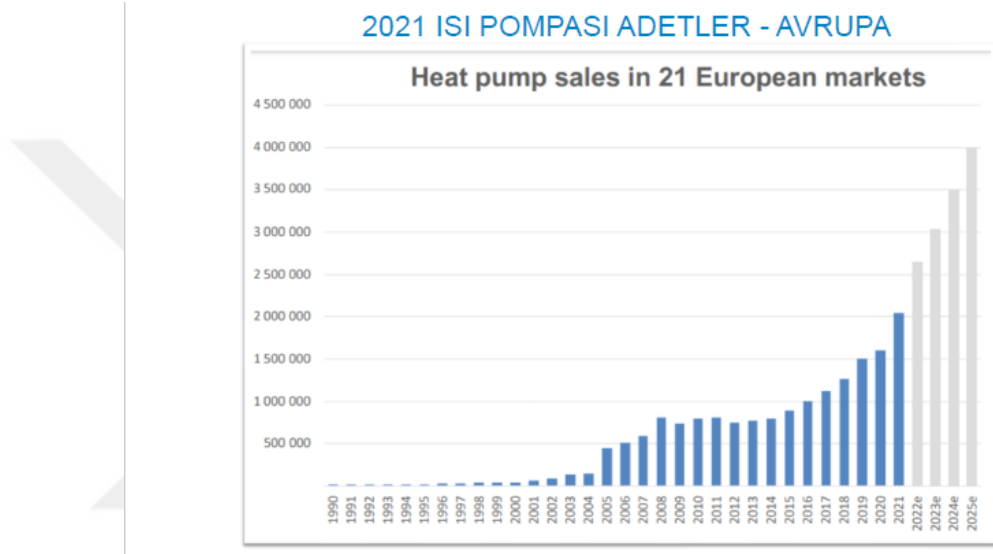
2.15. Isı Pompası Avantajları

Toprak-su kaynaklı ısı pompalarının kullanımı esnasında toprak derinliğinde sıcaklığın sabit kaldığı esas alınmakta idi. Belirlenmiş olan derinlikte toprak sıcaklığı kış mevsimlerinde havadan sıcak yaz mevsimlerinde ise havadan daha soğuktur. Bu ısı pompaları kışın ısıyı binalara yazın ise bina içerisindeki ısıyı yer altına taşıyarak önemli bir avantaj elde etmektedir. Dolayısıyla yer altı kışın ısı kaynağı yazın ise ısı çukuru olarak kullanılmaktadır. Tüm bu ihtiyaçlara cevap vermesi nedeniyle de bu ısı pompaları en çok tercih edilen ısı pompası olmuştur. Toprak su ısı pompalarında besleme su sıcaklığı 35°C-55°C dizaynı yapılmış ise %30-40 arasında tüketim farkı oluşmaktadır. Isı pompaları herhangi bir atık oluşturmazlar. Bu nedenle de doğaya herhangi bir zararları yoktur. Atık gaz oluşmaz ve baca ihtiyacı da gerektirmez [26].

2.16. Isı Pompası Dezavantajları

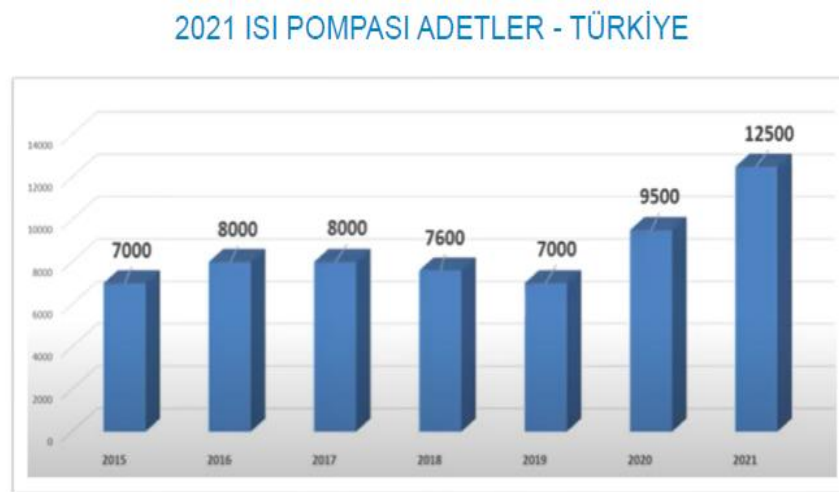
İyi bir tasarım ürünü ısı pompalarının herhangi bir dezavantajı bulunmamaktadır. Ancak ön etütlerin doğru ve iyi bir şekilde yapılması gerekmektedir. Konut veya işyerlerinin ucuz maliyetler

ısıtılması istenildiğinde enerji verimliliği ile ilgili analizlerin yapılması gerekmektedir. Bu durumda çevreye katkıda bulunulduğu gibi enerji sarfiyatında da azalma olacaktır. Isı pompalarının ısıtma testleri suyun çıkış sıcaklığı 35°C olarak esas alınarak yapılır. Hava kaynaklı cihazlar ise besleme suyu sıcaklığını 35°C alırken dış hava sıcaklığını 7°C olarak test ederler. Isı pompalarının temel bilgilerinin yazılı olduğu etiketlerde yer alan COP (Coefficient of Performance), kapasite ve enerji tüketimleri bu değerlerden elde edilmektedir. Bu nedenle ısı pompasının bu şartlara göre seçilmesi gerekmektedir. Bu şartlara göre seçilmeyen ısı pompaları istenilen sonuçları vermeyebilir. Bu durumda da beklenenden daha fazla elektrik tüketimi gerçekleşecektir [26].



Şekil 2.19. 2021 yılında Avrupa'daki ısı pompası adetleri (DAIKIN 2021)

Şekil 2.19'da Avrupa'daki ısı pompası adetlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Şekil 2.20'de ise Türkiye'deki ısı pompasının sayı adetlerinin yıllara göre değişimi gösterilmiştir.

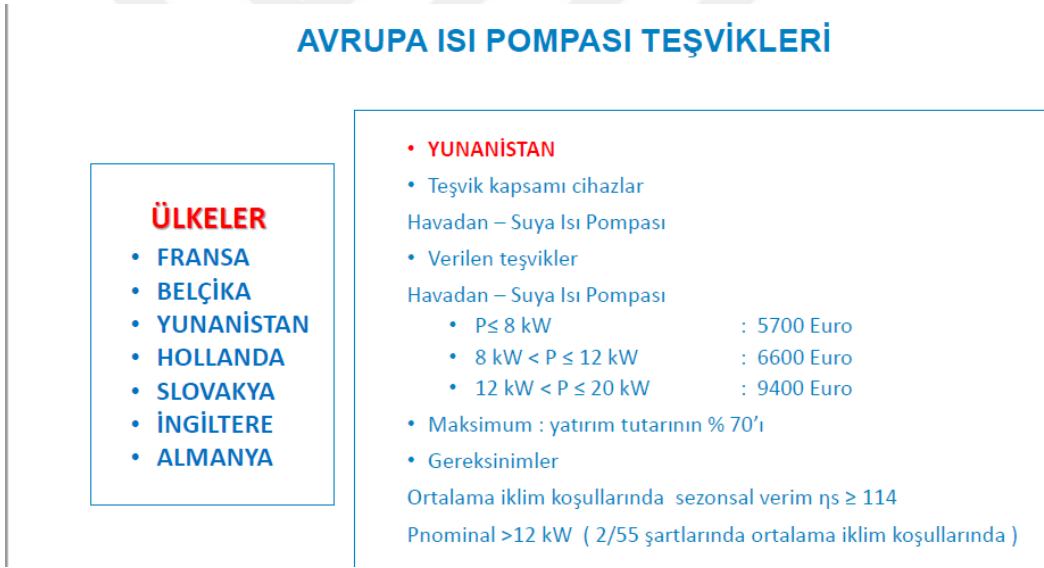


Şekil 2.20. 2021 yılı Türkiye'deki ısı pompası adetleri (DAIKIN ,2021)



Şekil 2.21. Sera gazı emisyon değerlerini azaltma planı (ISKID 2021)

Şekil 2.21’de ISKID’in yapmış olduğu çalışmalara göre sera gazı emisyon değerlerini azaltma planı yıllara göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 2.22. Avrupa ısı pompası teşvikleri (ISKID)

2.17. Güneş Enerji Destekli Isı Pompası

Global anlamda bakıldığında enerji en çok soğutma ve ısıtma uygulamalarında kullanılmaktadır. Ülkemizde de dünyada olduğu gibi enerjinin büyük bir kısmı soğutma ve ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. Enerji kaynaklarında görülen sorunlarda incelendiğinde ısıtma sektörünü oldukça etkileyen iki etken ön plana çıkmaktadır. Bunlar, fosil yakıtların kullanımı sonucunda enerji maliyetlerinin yükselmesi ve fosil yakıtların kullanımı sonucunda artan karbon emisyonu ile çevre kirliliği sorunlarıdır. Enerji kaynaklarının yetersizliği de ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmiş ve bu doğrultuda yeni teknolojiler ortaya çıkmıştır. Bunların en

önemlisi ısı pompaları sistemi olarak gösterilebilir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde ise en çok ön plana çıkan güneş enerjisi olmuştur. Isı kaynağı olarak güneş enerjisinin kullanılmasının en büyük sağladığı avantaj ısı pompası buharlaştırıcı sıcaklık seviyelerinin yüksek seçilmesine olana sağlamasıdır. Böylece ısıtma tesir katsayısı artmaktadır. Buna rağmen güneş enerjisinin yüksek seviyelerde olmadığı bölgelerde ilave bir ısıtma sistemine veya depolama sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle ısı pompaları kullanılırken güneş enerjisi genellikle yardımcı eleman olarak kullanılmaktadır. Güneş enerjisinin kullanıldığı ısı pompası sistemleri beşe ayrılmış olup bunlar: Geleneksel güneş enerjisi destekli ısı pompaları (CSAHP), direkt genişlemeli güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemleri (DX-SAHP), PV (Fotovoltaik) /T destekli ısı pompası sistemleri (PV (Fotovoltaik) /T-SAHP), güneş-jeotermal hibrit kaynaklı ısı pompası sistemleri (SGHSHP), diğer güneş enerjisi destekli hibrit ısı pompası sistemleridir [15].



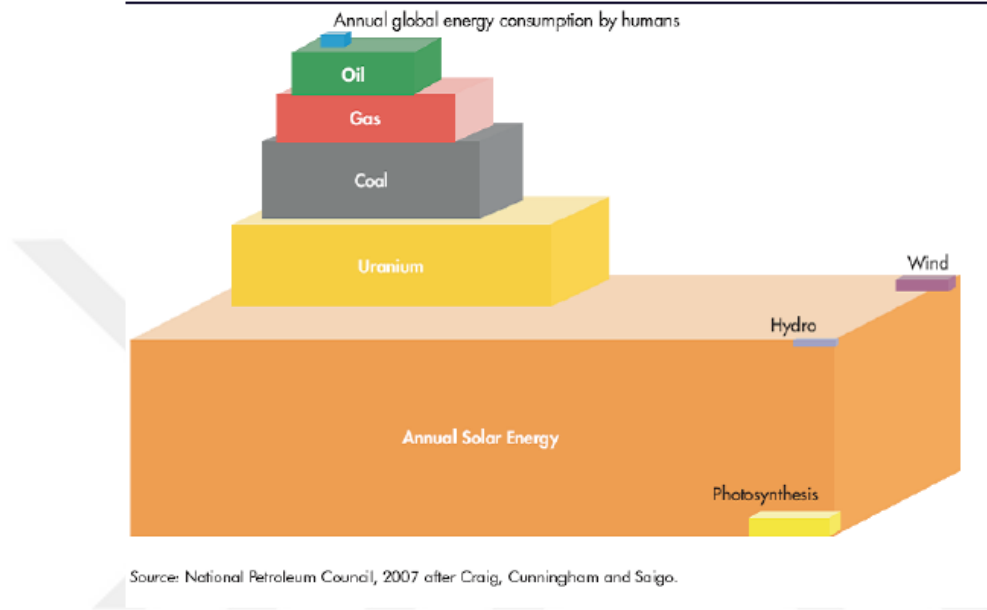
Şekil 2.23. Monoblok ısı pompasının örnek bir villada gösterimi (Teorik bir villa çalışması)

2.18. Güneş Enerjisi

Günümüzde nüfusun artışı ile enerji ihtiyacında da ciddi bir artış olmuştur. Ekonomik gelişmeler ve teknolojik alanda atılan adımlar da yaşam standartları yükselmiştir. Dünya üzerinde kullanılan fosil yakıtların gelecekte tükenen seviyeye gelmesi öngörülmektedir. Bu nedenle yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden biri olan güneş enerjisi temiz, ucuz, yüksek potansiyelli ve minimum çevre zararı olmasından dolayı fosil yakıtlara en büyük alternatif olarak görülmektedir. Türkiye güneş enerjisi açısından oldukça yüksek potansiyele sahip bir konumda bulunmaktadır.

Güneş enerjisi hiçbir atığı olmayan ve tükenmeyen tek enerji kaynağıdır. Güneş enerjisinin çevresel açıdan herhangi bir olumsuzluk teşkil etmemesi, uzun ömürlü olması, temiz olması ve

ucuz olması günümüzde fosil yakıtlar yerine kullanımını arttırmıştır. Yeryüzüne yıllık yansıyan güneş ışınım enerjisi günümüze kadar belirlenmiş ve kullanılmakta olan fosil yakıt kaynaklarının 160 katı kadardır. Güneş enerjisi fosil yakıtlar, nükleer ve hidroelektrik tesislerin yıllık üreteceği enerji miktarından 15000 kat daha fazla enerji üretmektedir. Bu açıdan bakıldığında coğrafi konum olarak Türkiye şanslı ülkelerden biridir.Şekil 2.24’de insanlar tarafından kullanılan yıllık küresel enerji tüketimi karşılaştırılması verilmiştir. [16].



Şekil 2.24. İnsanlar Tarafından Kullanılan Yıllık Küresel Enerji Tüketimi

Güneş çekirdeğinde bulunan füzyon süreci neticesinde açığa çıkan ışınım enerjisine güneş enerjisi denilmektedir. Füzyon süreci hidrojen gazının helyuma dönüşmesi sürecidir. Güneş enerjisi yaklaşık olarak $3,9 \times 10^{26}$ W güç yaymaktadır. Güneşin yaymış olduğu bu enerjinin çok az bir miktarı Dünyaya ulaşmaktadır. Atmosfer tabakasının dış yüzeyinin her bir metrekaresine ortalama 1.367 W güçte güneş enerjisi düşmektedir. Atmosfer tabakasına yansıyan bu gücün genellikle ultraviyole ışınlardan ve X ışınlarından oluşan bir kısmı emilirken bir kısmı ise yansımaktadır [30].

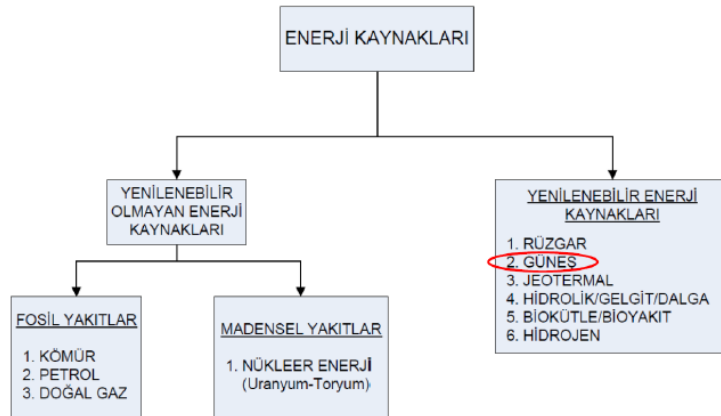
Güneş enerjisinin tükenmez, güçlü ve yenilenebilir olması nedeniyle bu kaynağın değerlendirilmesi amacıyla Bakanlık derecesinde çalışmalar gittikçe artmıştır. Birçok ülke fosil yakıtların oluşturduğu çevresel zararlardan kaçınmak amacıyla yenilenebilir enerji kullanılması ile ilgili çalışmalar başlatmıştır. Bu çalışmalar da güneş enerjisi kullanılarak ısı ve elektrik üretilmesi doğrultusunda bilimsel çalışmaların sayısını gittikçe arttırmıştır. Güneş enerjisi ile elektrik üretimi konusunda birçok yöntem olmasına karşın yaygın olarak bilinen güneş enerjisinin direkt olarak elektriğe çevrildiği fotovoltaik sistemler kullanılmaktadır. Güneş enerjisinin elektrik ve ısı enerjisine dönüşmesi ile ilgili olarak yapılan çalışmalar 1970’lerden sonra hızlı bir şekilde artış göstermiş ve teknolojik açıdan ilerleme ve maliyet açısından da azalma göstermiştir. Aynı zamanda

çevresel açıdan da temiz bir enerji kaynağı olarak kabul görmüştür. Güneş enerjisinin çevreye zarar vermeyip temiz bir kaynak olması ve ardından düşük maliyetli olması önemini gittikçe arttırmaktadır [30].

Ülkelerin gelişmiş düzeyini gösteren önemli parametrelerden birisi enerji tüketim miktarıdır. Bu miktar ekonomik ve teknolojik açıdan gelişmişliği göstermektedir. İnsan yaşamı için gerekli olan enerji öncelikle fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Günümüzde fosil yakıtlara alternatif ve sürdürülebilir olması adına yenilenebilir enerji kaynaklarına eğilim artmış ve bu konuda devlet teşvikleri de artmış olup bu alanda iş fırsatları da oluşmaktadır. Ülkemizdeki fosil yakıt rezervlerinin yetersiz durumda olması farklı enerji kaynaklarını bulmaya ve değerlendirmeye zorunlu hale getirmiştir. Türkiye'nin stratejik ve ekonomik çıkarlarının korunması için fosil yakıtlara bağlılığının azalması gerekmektedir. Bu nedenle güneş, rüzgâr, hidrolik, biokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu kaynakların başında ise potansiyeli yüksek, ucuz, temiz ve çevreye zararsız olan güneş enerjisi gelmektedir. Türkiye'de ışınım şiddeti ve güneşlenme süresi üzerine yapılan araştırmalar güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğunu göstermiştir. Bu nedenle güneş enerjisi alanında yapılacak uygulamalar dışa bağımlılığı azaltacak global anlamda rekabet gücünü arttıracaktır. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili Ar-Ge çalışmalarının yapılması ve teknolojik alanda ilerlemelerin olması gerekliliktir (Çolak vd., 2017).

2.19. Enerji Kaynakları ve Sınıflandırılması

Enerji kaynakları Şekil 2.25'te görüldüğü gibi sınıflandırılmaktadır.



Şekil 2.25. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

2.20. Güneş Enerjisi Potansiyelimiz

Türkiye bulunduğu coğrafi konum nedeniyle güneş enerjisi anlamında önemli bir potansiyele sahiptir. Bakanlık ile hazırlanan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) nda

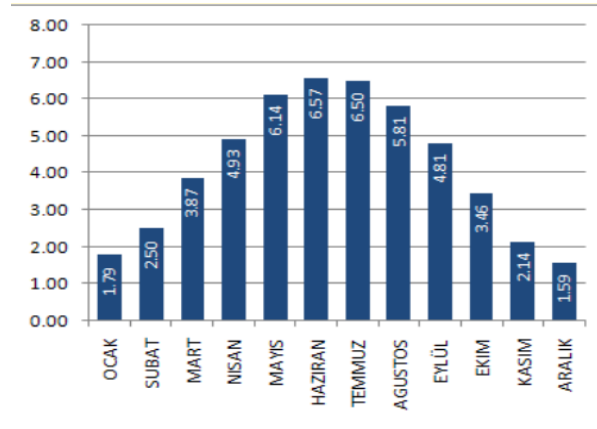
bulunan verilere bakıldığında ortalama yıllık ışınım değeri 1.527,46 kWh/m² toplam güneşlenme süresi 2.741 saat olarak belirlenmiştir. GEPA’ da bulunan aylık ortalama global radyasyon ve genel potansiyel görünümü aşağıda yer almaktadır [33].

2.21. Türkiye’nin Güneş Enerji Potansiyel Haritası



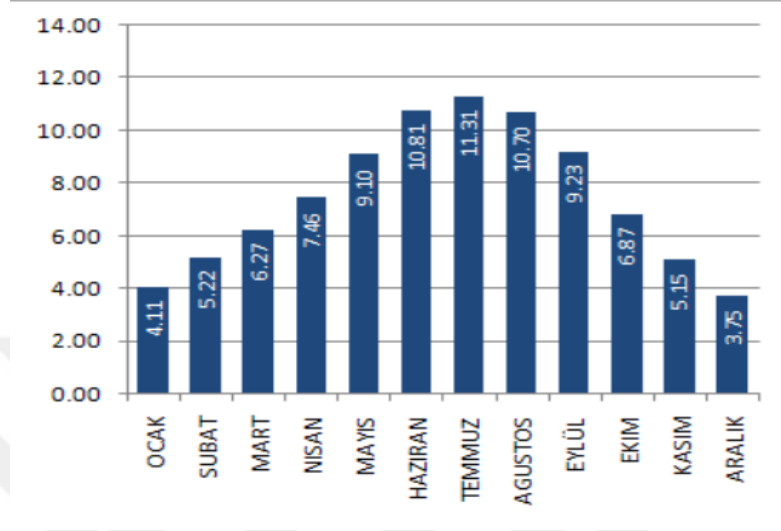
Şekil 2.26. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) (YEGM, 2020)

Şekil 2.26 'de Türkiye'nin güneş ışınlarından en fazla ve en az yararlanan şehirleri açık ve koyu kırmızı renklerle sembolize edilmiştir. Açık veya koyu kırmızı renklerle gösterilmiş olan şehirlerdeki güneş enerjisi global radyasyon değerleri 1600 ile 1800 arasında değişmektedir. En çok güneş alan bölge Güney Doğu Anadolu olup potansiyeli en düşük olan bölge Karadeniz'dir. Buna karşın Karadeniz bölgesinde görülen veriler Almanya'da en yüksek potansiyelli bölgelerden daha yüksekte görülmektedir. Şekil 2.27'de ise aylara göre radyasyon değerleri gösterilmiştir. (Dinçer vd., 2018).



Şekil 2.27. Türkiye Global Radyasyon Değerleri (kWh/m²- gün) (Ay İçerisindeki Bir Günlük Toplam Güneş Radyasyonu) (YEGM, 2020).

Şekil 2.28'de gösterilen değerler Türkiye’de aylık bazda ortalama günlük global radyasyon değerleri görülmektedir. Global radyasyon değerinin en yüksek olduğu ay haziran ayı olarak görülmektedir. Türkiye’de aylık bazda ortalama günlük ışıma şiddetinin 4,18 kWh/m² olup ortalama global radyasyon değeri ise 1524,18 kWh/m²-yıl (4,18x365) dir [29].



Şekil 2.28. Türkiye Güneşlenme Süreleri (Saat) (Ay İçerisindeki Bir Günlük Toplam Güneşlenme Süresi) (YEGM, 2020).

Şekil 2.28’de Türkiye’nin aylık bazda ortalama güneşlenme süresi görülmektedir. Güneşlenme süresi temmuz ayında maksimum seviyede olup Aralık ayında minimum seviyededir. Türkiye’de aylık bazda ortalama güneşlenme süresi 7,49 saat-gün olup yıllık bazda ise 2736,89 saat-yıldır. Bu verilere bakıldığında Türkiye güneş enerjisi ve güneşlenme süresi açısından oldukça yüksek potansiyele sahip bir ülkedir (Sarıkaya, 2009).

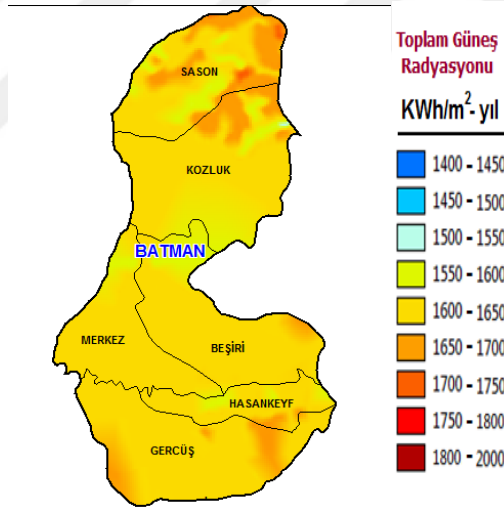
2.22. Güneş Enerjisinin Faydaları

- Güneş enerjisinin tükenmeyen bir enerji olması dolayısıyla herhangi bir yakıt ihtiyacı bulunmamaktadır.
- Güneş enerjisinin kullanılmasıyla fotovoltaik güneş panelleri de kullanılarak elektrik üretilebilmektedir. Bu panellerin çevreye herhangi bir olumsuz etkisi bulunmamaktadır. (Enerjibeş, 2016).
- Güneş enerjisinin varlığı canlıların yaşam döngüsü içerisinde sürekliliğin sağlanması için esas enerji kaynağıdır.
- Günümüzde tüketilmekte olan enerji kaynaklarının büyük bir kısmı güneşin neden olduğu çeşitli tepkimeler sonucu oluşmuştur [33].

- Güneş enerjisinin kullanılması ile ısıtma ve elektrik enerjisi elde edilebilmektedir. Bu durumda endüstriyel alanda enerji üretimi açısından oldukça önemlidir (Elibüyük vd., 2017).
- Güneş ışınlarının odaklanarak yoğunlaştırılması işlemine ve sürecine dayanan teknolojilerin kullanılması ile seralarda, binalarda, endüstriyel alanlarda ısıtma ve havalandırma uygulamaları gerçekleştirilmektedir (Cebeci, 2017).

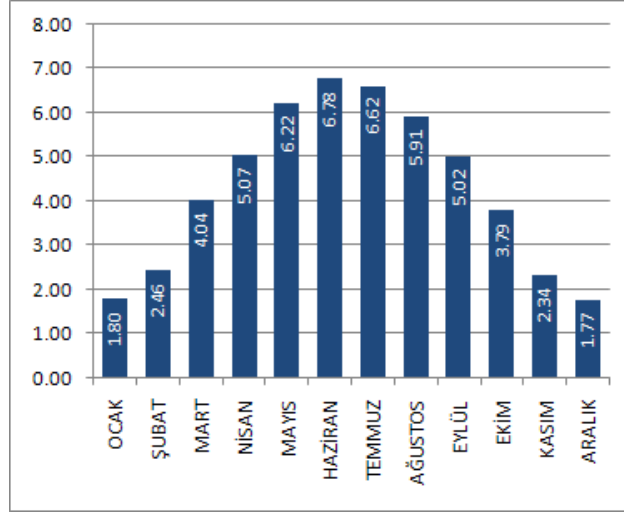
2.23. Güneş Enerjisinin Zararları

- Güneş enerji santrallerinin kurulması amacıyla büyük alanlara ihtiyaç duyulmakta olup güneş enerji santralleri iklim şartlarından etkilenmektedir.
- Güneş enerjisinden kaynaklı enerji depolanması için kurulacak tesisin ilk yatırım maliyeti oldukça fazladır.
- Günümüzde kullanılmakta olan güneş enerji panelleri yansıyan güneş ışınlarının en fazla %12 ile 20 si arasında elektrik dönüşümü sağlamaktadır (Yaman vd., 2019).



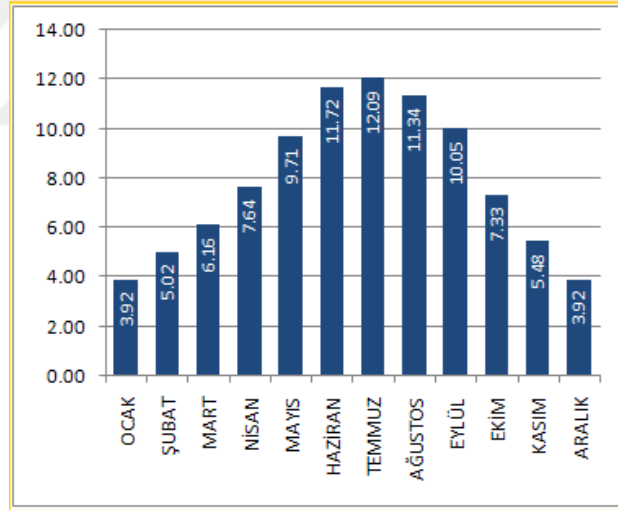
Şekil 2.29. Batman İline Ait Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası

Şekil 2.29' da Batman iline ait güneş enerjisi potansiyel atlası ile toplam güneş radyasyonu gösterilmiştir.



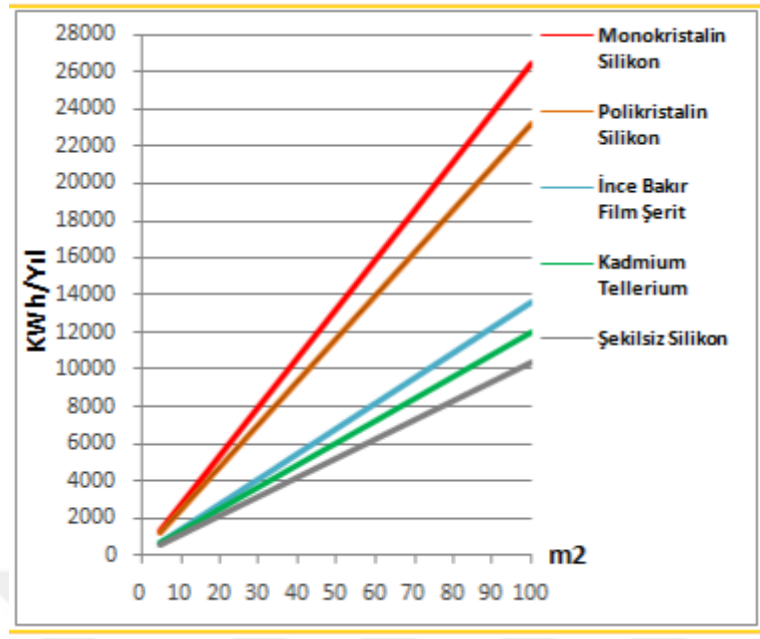
Şekil 2.30. Batman İli Global Radyasyon Değerleri (KWh/m2-gün)

Şekil 2.30 'da ki grafiğe baktığımızda en fazla ışınım şiddetine 6.78 kWh/m2-gün ile Haziran ayında ulaşıldığı, en az ışınım şiddetine de 1.77 kWh/m2-gün ile Aralık ayında ulaşıldığı görülmektedir.

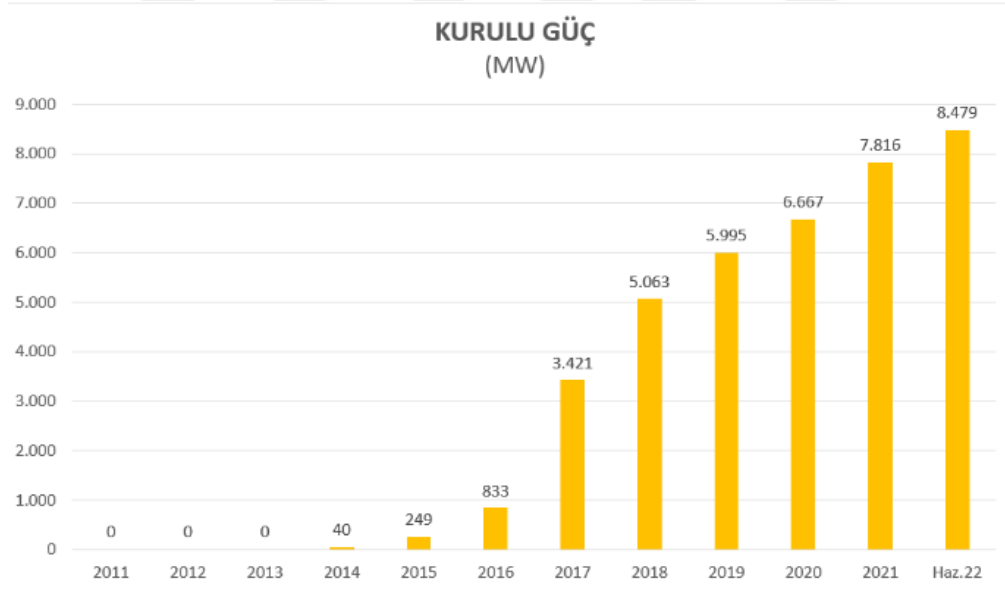


Şekil 2.31. Batman İli Güneşlenme Süreleri (Saat) (Ay İçerisindeki Bir Günlük Toplam Güneşlenme Süresi)

Şekil 2.31 deki grafik incelendiğinde, Batman ili ortalama güneşlenme süresinin maksimum değerine 12.09 (saat) ile Temmuz ayında, güneşlenme süresi minimum değerine 3.92 (saat) ile Ocak ve Aralık ayında ulaştığı görülmektedir [36].

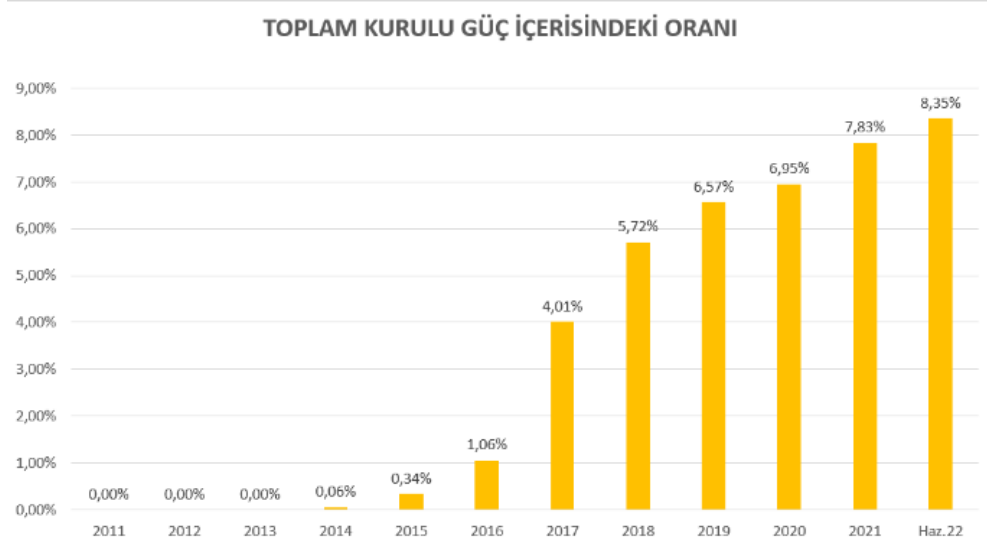


Şekil 2.32. Batman İli PV (Fotovoltaik) Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (KWh-Yıl)



Şekil 2.33. Türkiye'deki Güneş Enerjisine Bağlı Kurulu Gücümüz (TC Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı)

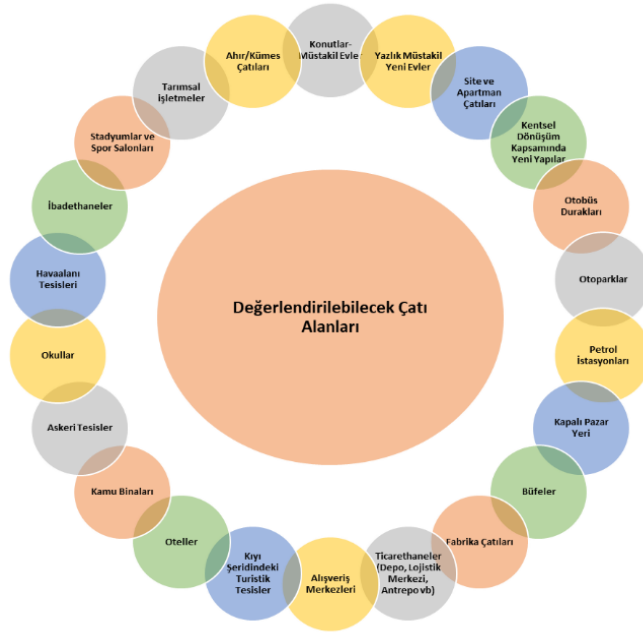
Şekil 2.32'de Batman ili için kullanılacak PV panel tipi ve üreteceği enerji gösterilmektedir. Şekil 2.33'de gösterildiği gibi Haziran 2022 sonu itibariyle güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücümüz 8,479 MW, toplam kurulu güç içerisindeki oranı %8,35 olup yıllara göre kurulu güç değişimi ve toplam kurulu güç içerisindeki oranı yukarıdaki grafikte yer almaktadır. Şekil 2.34'de Türkiye'deki güneş enerjisine bağlı kurulu gücümüz gösterilmektedir [27].



Şekil 2.34. Türkiye’deki Güneş Enerjisine Bağlı Kurulu Gücümüz(TC Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı)

2.24. Çatı ve Cephe Uygulamalı Güneş Enerjisi Yatırımları

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yapılmış olan incelemelere göre ülkemizde 11.6 milyon bina bulunmakta olup bunların yaklaşık olarak %87’si mesken veya konut nitelikli yapılardır. Ülkemizde bina sayısına her geçen yıl 100 binden fazla bina eklenmekte olup bu binaların cephelerinde ve çatılarında ilerleyen yıllarda büyük miktarlarda yenilenebilir güneş enerjisi yatırımlarının yapılması kuvvetle muhtemeldir. Türkiye’de değerlendirilebilecek çatı alanlarına ilişkin bilgiler aşağıda görülmektedir [1].



Şekil 2.35. Ülkemizde Ges için değerlendirilebilecek çatı alanları

Konutlarda, sanayi alanında ve bireysel kullanımda ihtiyaç duyulan enerji ihtiyacının direkt olarak güneşten sağlanması mümkün değildir. Bu nedenle güneş enerjisi birtakım yöntemlerle dönüştürülerek kullanılmaktadır. Bu konuda birçok yeni teknoloji ortaya koyulmuştur. Güneş enerjisi ile elde edilen teknolojilerin gelişimi farklılık göstermekte olup bu üretimlerin bir kısmı güneş enerjisini direkt olarak kullanmakta iken diğer bir kısmı da güneş enerjisinden elektrik elde etmektedir. Güneş enerjisinin kullanım alanları içerisinde sıcak su temini, ısıtma ve soğutma, sanayi bölgeleri için proses ısı enerjisi ve sera ısıtması bulunmaktadır. Şekil 2.35’de ülkemizde Ges için değerlendirilecek çatı alanları verilmiştir [1].

2.25. Isıl Güneş Enerji Sistemleri

Isıl güneş enerji sistemleri elde edilmiş olan ısı değerine göre yoğunlaştırıcı asıl sistemler ve düşük sıcaklık uygulamaları olarak ikiye ayrılmaktadır [33].

2.25.1. Düşük Sıcaklık Uygulamaları

Güneş havuzları, su artıma sistemleri, düzlemsel ve vakumlu güneş kolektörleri, güneş bacaları, ürün kurutma ve sera ısıtma sistemleri, güneş mimarisi gibi uygulamalar güneş enerjisinden düşük seviyede sıcaklıkların elde edilmesine yönelik ortaya çıkan uygulamalardır. Bu türlerin içerisinde en basit ve yaygın olarak kullanılan yöntem güneş kolektörleridir. Düzlemsel güneş kolektörlerinin çalışma prensibi yüzeye gelen güneş enerjisinin hava, su veya başka bir akışkana iletilmesi üzerinedir. Bu sistemler genellikle evlerde su ısıtılması amacıyla kullanılmakta olup ulaşabildikleri sıcaklık değeri 70°C civarındadır. Düzlemsel güneş kolektörleri genellikle güneş ışığını toplayan yüzey, yalıtım malzemesi, saydam örtü, yüzeye entegre edilmiş olan taşıyıcı borular ve kasadan oluşmaktadır. Kolektörler yapılacakları bölgenin enlemi ile ilişkili olarak güneşi maksimum seviyede alacak sabit bir açı ile yerleştirilmektedirler. Düzlemsel güneş kolektörlü sistemler zorlanmış (dolaşım pompalı) ve doğal dolaşımlı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu sistemler yüzme havuzları, sanayi tesisleri ve konutlarda sıcak suyun elde edilmesi amacıyla kullanılmaktadır [1].

2.25.2. Yoğunlaştırıcı Isıl Sistemler

Özellikle elektrik üretilmesi amacıyla kullanılan yoğunlaştırıcı ısı güneş enerjisinin kullanıldığı tesisler genellikle 10 MW ve üzerinde olmaktadır. Bu sistemlerde çanaklar, parabolik aynalar veya heliostatlar kullanılmakta olup elektrik enerjisinin elde edilme süreci aşağıdaki gibidir:

1. Bir kolektör sistemi kullanarak güneşten gelen radyasyonunun toplanması
2. Bir alıcı üzerine güneş radyasyonunun yoğunlaştırılması

3. Alıcı yardımıyla güneş radyasyonunun ısı enerjisiye çevrilmesi
4. Isıl enerjinin bir güç dönüşüm sistemine transfer
5. Isıl enerjinin bir buhar türbini-jeneratör sistemi ile elektrik enerjisine dönüştürülmesi.

Bu sistemler genel olarak parabolik çanak sistemler, merkez alıcılı sistemler ve parabolik oluklu sistemler olarak üç kısımda uygulanmaktadır.

2.25.3. Fotovoltaik Güneş Teknolojileri

Güneş enerjisi ile ilgili teknolojik gelişmeler içerisinde en temel olarak bilinen prensip güneş enerjisini direkt olarak elektrik enerjisine çevirmektir. Fransız bilim adamı Edmond Becquerel'in ilk kez 1839'da ortaya koymuş olduğu fotovoltaik olay iletken bir sıvıda bulunan elektrotun ışık yayması neticesinde keşfedilmiştir. İlerleyen yıllarda, 1877'de ise W.G. Adams ile R.E.Day tarafından katılaştırılmış selenyumda bu fotovoltaik etki gözlenmiştir. C. Fritts tarafından 1883'te bu teknoloji biraz daha geliştirilmiş olup %1'in altında verimliliği bulunan ince bir altın tabakası üzerinde bulunan selenyum güneş hücresi takip etmiştir. Tüm bu gelişmelerin ardından W. Hallwachs bakır oksit ve bakırı kullanarak yarı iletken özelliğe sahip bir güneş hücresi tasarlamıştır. Albert Einstein'ın 1904'te yazmış olduğu fotoelektrik olay makalesi sonucundan da bu etki daha iyi bir şekilde anlaşılmasına başlamıştır. Son olarak 1954'te Bell laboratuvarlarının üretmiş olduğu ilk Si p-n eklemli güneş hücresi ile başlamış olan güneş enerjisinden elektrik üretilmesi süreci günümüze kadar ulaşmış ve yeni birçok araştırmaya konu olmayı başarmıştır [3].

Fotovoltaik güneş teknolojilerinin temel prensibinde fotovoltaik dönüşüm bulunmaktadır. Buradaki dönüşüm iki aşamada gerçekleşmekte olup birinci aşamada negatif ve pozitif akım taşıyan yük çiftleri oluşturulmaktadır. İkinci aşamada ise çiftlerin bir elektrik alanı ile birbirinden ayrılması bulunmaktadır. PN eklemine oluşturulduğu esnada içinde fazla miktarda elektron barındırın n tipi yarı iletken madde ile içinde fazla miktarda pozitif yük bulunduran p tipi yarı iletken madde yan yana getirilmektedir. Burada oluşturulan eklemde yapısal anlamda bir elektriksel alan oluşmaktadır. Enerji dönüşüm olaylarının tamamı bu bölgede olmaktadır. Bu eklem gelen güneş fotonlarının enerjisi eklemde bulunan elektronlara verilerek bu enerji sonucunda oluşan pozitif ve negatif yükler mevcut olan elektriksel alan ile birbirlerinden ayrılmaktadır. Bu şekilde devrede doğru akımın üretilmesi sağlanır. Üretimi tamamlanan bu doğru akım istenildiği takdirde herhangi bir akü gurubunda depolanabilmektedir. Aynı zamanda DC/AC invertörler üzerinden şebekeye de verilebilmektedir.

Fotovoltaik güneş enerjisi teknolojilerinde en yaygın olarak kullanılan element silisyum elementidir. Yarı iletken özelliğe sahip olan birçok madde arasından güneş enerjisinin elde edilmesi için en uygun olan elementler silisyum, galyum arsenit, kadmiyum sülfür, kadmiyum tellür gibi maddelerdir.

Güneş hücreleri amorf ve kristaller olarak 2'ye ayrılmaktadır. Yaygın olan silisyum güneş hücreleri birçok teknolojiye sahip olup bunlar: çok (poli) kristalli, tek (mono) kristalli, şerit ve ince film ve şerit şeklindedir. Yüzeyleri dikdörtgen, kare veya daire biçimli olan güneş hücrelerinin alanları genel anlamda 100 cm² civarındadır. Kalınlıkları ise 0.2-0.4 mm arasında bulunmaktadır.

Güneş hücreleri bir araya gelerek güneş modüllerini oluşturmaktadır. Güneş modülleri günümüzde elektrik üretilmesi amacıyla kullanılmakta olup güçleri 675 Wp değerlerine yüzey alanı ise 2,1 m² seviyelerine ulaşmıştır. Güneş modülleri bir araya gelerek yüksek güce sahip güneş enerji santralleri oluşturulabilmektedir. Günümüzde yatırımcı kuruluşların sahip olduğu teknolojiye ve kurulum şekline bağlı olarak 13 ila 25 dönüm büyüklüğünde alana 1 MW kapasiteye sahip GES yapılabilmektedir. Bu anlamda özellikle yapıların cephelerine ve çatılarına kurulmuş olan GES'ler ile elektrik ihtiyacı giderilebilmektedir [33].

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) tarafından 2022 yılı Ağustos ayında yayınlanmış olan Kurulu Güç Raporu'nda ülkemizin toplam kurulu gücünün Ağustos sonu itibariyle **102.043,2 MW** seviyesinde olduğu ve toplam santral sayısının 11.027'ye yükseldiği belirtilmiştir. Yayınlanmış olan raporda ön plana çıkan bazı bilgiler aşağıdaki gibidir:

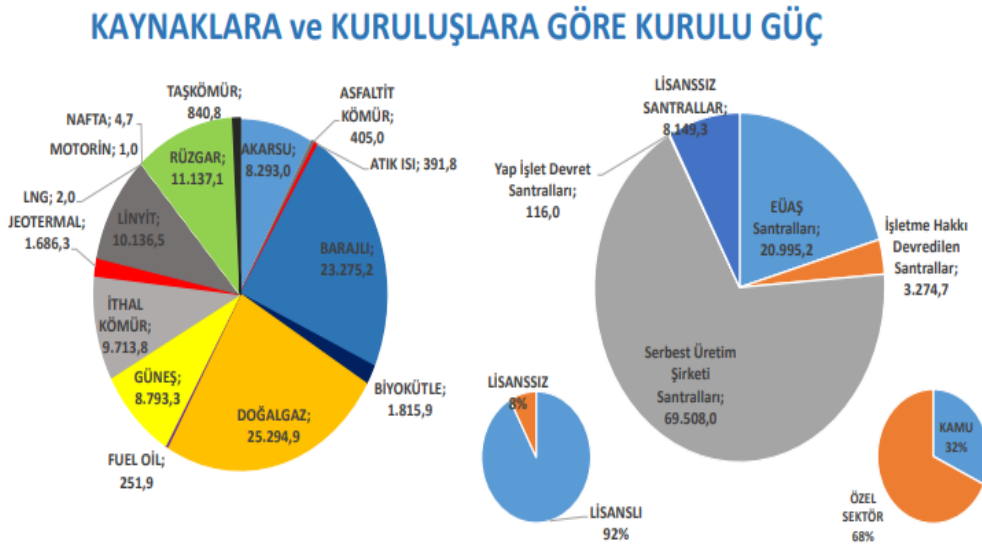
- Ağustos ayında toplam elektrik kurulu gücü Temmuz ayına göre 228,7 MW artmış santral sayısı ise Temmuz ayına göre 74 artmıştır.
- Yenilenebilir enerjinin kurulu gücü Temmuz ayına göre 229.7 MW artmış olup toplam kurulu güç **55.392,6 MW**'a yükselmiştir. Bu rakam yenilenebilir santrallerin toplam kurulu gücünün yaklaşık %55 ini oluşturmaktadır.
- Güneş enerji santrallerinin kurulu gücü Temmuz ayına göre 134.6 MW artmış olup güneş enerji santral sayısı toplamda 8957'ye yükselmiştir.
- Rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücü Temmuz ayına göre 83.5 MW artış göstererek toplamda **11.137,1 MW** olmuştur.
- Kurulu güçlerin içerisinde güneş enerjisi %8.61'i oluştururken rüzgâr enerjisi %10.91'i oluşturmuştur.
- Biyokütle santrallerin kurulu gücü Temmuz ayına göre 11.6 MW artış göstererek toplamda **1.815,9 MW** olmuştur.
- Kurulu güçlerin içerisinde ilk sırada **25.294,9 MW** güç ile doğalgaz bulunmakta iken doğalgazı **23.275,2 MW** güç ile barajlı hidroelektrik santralleri takip etmiştir.
- 2022 yılı Ağustos ayı sonu itibariyle fosil yakıt kaynaklı santrallerin kurulu gücü **46.650,6 MW** iken toplam kurulu güçlerin **%45.7'ini oluşturmaktadır** [31].

BİRİNCİL KAYNAKLARA GÖRE SANTRAL ADETLERİ VE KURULU GÜÇ		
BİRİNCİL KAYNAK	SANTRAL ADEDİ	KURULU GÜÇ (MW)
AKARSU	609	8.293,0
ASFALTİT KÖMÜR	1	405,0
ATIK ISI	95	391,8
BARAJLI	141	23.275,2
BİYOKÜTLE	382	1.815,9
DOĞALGAZ	344	25.294,9
FUEL ÖL	9	251,9
GÜNEŞ	8.957	8.793,3
İTHAL KÖMÜR	16	9.713,8
JEOTERMAL	63	1.686,3
LİNYİT	46	10.136,5
LNG	1	2,0
MOTORİN	1	1,0
NAFTA	1	4,7
RÜZGAR	357	11.137,1
TAŞKÖMÜR	4	840,8
TOPLAM	11.027	102.043,2

Şekil 2.36. Kurulu güç raporuna göre 2022 Ağustos ayı kurulu güç tablosu (GENSED 2022)

Şekil 2.36’da birincil kaynaklara göre santral adedi ve kurulu güçleri verilmiştir. Güneş enerjisi kurulu gücünün bulunduğu santraller ülkemizde 2022 yılında ilk 8 ay içerisinde lisanssız ve lisanslı olmak üzere toplamda 977,7 MW seviyesinde artış göstermiştir.

TEİAŞ ve Enerji Bakanlığı’ndan elde edilen verilere bakıldığında 2022 yılı içerisinde ilk sekiz ayda ülkemizde hibrit santrallerinde dışında tüm kaynaklarda 2.507,6 MW kapasiteye sahip elektrik üretim santrali devreye alınmıştır. Ortaya çıkan bu güç artışı içerisinde en yüksek pay sahibi 977.7 MW güç ile güneş enerji santralleri olmuştur [36].



Şekil 2.37. Türkiye'nin Kaynaklara ve Kuruluşlara Göre Kurulu Güç Dağılımı (TEİAŞ)

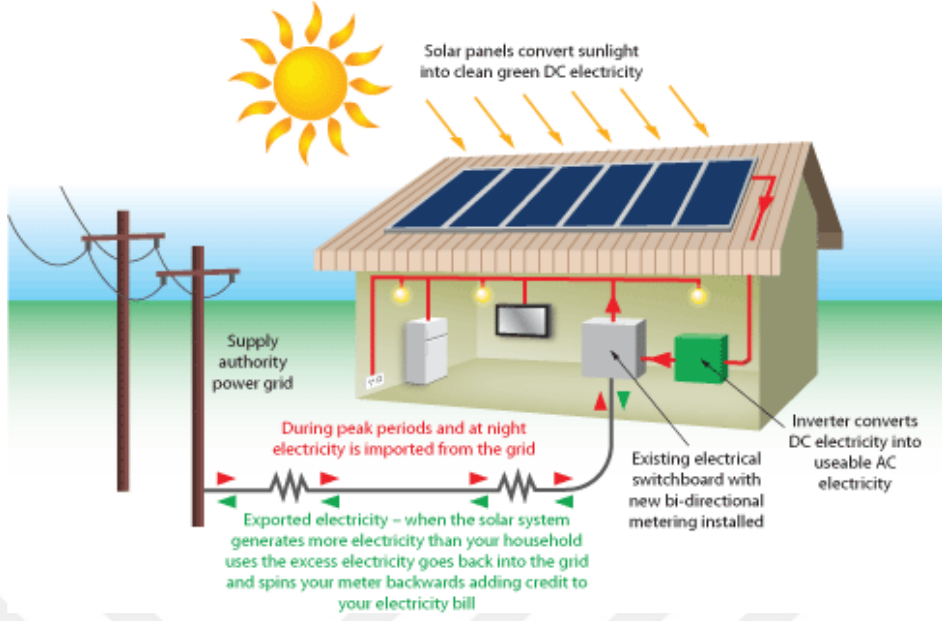
Bir coğrafi alanın güneş enerji potansiyeli o bölgenin yerküre üzerindeki konumu ile ilişkilidir. Buna rağmen bu durum tek kriter değildir. Güneş enerjisi potansiyeline etki eden birçok faktör bulunmamakta olup bunların başlıcaları olarak rüzgâr ve yağış rejimlerinde bulunan değişiklikler, baraj ve göllerin neden olduğu bağıl nem ve sıcaklık değişimleri ve bu değişimlerin neden olduğu atmosferdeki toz miktarı üzerine etkisi gibi etkenler gösterilebilir. Ulusal ve uluslararası meteoroloji istasyonları tarafından yapılan ölçümler neticesinde güneş enerji potansiyelini gösterir atlaslar bulunmaktadır. Bu atlaslarda belirtilen veriler, genellikle güneş ve yer küre arasında bulunan açılarının yıllık değişimine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bu nedenle bir coğrafi bölgenin güneş enerjisi potansiyelinin doğru ve rasyonel bir şekilde elde edilebilmesi için deneysel çalışmaların gerçekleştirilmesi gerekmekte olup bu çalışmaların yıllık olarak tekrarlanması ve atlasların güncellenmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında da bu amaç doğrultusunda Batman iline ait ışıınım miktarı yıl süresince ölçülmüş olup elde edilen veriler aylık bazda incelenerek atlas değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca mono-kristalin silikon fotovoltaik panelin ürettiği güç değeri de yıllık olarak ölçülmüştür. Ölçülmüş olan fotovoltaik panel güç değeri ile ışıınım miktarı arasındaki ilişki irdelenmiştir. Şekil 2.37’de ülkemizin kaynaklara ve kuruluşlara göre kurulu güç dağılımı verilmiştir [32].

2.25.4. Fotovoltaik (PV) Teknolojisi

- PV (Fotovoltaik) hücreleri fotovoltaik efekti kullanarak güneşten doğrudan bir şekilde DC elektrik üretimini sağlamaktadır.
- Fotovoltaik efekt güneş ışınlarının elektrik akımına çevrilmesi işlemidir.
- Ekonomik servis ömürleri ortalama olarak 25-30 yıl arasındadır. Şekil 2.38’de teorik bir villada PV gösterimi yapılmıştır.



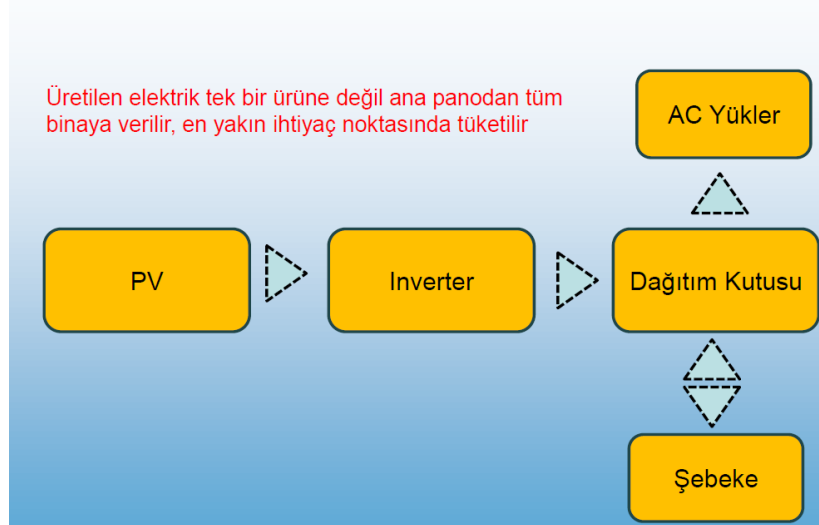
Şekil 2.38. Örnek bir villada PV (Fotovoltaik) gösterimi (Teorik bir villa çalışması)



Şekil 2.39. PV (Fotovoltaik) sistemi Çalışması

Şekil 2.39 ve Şekil 2.40'da PV sistemi çalışma prensipleri gösterilmiştir. Sınırsız ve tükenmeyen bir enerji kaynağı olan güneş enerjisinin temiz ve yenilenebilir olması nedeniyle çevreye zararlı duman, gaz, radyasyon vb. etkileri bulunmamaktadır. Güneş enerji sistemleri düşük maliyetli ve çevreci sistemler olup yüksek verim ile enerji elde edilen bir kaynak olması nedeniyle tercih edilmektedir. Enerji ihtiyacının olduğu her noktada kurulabilen güneş enerji sistemleri genellikle çatı gibi boş alanların işlev kazanarak enerji elde edilmesinde kullanılmaktadır. Montaj süreci oldukça kolay olup ekonomik anlamda dış bağımlılığı azaltarak gelirin artmasına neden olmaktadır [3].

Üretilen elektrik tüm binada kullanılır



Şekil 2.40. PV (Fotovoltaik) çalışma prensibi

Fotovoltaik güneş sistemleri modüler yapıda olmasından dolayı kurulumu kolaydır ve tüm arazi koşullarında kurulum yapılabilirler. Elektriğe ihtiyaç duyulan tüm alanlarda kullanım imkânı vardır fakat bunların başlıcaları Şekil 2.41 ve Şekil 2.42’de kullanım alanı ve montaj gösterildiği gibidir.

Bağ / dağ evleri	Baz istasyonları
Tarımsal sulamalar	Park, bahçe, tabela aydınlatma
Erken uyarı, alarm ve güvenlik sistemleri	Gözetleme kuleleri sinyalizasyon sistemleri
İnşaat, şantiye vb. saha uygulamaları	Mobil ve marin uygulamalar
Şehir içindeki evler, köy, kasaba gibi bölgeler	Otel vb. yapılar
Fabrika, atölye, endüstri vb. işletmeler	Kapalı alan aydınlatmaları
Lojistik ve soğuk hava depoları	Alışveriş merkezleri
Market ve mağazalar	Hastaneler, belediyeler vb.

Şekil 2.41. PV (Fotovoltaik) sistemlerinin kullanım alanları



Şekil 2.42. PV (Fotovoltaik) Çatı montaj Gösterimi

Fotovoltaik Sistemlerde Kullanılan Temel Ekipmanlar Fotovoltaik Güneş Paneli

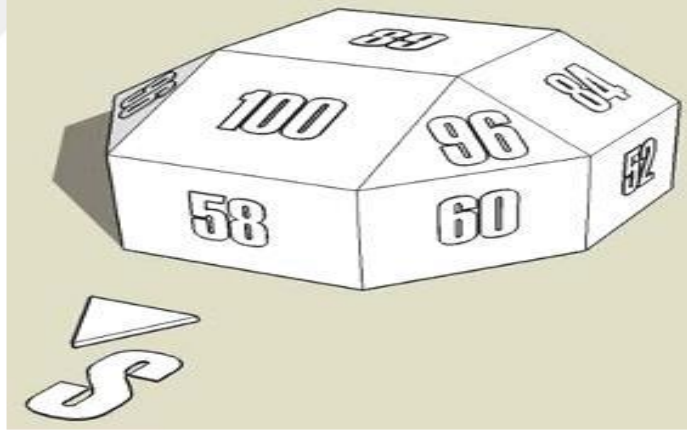


Şekil 2.43. Pv (Fotovoltaik) Ekipmanları

Fotovoltaik güneş hücrelerinin seri/paralel olarak bağlantı yapılması ile birleştirilen belirli güçlerde üretilen modüllere fotovoltaik güneş paneli denmektedir. Fotovoltaik güneş panelleri; Güneşten gelen fotonlar hücrelerin üzerine düştüğü durumda güneş enerjisini doğrudan DC elektrik enerjisine dönüştüren ve bu süreç esnasında Arsenit, Galyum, Kadmiyum, Bakır İndiyum Diselenid veya Tellurid gibi yarı iletken özelliğe sahip malzemelerin kullanıldığı sistemlerdir. Şekil 2.43’de Pv ekipmanları gösterilmektedir [3].

İdeal Sistem

- Sistemin güney yönünde ideal bir açı ile baktığı durumda 100 üretilmesi durumunda diğer yönlere ve açılara bakan paneller daha düşük miktarda elektrik enerjisi üretecektir.
- Kurulu bir sistem invertör, panel, konektör, kablo ile montaj konstrüksiyonundan oluşmakta olup buradaki parçalardan herhangi birisinin hatalı uygulanması sonucunda verim etkilenmektedir.
- PV (Fotovoltaik) sistemleri oransal olarak enerji üretmekte olup güneşin geliş açısı havanın bulutluluk durumu ve yansımalara göre her an içerisinde farklı enerji üretmektedir. Şekil 2.44’de ideal sistem gösterilmiştir.



Şekil 2.44. İdeal sistem

2.26. Neden Kendi Elektrığımızı Kendimiz Üretmek İstiyoruz?

Elektrik satış fiyatlarının olası artışlarından kaçınmak, 25 yıldan fazla sürecek bir zaman diliminde ücretsiz elektriğe sahip olabilmek, elektrik tüketiminin büyük bir kısmının öz kaynaklarla üretilmesi, çatı gibi boş hacimleri değerlendirmek, otopark alanı gibi kısımları verimli kullanarak enerji üretmek, yeşil bir şirket olarak rekabet avantajı yaratmak, çatıya yansımakta olan güneş ısıısının sıcaklığını azaltarak binanın güneş kaynaklı soğutma yükünü %3’e kadar azaltmaktır [31].

2.27. Güneş Panelleri Uygulama Alanları

2.27.1. Arazide Sabit Masalı GES Uygulamaları

- Toprak üzerinde en az %7 daha fazla elektrik üretimi
- Toprak üzeri konkasör serilmesi halinde en az %10 daha fazla elektrik üretilmesi
- Fırtına durumunda da olsa yüksek verimliliğe sahip olan üretim
- En az %10 daha fazla elektrik üretimi. Şekil 2.45’de arazi uygulamaları için Ges uygulama örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.45. Arazide sabit masalı Ges uygulama örneği

2.27.2. Arazide Hareketli GES Uygulamaları

Arazi üzerinde GES uygulamaları çift yözlü panellerin kullanılması ile güneş ışınlarından en üst seviyede faydalanılmaktadır. Bu durumu sürdürülebilir hale getirmek amacıyla hareketli sistemler olarak adlandırılan tracker üzerine kurulduğunda minimum verim kaybı ile çalışması sağlanmaktadır. Hareketli sistemin üzerine kurulmuş olan çift taraflı cam paneller ile gün içerisinde %10 daha fazla elektrik enerjisi üretilebilmektedir Şekil 2.46’da arazide hareketli Ges uygulama örneği gösterilmiştir [34].



Şekil 2.46. Arazide Hareketli GES Uygulama Örneği

2.27.3. Endüstriyel Çatı Uygulamaları

Endüstriyel çatılarda kullanılan güneş panelleri süper hafif konstrüksiyona sahip olup 155 km/st rüzgâr yüküne dayanıklı olarak tasarlanmaktadır. m² üretim anlamında normal panellere göre %5 daha fazla enerji üretmektedir. Aynı zamanda AA sınıfı yangın korumalı alev kalkanı özelliğine de sahiptir. Şekil 2.47’de endüstriyel çatı uygulanması örneği gösterilmiştir [34].



Şekil 2.47. Endüstriyel Çatı Uygulama Örneği

2.27.4. Kanopi Uygulamaları

- m² de standart güneş sistemlerine göre en az %5 artı elektrik üretimi
- Skylight Kanopi Sistemleri ile bol güneşli istasyonlar.

Şekil 2.48’de kanopi GES uygulama örneği gösterilmiştir [34].



Şekil 2.48. Kanopi GES uygulama örneği

2.27.5. BIPV (Binaya Entegre Fotovoltaik) Uygulaması

Bu sistemlerde 1.6-12 mm kalınlık değerlerinde olan camlar ile binaların cephesi kaplanarak binanın dış cephesi güneş santraline dönüşmektedir. Çift camlı modüller düşük karbon emisyonu

ve sıfır elektrik maliyeti konseptinde olan akıllı binalarda yapılara entegre olarak kullanılabilir. Özel cam panel tasarımları ile çatı yerine de panel imalatlar yapılabilmektedir. Bu sayede çatı malzemelerinin kullanımı yerine güneş panelleri kullanılarak enerji üretimi sağlanır. Şekil 2.49’da dış cephe Ges uygulama örneği gösterilmiştir [34].



Şekil 2.49. BIPV (Binaya Entegre Fotovoltaik) GES Uygulama Örneği

2.27.6. Yüzer GES Uygulamaları

Yüzer GES uygulamaları sudan yansımakta olan güneş ışınlarını da kullanarak çift yüzlü paneller ile enerji üretilmesini sağlar. Rüzgâra, delinmeye ve dalgalara dayanıklı yapıda olup nem almazlar. Yüzer GES’lerde 6 kat daha dayanıklı çift camlar kullanılmakta olup 6. Derece tuzlu su korozyonuna dayanıklıdır. Aynı zamanda tutuşmayan ve alev almayan bir özelliğe sahiptir. Şekil 2.50’de yüzer Ges uygulama örneği gösterilmiştir [34].



Şekil 2.50. Yüzer GES Uygulama Örneği

2.27.7. Otopark Uygulamaları

Otoparklarda kullanılan güneş enerji panelleri özel olarak çift cam olarak üretilmekte olup su sızdırmayan özelliği bulunmaktadır. m² deki en yüksek elektrik üretiminin sağlandığı uygulama aynı zamanda elektrikli araçlar için şarj istasyonu görevi görmektedir. Çevre dostu olan otoparklar araçları yağmurdan ve güneşten de korumaktadır. Şekil 2.51’de otopark Ges uygulama örneği gösterilmiştir [34].



Şekil 2.51. Otopark GES Uygulama Örneği

2.27.8. Konut Çatıları Uygulamaları

Konut çatılarında kullanılan güneş panelleri hafif ince camlı olup kiremit kaplı çatılara da entegre şekilde dönüşebilmektedir. Yüksek performansa sahip olan bu paneller AA sınıfı yangın korumasına sahiptir. Binanın ekonomik ömrü süresince elektrik üretebilmekte olup bakım gerektirmemektedir. Şekil 2.52’de konut Ges uygulama örneği gösterilmiştir [34].



Şekil 2.52. Konut Çatı GES Örneği

2.27.9. Sera Uygulamaları

Seralarda kullanılan güneş panelleri özel hafif ince camdan oluşmakta olup ihtiyaç kadar güneş enerjisini geçirmektedir. Sera camı yerine kullanılması amacıyla da elverişli yapıda bulunan paneller düşük karbonlu yapıya sahiptirler. Şekil 2.53’de sera Ges uygulama örneği gösterilmiştir [34].



Şekil 2.53. Sera GES Uygulama Örneği

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Batman ilinde bulunan Şekil 3.2 de mimari planları verilen Z+1 kattan oluşan villa yapısının güneş enerjisi destekli ısı pompası ile ısıtılıp soğutulması incelenmektedir. Batman iline ait iklim verileri tabloda verilmiştir. Villanın zemin kat alanı 270 m², birinci kat 250 m² ve çatı katı 250 m²dir. Villanın ısıtılma sisteminde yerden ısıtma, kullanım sıcak suyu için ısı pompası entegreli boyler, soğutma için fan coil kullanılıp sistem tasarımı yapılmıştır. Konut yapısında kullanılan malzemelerin özelliklerinin belirlenmesi aşamasında İzoder TS 825 yazılımı kullanılmış olup TS 825 standartlarınca tasarımı yapılmış olan villanın ısı kayıplarına ilişkin yüklerin hesabı ve performans analizlerinde Daikin firması tarafından geliştirilen “Standby me -Heating Solutions Navigator” yazılımı kullanılmıştır.

Daikin firması tarafından geliştirilen bu yazılım ile soğutma, ısıtma, klima ve havalandırma sistemlerinin tasarımı ve analizleri yapılabilmektedir. Program ile yapıda uygulanan mekanik tesisattaki bütün malzemelerin kapasiteleri hesaplanmaktadır. Aynı zamanda enerji maliyetleri, emisyon değerlendirmeleri ve sistemin enerji analizleri de yapılabilmektedir. Yapıdaki ısı akışının hesaplanması amacıyla ASHRAE Transfer Fonksiyon yöntemi kullanılmaktadır. 8760 saatli veriler kullanılarak gerçek bir saatlik enerji analizi yapılmakta ve ısı transfer analizi gerçekleştirilmektedir. Dünya üzerinde birçok kentin iklimsel verileri için oluşturulmuş olan veri tabanları kullanılarak enerji analizlerinin gerçekleştirilmesi için saatlik iklim verileri kullanılmaktadır. HVAC sisteminde bulunmayan bileşenler ile HVAC bileşenlerinin saatlik enerji tüketimleri dikkat alınarak yapılaraya ait belirli zaman dilimlerinde enerji tüketim profilleri oluşturulabilmektedir. Enerji tüketim verileri göz önünde bulundurularak enerji ve yakıt maliyetlerinin analizi yapılmaktadır. Program sayesinde cihaz seçimi yapılabilmekte ve boyutlandırma da gerçekleştirilebilmektedir. Yapılan bu işlemler rapor halinde elde edilebilmektedir. Enerji tüketimine ilişkin tüm bilgiler raporda görülebilmektedir.

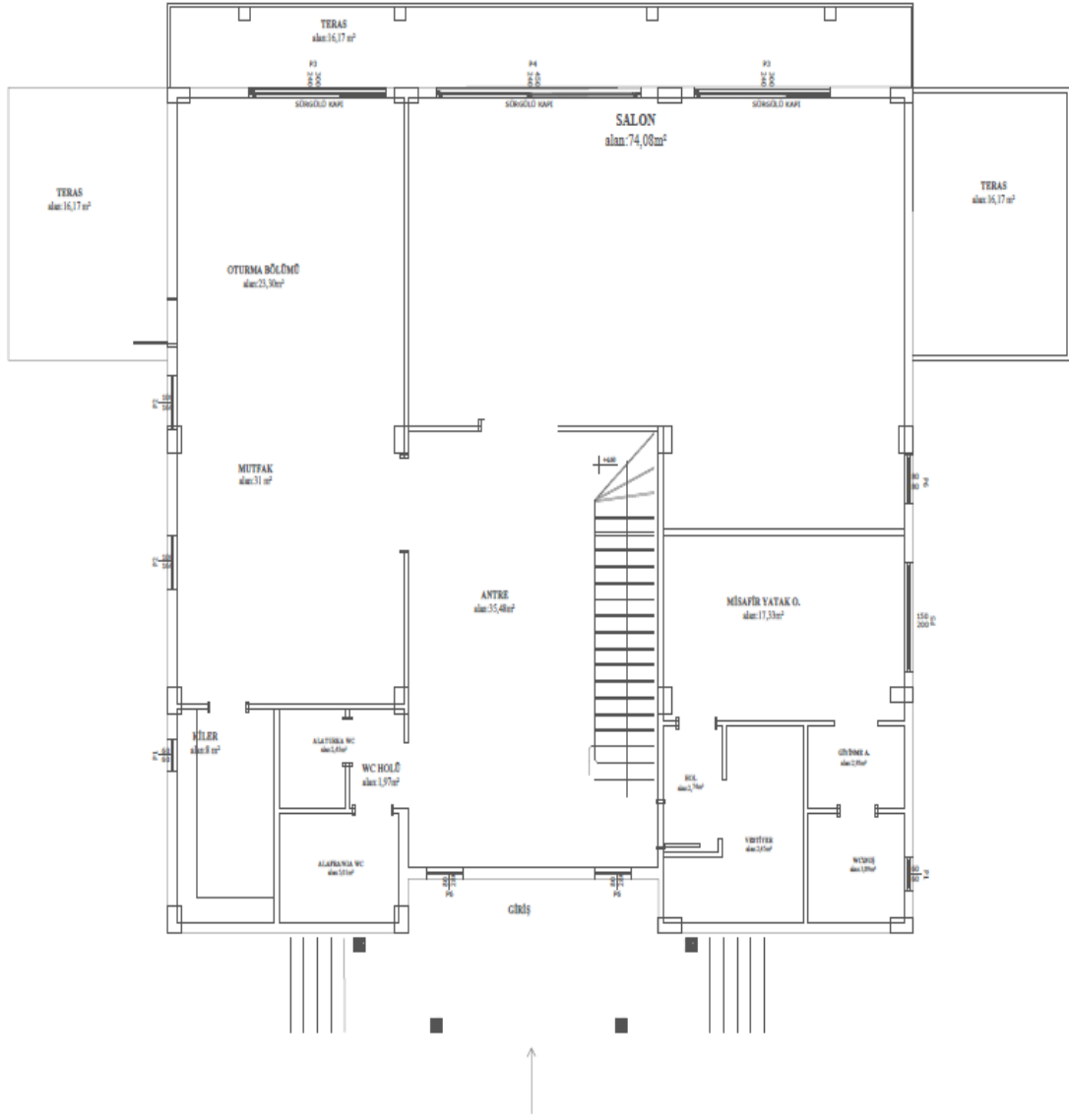
Günümüzde enerji tüketimi oldukça önemli bir konu olup minimum seviyede tutulması bir gereklilik haline gelmiştir. Bu nedenle de ısı hesaplarının doğru bir şekilde yapılması, yapının kullanım amacına ve özelliklerine uygun sistemlerin belirlenmesi enerji verimliliği açısından oldukça önemlidir. Geliştirilen yazılımlar ile en karmaşık hesaplar bile kısa sürede analiz edilerek raporlaştırılabilmektedir. Daikin tarafından yapılmış olan “Heating Solutions Navigator” yazılımı tasarım hesaplarına sistem tabanlı bir yaklaşım getirmiştir. Seçilen sistemin boyutlandırmasını yaparak değerlendirilmesine imkân tanımaktadır. Bu sayede de farklı sistemlerin kullanılması halinde bu farklı sistemlerin kıyaslamasını ve değerlendirilmesi yapılabilmektedir.

Çalışmada Batman iline ait iki katlı bir villanın ısıtılmasında hava kaynaklı ısı pompasının yerden ısıtma, villanın soğutulmasında 2 borulu fan coil sistemleri ve sıcak su ihtiyacı içinde boyler kullanılmıştır. Isı pompasına ait yük değerlerinin belirlenmesinde tesisata ait su sıcaklığı ve dış

ortam ısısı dikkate alınmaktadır. Isı pompasının tüketim ve üretim verileri doğrultusunda COP (Coefficient of Performance) değerleri belirlenmektedir. Yerden ısıtma uygulaması için tesisat su sıcaklık giriş değeri olarak 45°C yazılıma girilmiştir. Program yapının yapıldığı bölgenin iklim verilerini veri tabanı kullanarak bulmakta olup son 10 yıllık veriler kullanılmıştır. Yapılan simülasyonlarda saatlik, günlük, aylık hesaplamalar yapılarak enerji tüketim ve üretim verileri belirlenmektedir. Yıllık hesaplamaların yapılması ile SCOP (Seasonal Coefficient of Performance), emisyon değerlendirmesi ve işletme maliyeti belirlenmektedir. Yapılan hesaplarda kullanılmak üzere Batman iline ait iklim verileri Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

BATMAN	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1959 - 2022)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	2.5	4.6	9.2	14.4	19.4	26.0	30.2	29.5	24.2	17.3	9.6	4.3	15.9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	7.7	10.8	15.9	21.7	27.8	35.1	39.5	39.5	34.6	26.7	17.0	9.7	23.8
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-1.5	0.0	3.6	7.9	11.4	15.9	20.3	19.7	15.0	10.1	4.1	0.5	8.9
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.3	4.7	5.5	7.4	9.2	11.6	12.0	11.2	9.9	7.1	5.2	3.0	7.5
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.28	10.45	11.91	11.28	8.39	2.20	0.41	0.38	1.08	5.78	7.52	10.14	80.8
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	61.1	64.6	76.6	73.2	46.8	8.6	1.7	1.9	4.9	34.1	54.2	63.0	490.7
Ölçüm Periyodu (1959 - 2022)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18.6	24.6	30.6	35.8	42.0	45.1	48.8	46.2	43.8	37.0	28.6	22.6	48.8
En Düşük Sıcaklık (°C)	-24.0	-22.2	-17.0	-9.0	0.9	0.0	11.8	11.5	4.4	-3.0	-7.6	-23.0	-24.0

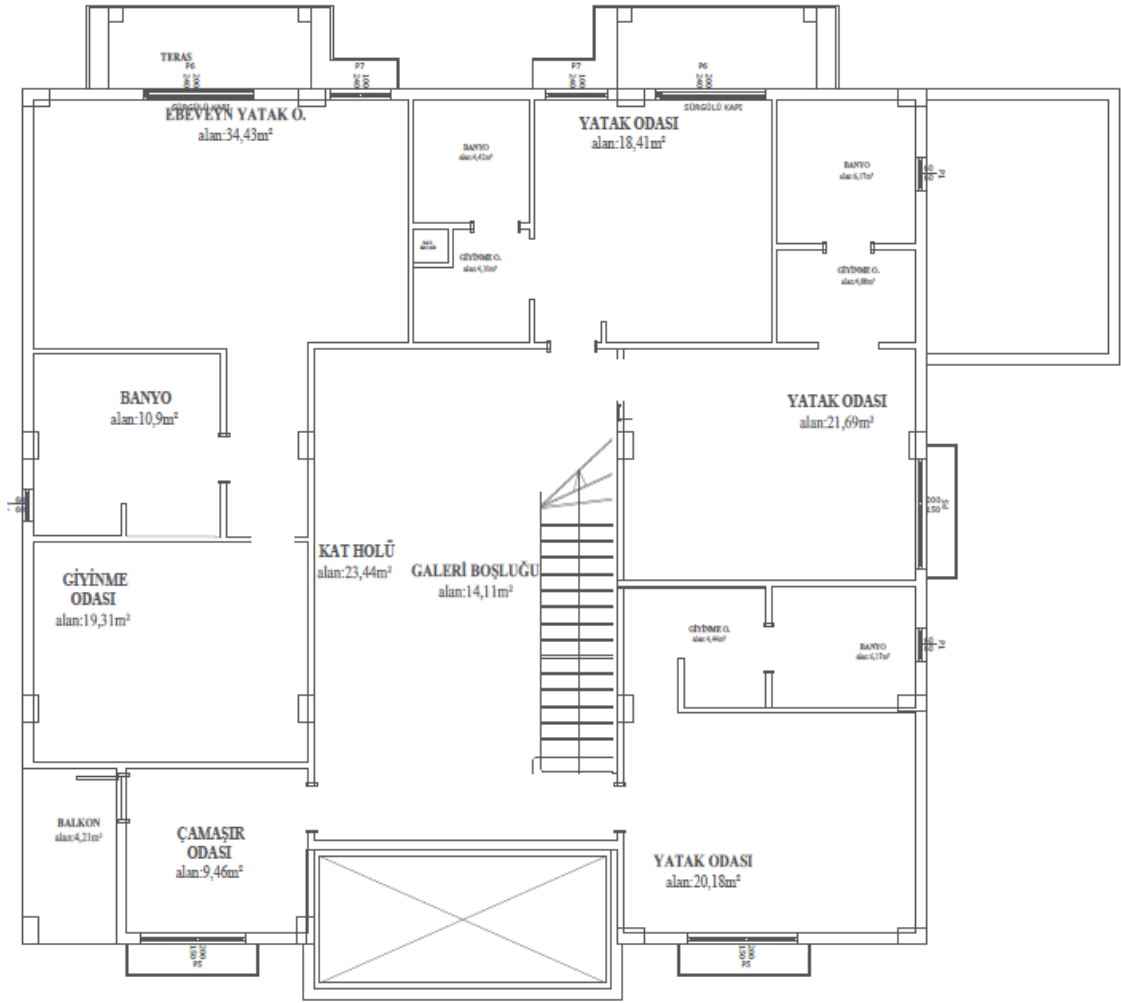
Şekil 3.1. Batman iline ait iklim verileri (Meteroloji Genel Müdürlüğü, 2023)



ZEMİN KAT PLANI ÖLÇEK : 1/50

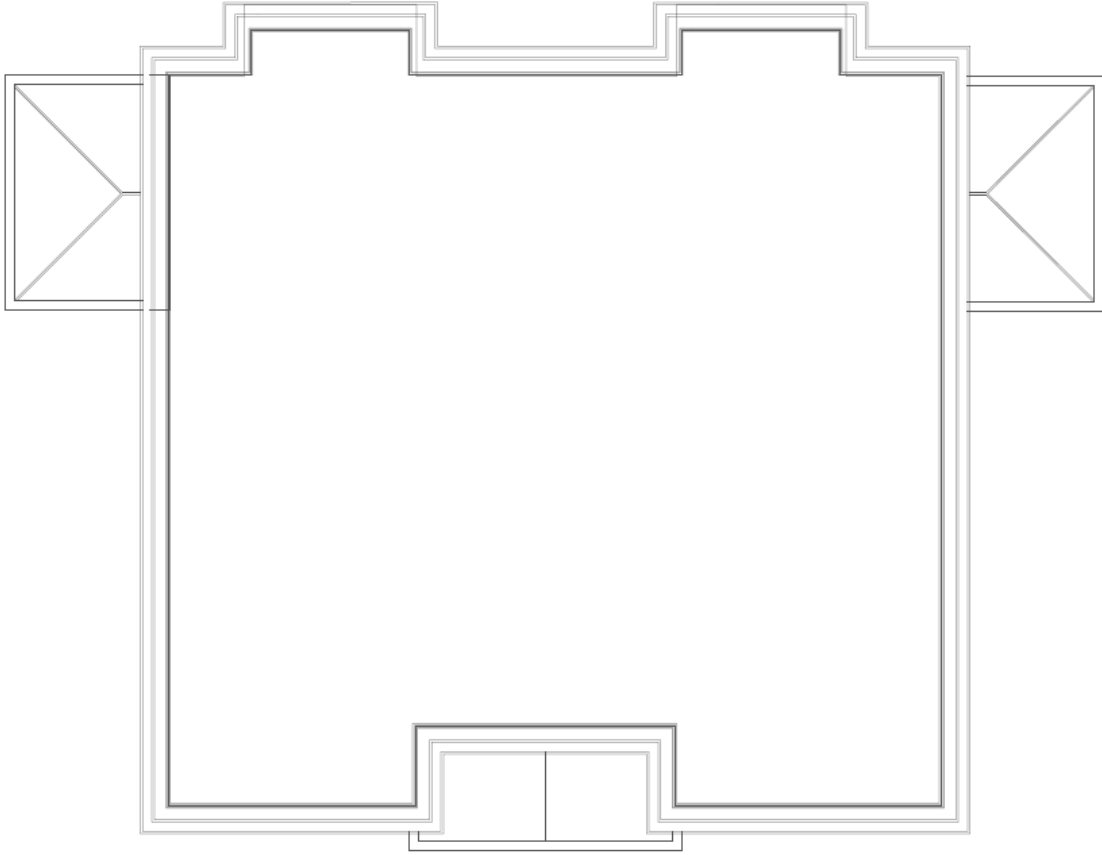
Şekil 3.2. Villanın mimari planı zemin kat

Şekil 3.2, Şekil 3.3 , Şekil 3.4' de villaya ait mimari çizimler gösterilmektedir.



1. KAT PLANI ÖLÇEK : 1/50

Şekil 3.3.Villanın mimari planı 1. kat



ÇATI PLANI ÖLÇEK : 1/50

Şekil 3.4.Villanın mimari planı çatı katı

3.1. Villanın Yapı Bileşen Özelliklerinin Tanımlanması

Bir yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik direnci ($1/U$), yapıyı oluşturan elemanların ısı geçirgenlik dirençleri (R) ve yüzeysel ısı iletim direnç değerlerinin (R_i ve R_e) toplanmasıyla elde edilmektedir. Yapının ısı geçirgenlik seviyesinin düşük olması o yapının ısıyı daha az iletteceğini göstermektedir. Isı geçirgenlik seviyesinin düşük olması ısı kaybını azaltacağı gibi gerekli olan enerji ihtiyacını da azaltacaktır. Yapının ısı geçirgenlik katsayısının (U) azaltılması istenildiğin yapıyı oluşturan malzemelerin kalınlıklarının artırılması veya ısı iletkenlik katsayısı büyük malzemelerin kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında ısıtılan villanın ısı kaybının belirlenebilmesi amacıyla on farklı yapı bileşenine ait ısı geçirgenlik katsayılarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda TS825'i esas alan bir yazılım programı kullanılmıştır. İzoder tarafından üretilen bu program ile diğer bileşenlerin ısı geçirgenlik katsayıları belirlenmiştir (TS 825, 2008).

$$\frac{1}{U} = R_i + R + R_e = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_d} \quad (3.1)$$

İç ve dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci R_i ($1/\alpha_i$) ve R_e ($1/\alpha_e$) değerleri yapı bileşen tipine ve ısı akışının yönüne göre tanımlanmaktadır. İç ve dış yüzeylerdeki yüzeysel ısı iletim direnç değerleri TS 825 standardı dikkate alınarak bileşenlerin tasarımına ve yerleşimine göre belirlenmektedir (TS 825, 2008).

Bir yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik katsayısı denklem 2 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$U = \frac{1}{R_i + R + R_e} \quad (3.2)$$

Burada,

R_i : İç yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci

R : Yapı bileşenlerinin ısı geçirgenlik direnci

R_e : Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci

U : Yapı bileşenlerinin toplam ısı geçirgenlik katsayısıdır.

3.2. Villada Bulunan Mahallerin Isı Kaybı Hesabı

Doku kaybı	Malzeme	Isı transferi	Isıl köprüler yalıtılmış	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Alan (m ²)	U değeri (W/m ² K)	ΔT (°C)	Isı kaybı (Watt)
Zemin kat	Toprak Temaslı Döşeme 100mm Yalıtım	Zeminden	Evet	4.5	11		49.5	0.26	23.5	90.73
İç tavan	Ara Tavan Kereste Yalıtımlı	Isıtılmayan bir mahalden	Evet	4.5	11		49.5	0.32	2	25.34
Dış duvar	Sıvalı Boşluklu duvar, yalıtımlı, Mineral Yün 50mm, Havalandırmalı Blok, Havalandırmalı Blok, Alçı	Doğrudan dışa	Evet	11		3.05	33.55	0.37	23.5	244.33
Pencere	Çift Camlı Düşük-E, Argon Dolgulu Ahşap/PVC çerçeve						1.6	2.1	23.5	78.96
Pencere	Çift Camlı Düşük-E, Argon Dolgulu Ahşap/PVC çerçeve						1.6	2.1	23.5	78.96
Kapı	Masif Ahşap Kapı						2.25	3	23.5	158.63
Dış duvar	Sıvalı Boşluklu duvar, yalıtımlı, Mineral Yün 50mm, Havalandırmalı Blok, Havalandırmalı Blok, Alçı	Doğrudan dışa	Evet	4.5		3.05	13.725	0.37	23.5	56.73
Kapı	Masif Ahşap Kapı						7.2	3	23.5	507.6
İç duvar	Standart Havalandırmalı Blok 125mm	Isıtılmayan bir mahalden	Evet	11		3.05	33.55	1.53	2	82.13
İç duvar	Standart Havalandırmalı Blok 125mm	Isıtılmayan bir mahalden	Evet	4.5		3.05	13.725	1.53	2	33.6
Alt toplam										1560.57

Havalandırma kaybı	Saat başına hava değişimi	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Hacim (m ³)	Havanın özgül ısısı	ΔT (°C)	Isı kaybı (Watt)
	0.5	4.5	11	3.05	150.975	0.34	23.5	603.15
Alt toplam								603.15

Havalandırma ısı kaybı iç oda boyutuna göre tahmin edilir. Oda boyutu girişi harici ise, bir faktör 0,8 çarpılacaktır.

Sonuç	Isı kaybı (Watt)
Doku ısı kaybı	1560.57
havalandırma ısı kaybı	603.15
Tekrar ısıtma yükü	0
Maruz kalan yer	0
Toplam ısı kaybı	2163.71

Şekil 3.5. Zemin Kat Mutfak +Oturma Bölümü Isı Kaybı

Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.7, Şekil 3.8, Şekil 3.9, Şekil 3.10, Şekil 3.11, Şekil 3.12'de villaya ait ısı kayıpları hesabı gösterilmektedir.

Doku kaybı	Malzeme	Isı transferi	Isıl köprüler yalıtılmış	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Alan (m ²)	U değeri (W/m ² K)	ΔT (°C)	Isı kaybı (Watt)
Zemin kat	Toprak Temaslı Döşeme 100mm Yalıtım	Zeminden	Evet				74.08	0.26	21.5	124.23
İç tavan	Ara Tavan Kereste Yalıtımlı	Isıtılmayan bir mahalden	Evet				74.08	0.32	0	0
İç duvar	Standart Havalandırmalı Blok 125mm	Mutfak+oturma bölümü	Evet	6		3.05	18.3	1.53	-2	-56
Dış duvar	Sıvalı Boşluklu duvar, yalıtımlı, Mineral Yün 50mm, Havalandırmalı Blok, Havalandırmalı Blok, Alçı	Doğrudan dışa	Evet	10.5		3	31.5	0.37	21.5	107.39
Kapı	Masif Ahşap Kapı						10.8	3	21.5	696.6
Kapı	Masif Ahşap Kapı						7.2	3	21.5	464.4
Dış duvar	Sıvalı Boşluklu duvar, yalıtımlı, Mineral Yün 50mm, Havalandırmalı Blok, Havalandırmalı Blok, Alçı	Doğrudan dışa	Evet	7.7		3.05	23.485	0.37	21.5	186.82
İç duvar	Standart Havalandırmalı Blok 125mm	Isıtılmayan bir mahalden	Evet	5.1		3.05	15.555	1.53	0	0
İç duvar	Standart Havalandırmalı Blok 125mm	Isıtılmayan bir mahalden	Evet	5.4		3.05	16.47	1.53	5	100.8
Alt toplam										1867.88
Havalandırma kaybı		Saat başına hava değişimi		Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Hacim (m³)	Havanın özgül ısısı	ΔT (°C)	Isı kaybı (Watt)
		0.5					225.944	0.34	21.5	825.83
Alt toplam										825.83
Havalandırma ısı kaybı iç oda boyutuna göre tahmin edilir. Oda boyutu girişi harici ise, bir faktör 0,8 çarpılacaktır										
Sonuç										Isı kaybı (Watt)
Doku ısı kaybı										1867.88
havalandırma ısı kaybı										825.83
Tekrar ısıtma yükü										0
Maruz kalan yer										0
Toplam ısı kaybı										2693.71

Şekil 3.6. Zemin Kat Salon Bölümü Isı Kaybı

Doku kaybı	Malzeme	Isı transferi	Isıl köprüler yalıtılmış	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Alan (m ²)	U değeri (W/m ² K)	ΔT (°C)	Isı kaybı (Watt)
Zemin kat	Toprak Temaslı Döşeme 100mm Yalıtım	Zeminden	Evet	4.9	3.4		16.66	0.26	21.5	27.94
İç tavan	Ara Tavan Kereste Yalıtımlı	İstilmayan bir mahalden	Evet	4.9	3.4		16.66	0.32	10	42.65
İç duvar	Standart Havalandırmalı Blok 125mm	İstilmayan bir mahalden	Evet	3.4		3.05	10.37	1.53	5	63.46
İç duvar	Standart Havalandırmalı Blok 125mm	Salon	Evet	4.9		3.05	14.945	1.53	0	0
Dış duvar	Sıvalı Boşluklu duvar, yalıtımlı, Mineral Yün 50mm, Havalandırmalı Blok, Havalandırmalı Blok, Alçı	Doğrudan dışa	Evet	3.4		3.05	10.37	0.37	21.5	58.63
Pencere	Çift Camlı Düşük-E, Argon Dolgulu Ahşap/PVC çerçeve						3	2.1	21.5	135.45
İç duvar	Standart Havalandırmalı Blok 125mm	İstilmayan bir mahalden	Evet	4.9		3.05	14.945	1.53	10	182.93
Alt toplam										587.72

Havalandırma kaybı	Saat başına hava değişimi	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Hacim (m ³)	Havanın özgül ısısı	ΔT (°C)	Isı kaybı (Watt)
	0.5	4.9	3.4	3.05	50.813	0.34	21.5	185.72
Alt toplam								185.72

Havalandırma ısı kaybı iç oda boyutuna göre tahmin edilir. Oda boyutu girişi harici ise, bir faktör 0,8 çarpılacaktır.

Sonuç	Isı kaybı (Watt)
Doku ısı kaybı	587.72
havalandırma ısı kaybı	185.72
Tekrar ısıtma yükü	0
Maruz kalan yer	0
Toplam ısı kaybı	773.44

Şekil 3.7. Zemin Kat Misafir Yatak Odası Bölümü Isı Kaybı

Doku kaybı	Malzeme	Isı transferi	Isıl köprüler yalıtılmış	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Alan (m ²)	U değeri (W/m ² K)	ΔT (°C)	Isı kaybı (Watt)
İç zemin	Yalıtımlı Ahşap Ara Zemin	Mutfak+oturma bölümü	Evet	6.8	4.5		30.6	0.32	-2	-19.58
Çatı	300mm Yalıtım	Doğrudan dışa	Evet	6.8	4.5		30.6	0.12	21.5	78.95
Dış duvar	Sıvalı Boşluklu duvar, yalıtımlı, Mineral Yün 50mm, Havalandırmalı Blok, Havalandırmalı Blok, Alçı	Doğrudan dışa	Evet	4.5		3.05	13.725	0.37	21.5	109.18
Dış duvar	Sıvalı Boşluklu duvar, yalıtımlı, Mineral Yün 50mm, Havalandırmalı Blok, Havalandırmalı Blok, Alçı	Doğrudan dışa	Hayır	6.8		3.05	20.74	0.37	21.5	150.79
Pencere	Çift Camlı Düşük-E, Argon Dolgulu Ahşap/PVC çerçeve						2.4	2.1	21.5	108.36
Kapı	Masif Ahşap Kapı						4.8	3	21.5	309.6
İç duvar	Standart Havalandırmalı Blok 125mm	Isıtılmayan bir mahalden	Evet	4.5		3.05	13.725	1.53	5	84
İç duvar	Standart Havalandırmalı Blok 125mm	Isıtılmayan bir mahalden	Evet	6.8		3.05	20.74	1.53	5	126.93
Alt toplam										1090.46
Havalandırma kaybı		Saat başına hava değişimi		Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Hacim (m³)	Havanın özgül ısısı	ΔT (°C)	Isı kaybı (Watt)
		0.5		6.8	4.5	3.05	93.33	0.34	21.5	341.12
Alt toplam										341.12

Havalandırma ısı kaybı iç oda boyutuna göre tahmin edilir. Oda boyutu girişi harici ise, bir faktör 0,8 çarpılacaktır.

Sonuç	Isı kaybı (Watt)
Doku ısı kaybı	1090.46
havalandırma ısı kaybı	341.12
Tekrar ısıtma yükü	0
Maruz kalan yer	0
Toplam ısı kaybı	1431.58

Şekil 3.8. 1. Kat Ebeveyn Yatak Odası Bölümü Isı Kaybı

Doku kaybı	Malzeme	Isı transferi	Isıl köprüler yalıtımı	Uzunluk (m)	Geniçlik (m)	Yükseklik (m)	Alan (m ²)	U değeri (W/m ² K)	ΔT (°C)	Isı kaybı (Watt)
İç zemin	Yalıtımlı Ahşap Ara Zemin	Salon	Evet	4.3	4.5		19.35	0.32	0	0
Çatı	300mm Yalıtım	Doğrudan dışa	Evet	4.3	4.5		19.35	0.12	21.5	49.92
İç duvar	Standart Havalandırmalı Blok 125mm	Isıtılmayan bir mahalden	Evet	4.5		3.05	13.725	1.53	5	84
Dış duvar	Sıvalı Boşluklu duvar, yalıtımlı, Mineral Yün 50mm, Havalandırmalı Blok, Havalandırmalı Blok, Alçı	Doğrudan dışa	Evet	4.3		3.05	13.115	0.37	21.5	47.05
Pencere	Çift Camlı Düşük-E, Argon Dolgulu Ahşap/PVC çerçeve						2.4	2.1	21.5	108.36
Kapı	Masif Ahşap Kapı						4.8	3	21.5	309.6
İç duvar	Standart Havalandırmalı Blok 125mm	Isıtılmayan bir mahalden	Evet	4.5		3.05	13.725	1.53	5	84
İç duvar	Standart Havalandırmalı Blok 125mm	Isıtılmayan bir mahalden	Evet	4.3		3.05	13.115	1.53	5	80.26
Alt toplam										877.67

Havalandırma kaybı	Saat başına hava değişimi	Uzunluk (m)	Geniçlik (m)	Yükseklik (m)	Hacim (m ³)	Havanın özgül ısısı	ΔT (°C)	Isı kaybı (Watt)
	0.5	4.3	4.5	3.05	59.0175	0.34	21.5	215.71
Alt toplam								215.71

Havalandırma ısı kaybı iç oda boyutuna göre tahmin edilir. Oda boyutu girişi harici ise, bir faktör 0,8 çarpılacaktır.

Sonuç	Isı kaybı (Watt)
Doku ısı kaybı	877.67
havalandırma ısı kaybı	215.71
Tekrar ısıtma yükü	0
Maruz kalan yer	0
Toplam ısı kaybı	1093.38

Şekil 3.9. 1. Kat Yatak Odası 1 Isı Kaybı

Doku kaybı	Malzeme	Isı transferi	Isıl köprüler yalıtılmış	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Alan (m ²)	U değeri (W/m ² K)	ΔT (°C)	Isı kaybı (Watt)
İç zemin	Yalıtımlı Ahşap Ara Zemin	Salon	Evet	5.3	4.3		22.79	0.32	0	0
Çatı	300mm Yalıtım	Doğrudan dışa	Evet	5.3	4.3		22.79	0.12	21.5	58.8
İç duvar	Standart Havalandırmalı Blok 125mm	Isıtılmayan bir mahalden	Evet	4.3		3.05	13.115	1.53	5	80.26
İç duvar	Standart Havalandırmalı Blok 125mm	Isıtılmayan bir mahalden	Evet	5.3		3.05	16.165	1.53	5	98.93
Dış duvar	Sıvalı Boşluklu duvar, yalıtımlı, Mineral Yün 50mm, Havalandırmalı Blok, Havalandırmalı Blok, Alçı	Doğrudan dışa	Evet	4.3		3.05	13.115	0.37	21.5	80.46
Pencere	Çift Camlı Düşük-E, Argon Dolgulu Ahşap/PVC çerçeve						3	2.1	21.5	135.45
İç duvar	Standart Havalandırmalı Blok 125mm	Isıtılmayan bir mahalden	Evet	5.3		3.05	16.165	1.53	5	98.93
Alt toplam										635.76

Havalandırma kaybı	Saat başına hava değişimi	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Hacim (m ³)	Havanın özgül ısısı	ΔT (°C)	Isı kaybı (Watt)
	0.5	5.3	4.3	3.05	69.5095	0.34	21.5	254.06
Alt toplam								254.06

Havalandırma ısı kaybı iç oda boyutuna göre tahmin edilir. Oda boyutu girişi harici ise, bir faktör 0,8 çarpılacaktır.

Sonuç	Isı kaybı (Watt)
Doku ısı kaybı	635.76
havalandırma ısı kaybı	254.06
Tekrar ısıtma yükü	0
Maruz kalan yer	0
Toplam ısı kaybı	889.82

Şekil 3.10. 1. Kat Yatak Odası 2 Isı Kaybı

Doku kaybı	Malzeme	Isı transferi	Isıl köprüler yalıtılmış	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Alan (m ²)	U değeri (W/m ² K)	ΔT (°C)	Isı kaybı (Watt)
İç zemin	Yalıtımlı Ahşap Ara Zemin	Isıtılmayan bir mahalden	Evet	5.7	4		22.8	0.32	5	29.18
Çatı	300mm Yalıtım	Doğrudan dışa	Evet	5.7	4		22.8	0.12	21.5	58.82
İç duvar	Standart Havalandırmalı Blok 125mm	Isıtılmayan bir mahalden	Evet	4		3.05	12.2	1.53	5	74.66
İç duvar	Standart Havalandırmalı Blok 125mm	Isıtılmayan bir mahalden	Evet	5.7		3.05	17.385	1.53	5	106.4
Dış duvar	Sıvalı Boşluklu duvar, yalıtımlı, Mineral Yün 50mm, Havalandırmalı Blok, Havalandırmalı Blok, Alçı	Doğrudan dışa	Evet	4		3.05	12.2	0.37	21.5	97.05
Dış duvar	Sıvalı Boşluklu duvar, yalıtımlı, Mineral Yün 50mm, Havalandırmalı Blok, Havalandırmalı Blok, Alçı	Doğrudan dışa	Evet	5.7		3.05	17.385	0.37	21.5	114.43
Pencere	Çift Camlı Düşük-E, Argon Dolgulu Ahşap/PVC çerçeve						3	2.1	21.5	135.45
Alt toplam										708.4

Şekil 3.11. 1. Kat Yatak Odası 3 Isı Kaybı

3.3. Villanın Isıtma Yüğü Hesaplamaları

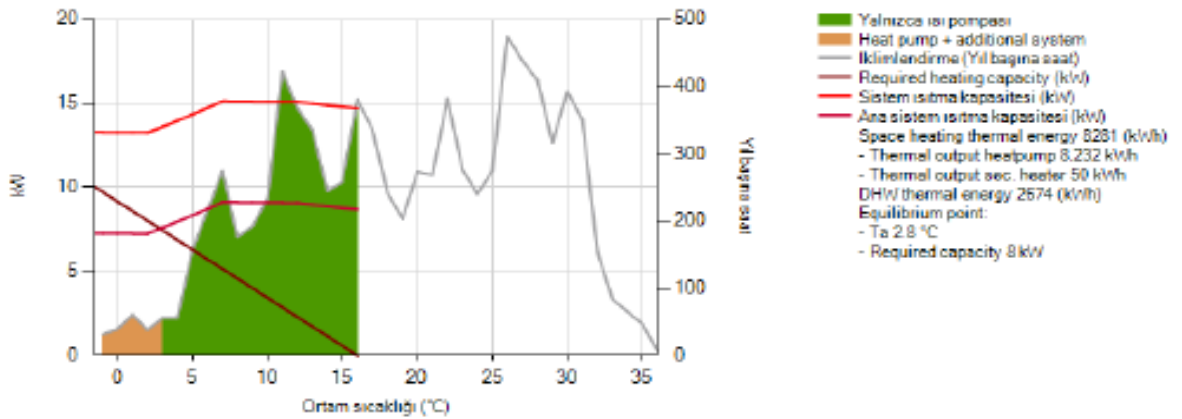
Oda	Tip	Yüzey	Odanın yaşı	Tasarım sıcak.	Hava değişimi	Isı yüğü
Mutfak+oturma bölümü	kitchen	49.5 m ²	between2005andpresent	22° C	0.5	2163.71W
Salon	livingroom	74.08 m ²	between2005andpresent	20° C	0.5	2693.71W
Misafir Yatak odası	bedroom	16.66 m ²	between2005andpresent	20° C	0.5	773.44W
Ebeveyn Yatak odası	bedroom	30.6 m ²	between2005andpresent	20° C	0.5	1431.58W
Yatak odası 1	bedroom	19.35 m ²	between2005andpresent	20° C	0.5	1093.38W
Yatak odası 2	bedroom	22.79 m ²	between2005andpresent	20° C	0.5	889.82W
Yatak odası 3	bedroom	22.8 m ²	between2005andpresent	20° C	0.5	962.57W
Ana zon ısı yüğü						10008.21W

Toplam ısı yüğü	10008.21W
------------------------	------------------

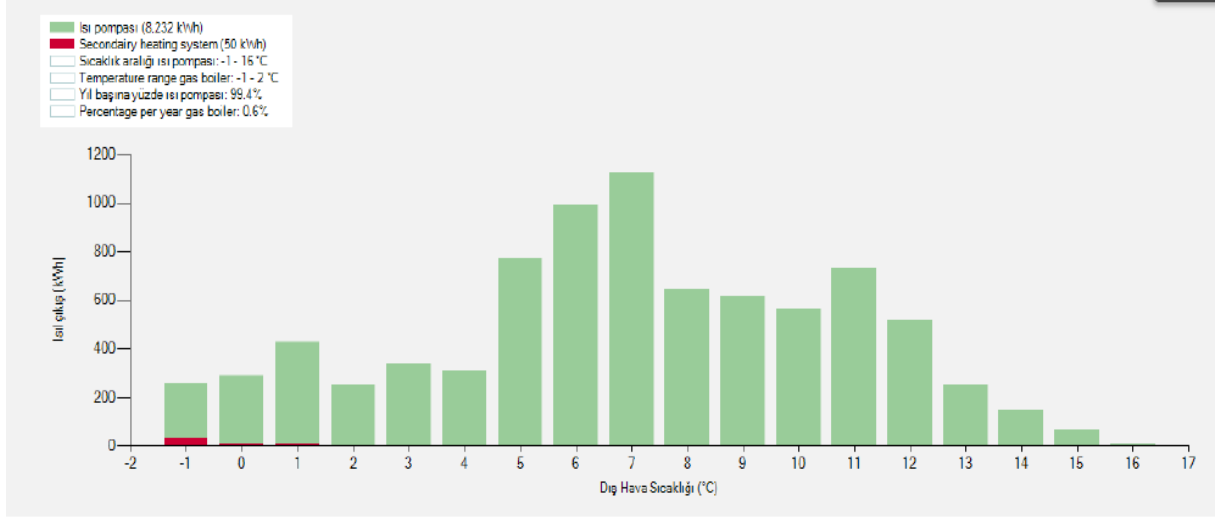
Şekil 3.12. Villanın Isıtma Yüğü

3.4. Isı Pompasıyla Yerden Isıtma Sistemi

Yapılan ısı kaybı hesapları sonucu Daikin Altherma ERLA10 yani 10 kw split tip boyler entegreli ısı pompası seçilmiştir. Isı pompasıyla yerden ısıtma sistemi yatırım maliyeti 12.000 Euro (416.880 TL/Kur:34,74 TL) dur. Şekil 3.13'te villada ısıtma için sadece ısı pompası kullanılması durumunda ısıtma ve soğutma kapasitesindeki değişimler gösterilmektedir.



Şekil 3.13. Sistem için Isıtma ve Soğutma Kapasitesi



Şekil 3.14. Kaynak Başına Isıtma Termal Çıkışı

- Tip- Havadan Suya Soğuk İklim Split Isı Pompası
- Yüksek performans- 3. Nesil Daikin Altherma, sizi performansıyla hayal edilemeyecek ötesine taşıyor: A+++ Mevsimsel verimlilik ve çalışma
- aralığı -25 °C'ye kadar.
- Kurulumu kolay- İç ünite yalnızca 0,36 m² kaplama alanına sahiptir ve beyaz veya gümüş grisi rengini seçebilirsiniz.
- Kolay kontrol- Tamamen dijital olan Daikin Altherma 3, mobil telefon ile her yerden kontrol edilebilir.
- Kolay devreye alma- Yerinde ayarların SD kart veya USB bellek ile yüklenebilmesi için maksimum 9 kolay adımda konfigürasyona olanak
- Sağlayan konfigürasyon uzaktan gerçekleştirilebilir.
- 5 yıl kompresör, 3 yıl cihaz Garantisi [11].

İç ünite:

- Tüm hidrolik parçalar dahil.
- Yüksek kapasiteli, frekans kontrollü sirkülasyon pompası
- 10 L Genleşme tankı
- 3 bar emniyet ventili
- Manyetik tesisat filtresi
- Otomatik hava alma purjörü
- Kesme vanası
- Elektrikli destek ısıtıcısı
- Akış sensörü

- Basınç sensörü

Şekil 3.14’de ısı pompası ısı termal çıkışı ve Şekil 3.15’de ısı pompası uygulama şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Isı Pompası Uygulama Şeması

3.5. PV (Fotovoltaik) Tasarımı İçin Gerekli Tüketim Değerleri

Cihaz	Güç(Watt)	1 Saatlik Enerji Tüketimi (kWh)	Kullanım Saati	Adet	Günlük Toplam Kullanım (kWh)	Aylık Toplam Kullanım (kWh)	Yıllık Toplam Kullanım (kWh)
Buzdolabı (A+)	44	0,08	24	1	1,92	57,6	691,2
Bulaşık Makinesi (A+)	510	0,72	1	1	0,72	21,6	259,2
Çamaşır Makinesi (A+)	303	0,45	2	1	0,9	27	324
LCD TV (A+)	98	0,10	5	2	1	30	360
Ütü	2600	2,00	2	1	4	120	1440
Elektrikli Süpürge	2000	2,00	1	1	2	60	720
Fırın	2500	2,00	0,5	1	1	30	360
Enerji Tasarruflu Ampul	12	0,01	10	16	1,6	48	576
Led Lamba	12	0,01	10	8	0,8	24	288
Kahve Makinesi	750	0,75	0,5	1	0,375	11,25	135
Tost Makinesi	2000	2,00	0,1	1	0,2	6	72
Çamaşır Kurutma Makinesi	1000	1,00	2	1	2	60	720
Mikrodalga Fırın	800	0,50	1	1	0,5	15	180
Dizüstü Bilgisayar	90	0,09	3	1	0,27	8,1	97,2
Telefon Şarjı	4	0,004	3	5	0,06	1,8	21,6
10 kw ısı pompası	10000	1,63	12	1	19,56	586,8	7041,6
					36,905	1107,15	13285,8

Şekil 3.16. Villada Bulunan Cihazların Güçleri

Şekil 3.16’da villada kullanılan elektronik cihazların çektiği güç değerleri gösterilmiştir.

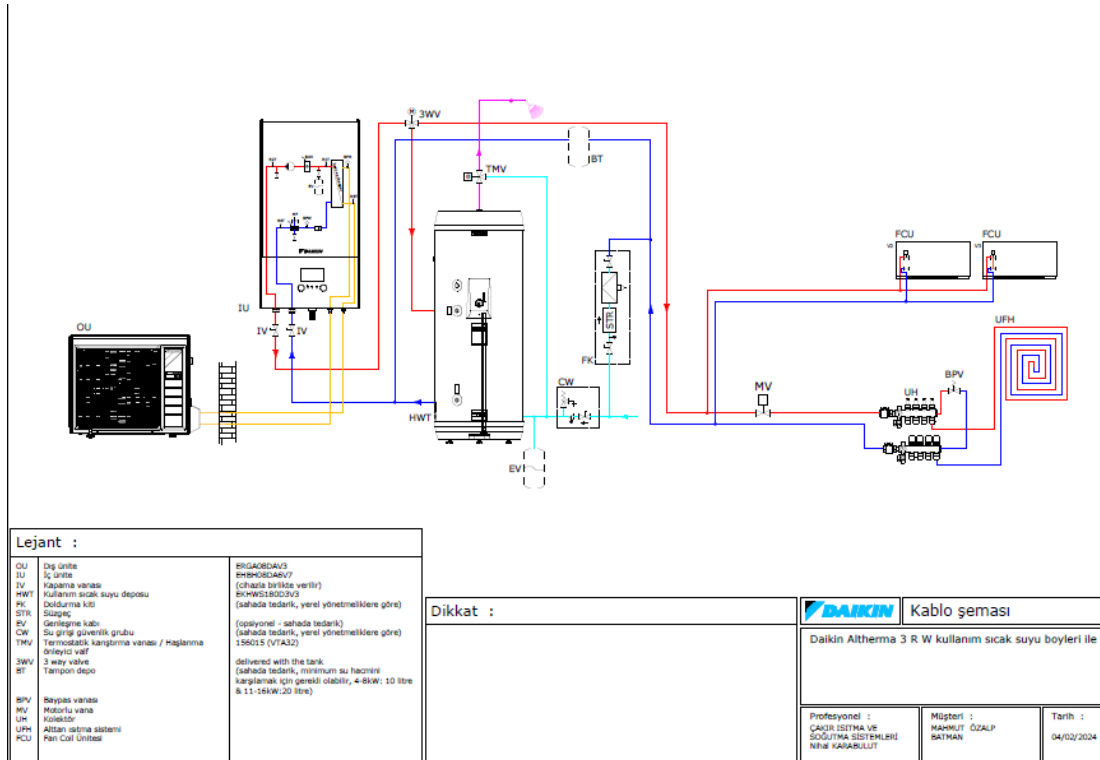
4. SONUÇ VE TARTIŞMA

4.1. Villada İncelenen Isıtma Sistemleri

Çalışma kapsamında ısıtılan konutta kullanılan ısı pompasına ilişkin teknik özellikler Şekil 4.1'de görülmektedir. Teknik özellikleri verilmiş olan ısı pompası yerden ısıtma sisteminde kullanılmaktadır. Isı pompasının SCOP (Seasonal Coefficient of Performance)'si 3,76 değerindedir. İncelenen sistemlerin tesisat şemaları Şekil 4.2 de verilmektedir.

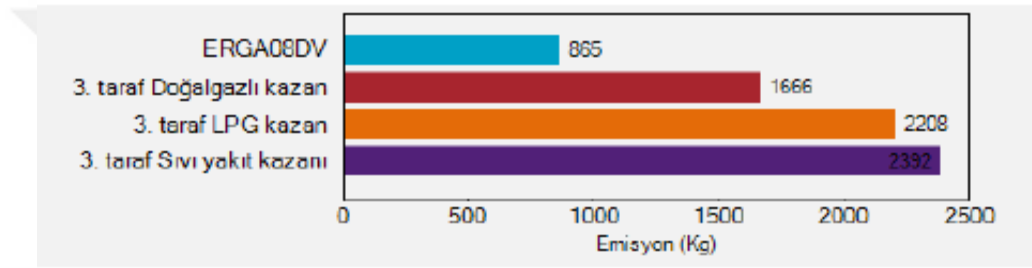
VERİMLİLİK DEĞERİ				
ISITMA KAPASİTESİ Nom. (kW)			10	
GÜÇ GİRİŞİ ISITMA Nom. (kW)			3,8	
COP			3,2	
ALAN ISITMA	KARASAL İKLİMDE SU ÇIKIŞI 45°C	SCOP	3,42	A++
	KARASAL İKLİMDE SU ÇIKIŞI 35°C	SCOP	3,76	A++

Şekil 4.1. Seçilen Isı Pompası Verimlilik Değeri



Şekil 4.2. Isı Pompalı Yerden Isıtma Sistemi ve Fancoil Tesisat Şeması

Isı pompası ile yerden ısıtma yapılan sistemlerde kullanılmakta olan ilk enerji kaynağı elektriktir. Fosil yakıtın bulunduğu kazanlı sistemlerde ise birincil enerji kaynağı olarak sıvı yakıt, LPG veya doğal gaz kullanılmaktadır. Birincil enerji kaynaklarının değişmesi durumunda ortaya çıkmış olan CO₂ emisyonu da değişmektedir. Isıtma yükünün karşılanması amacıyla kullanılan birincil enerjisinin miktarı göz önünde bulundurularak emisyon değerleri belirlenmektedir. Şekil 4.3’de görüldüğü gibi ısı pompası sisteminin olduğu ve yerden ısıtma yapılan bir villanın ısıl ihtiyacının karşılanması için sıvı yakıt kazan var ise 1527 kg CO₂, LPG kazan sistemi var ise 1343 kg CO₂ ve doğal gazlı kazan sistemi var ise 801 kg CO₂ emisyon azalışı görülmüştür. Şekil 4.3’te farklı mekanik ısıtma sistemlerinin tercih edilmesi durumunda yıllık CO₂ emisyonu değerlerindeki değişimler gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Farklı Isıtma Sistemleri Kullanılması Durumunda Yıllık CO₂ Emisyonu

Şekil 4.4’ te seçilen ısı pompalı yerden ısıtma sisteminin sonuçları gösterilmektedir.

Gerekli ısıtma kapasitesi	Min. Çevre (-1.5 °C): 10.01 kW (10008 W)
Çıkış suyu sıcaklık aralığı ısıtma	35 °C - 45 °C
Isı pompasıyla kapsanan %	99.4 %
Yedek ısıtıcı tarafından kapsanan %	0.6 %
Isı pompasının ısıtma kapasitesi	Min. Çevre (-1.5 °C): 7.27 kW (7270 W)
Yardımcı ısıtıcı kapasitesi	6 kW
Yedek ısıtıcı dahil, ısıtmada yedek kapasite	3.26 kW
Enerji tüketimi ısıtma	2204.8 kWh
Yıllık mahal ısıtma termal enerjisi	8281.3 kWh
Tank boyutu	180 L
Enerji tüketimi DHW*	1070.3 kWh
Yıllık kullanım sıcak suyu termal enerjisi	2674 kWh
Isı pompasının sezonluk verimi	3.76
Yıllık hacim ısıtma enerji maliyeti	7.532,86 ₺ (Elektrik 2,3 ₺/kWh)
Isıtma CO ₂ emisyonu	864.7 Kg

Şekil 4.4. Isı Pompalı Yerden Isıtma Sisteminin Sonuçları

4.2. Villanın Isıtma Yükleri

ODA	TASARIM SICAKLIĞI(°C)	HAVA DEĞİŞİMİ	ISI YÜKÜ (W)
ZK MUTFAK+OTURMA BÖLÜMÜ	22	0,5	2163,7
ZK SALON	20	0,5	2693,7
ZK MİSAFİR YATAK ODASI	20	0,5	773,44
1.KAT EBEVEYN YATAK ODASI	20	0,5	1431,58
1. KAT YATAK ODASI 1	20	0,5	1093,38
1. KAT YATAK ODASI 2	20	0,5	889,82
1. KAT YATAK ODASI 3	20	0,5	962,57
TOPLAM ISI YÜKÜ			10008,21

Şekil 4.5. Villanın Isıtma Yükü Hesabı

Şekil 4.5'te hesaplanan ısı kaybı hesabının odalara göre hesabı gösterilmektedir.

4.3. Doğalgazlı Yerden Isıtma Sistemi

Yukarıdaki tabloda verilen ısı kaybı baz alınarak hesaplanan yerden ısıtma sistemi için seçilen doğalgazlı kombi 35 kW dır. Yerden ısıtma için; 1450 m oksijen bariyerli boru ve 238 m² 22 dan strafor kullanılmıştır. (Sulu sistem ısıtma tesisatların en büyük problemi korozyona maruz kalmalarıdır. Oksijeni yok ettiğinizde paslanma ve diğer etkenleri ortadan kaldırılır. Oksijen bariyerli boru içerisinde bulunan oksijen, su içerisinde erime yaparak kaybolur bu yüzden yerden ısıtmada tercih edilir.) Kombi doğalgaz hattı için altyapı borulama işlemi yapılmıştır. Doğalgazlı yerden ısıtma sistemi için yatırım maliyeti; 134.630 TL (KDV dahil) dir. Seçilen kombi modeli Buderus GB172İ.2-35 dir. Kombin teknik verileri Şekil 4.6.'da gösterilmiştir.

Logamax plus	Birim	
Ürün adı		GB172i.2-35 KDW H
Maksimum nominal ısıtma kapasitesi 80/60°C	kW	34
Minimum nominal ısıtma kapasitesi 80/60°C	kW	5
Sıcak kullanım suyu için maksimum nominal ısı yük	kW	40
Maksimum sıcak kullanım suyu debisi	l/dak	18
Genleşme tankı kapasitesi	L	12
Enerji tüketimi (Standby-bekleme durumunda)	W	1,6
NOx sınıfı		6
Mevsimsel Mahal ısıtma Enerji Verimliliği Sınıfı		A
Mevsimsel mahal ısıtma enerji verimliliği	%	94
Mevsimsel Mahal ısıtma Enerji Verimliliği Sınıfı		A
Mevsimsel mahal ısıtma enerji verimliliği	%	86
Sıcak kullanım suyu profili		XL
Ses gücü seviyesi	dB(A)	50

Şekil 4.6. Seçilen Kombinin Teknik Verileri

4.4. Veri Dayanakları ve Hesaplama Yöntemi

- EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu) Sektör Raporları
- Doğal Gaz Dağıtım Şirketlerinin Perakende Satışlarında Fiili Üst Isıl Değerin Uygulanması Hakkında Tebliğ
- BOTAŞ (Boru Hatları İle Petrol Taşıma A.Ş.) Ocak 2024 Dönemi Doğal Gaz Tarifeleri
- GAZBİR (Türkiye Doğal Gaz Dağıtıcıları Birliği) verileri [35].

4.5. Konut Tüketicileri İçin Yıllık Yakıt Maliyet Analizi

Doğal Gaz Yıllık Maliyet Analizi Hesaplamada Kullanılan Referans Veriler:

- Türkiye’de yıllık olarak ortalama 1500 m³ doğal gaz tüketimi bulunmaktadır.
- Hane halkı tarafından ısıtma amacıyla yıllık olarak ortalama 1185 m³ doğal gaz kullanılmaktadır.
- Hane halkının tarafından sıcak su ve pişirme amacıyla yıllık olarak ortalama 205 m³ doğal gaz kullanılmaktadır.
- m³ değeri, doğal gaz sayaçlarından okunan gaz miktarının ortalama basınç, sıcaklık, sıkıştırılabilirlik ve ısı değer düzeltmesi ile hesaplanmış olan reel doğal gaz miktarıdır.
- Doğal gazın referans üst ısı değeri 9.155 kcal/m³ ’ tür. (15 derece ve 1,01325 bar mutlak basınç altında)
- Türkiye’de kullanıcılara ulaşan doğal gazın fiili kalorifik değeri; arz kaynağı ülkelerden ülkemize boru hattı aracılığıyla veya LNG (Sıvılaştırılmış Doğal Gaz) usulüyle ulaşarak

ulusal iletim sistemine giren doğal gazın ısı değerleri analizine göre yıllık ortalama 9.350 kcal/m³ olarak gerçekleştiği ölçümlenmiştir.

- g. EPDK tarafından yayınlanan ilgili mevzuatlar çerçevesinde, doğal gaz kullanıcılarına uygulanan fatura hesaplaması; her kullanıcının sayaçlarından aylık periyotlarla okunan mekanik endeks değerleri ile bölgelere göre aylık ortalama basınç ve sıcaklık referans değerleri bazlı düzeltme katsayıları ve güncel ısı değer düzeltme katsayısı kullanılarak düzeltilmiş enerji miktarları olarak yapılmaktadır.
- h. Türkiye’ de 1 kwh doğal gazın ortalama perakende satış fiyatı, ÖTV+SKB+KDV dahil 0,5491872TL/kwh’ dir. (Mayıs 2024)
- i. 1 m³ doğal gazdan elde edilen enerji 10,64 kwh olup, enerji dönüşümünde kullanılan çarpan sabiti 10,64 olarak alınmıştır.
- j. Doğal gaz ile çalışan cihazlardaki verimlilik oranı ortalama %93 olarak esas alınmıştır.
- k. Güncel asgari ücret net 17.002 TL olarak esas alınmıştır [28].

4.6. Bir Kullanıcı İçin Yıllık Doğal Gaz Maliyeti

Yukarıda belirtilen referans veriler çerçevesinde Türkiye’de, ısınma, pişirme ve sıcak su amaçlı doğal gaz kullanımı için bir hane halkının yıllık ortalama 975 m³ tükettiği doğal gazın enerji karşılığı ve maliyetini hesaplırsak;

Tüketilen Toplam Enerji: 1500 m³ x 9.350 kcal/m³ = 14.025.000 kcal = 149.226.000 kW

Kullanılan Faydalı Enerji: 149.226.000 kW x 0,93 = 138.780.180 kW = 13.043.250 kcal

Isınma için Maliyet Hesabı: 1185m³ x (9.350/9.155) kcal/m³ x 10,64 x 0,5491872 = 7.071,85 TL

Sıcak su + Pişirme için Maliyet Hesabı: 205m³ x (9.350/9.155) kcal/m³ x10,64 x 0,5491872 = 1.223,40TL

Toplam Yakıt Maliyeti: 8.295,25 TL

Ortalama Aylık Maliyet: 691,27 TL

Aylık Ort. Yakıt Maliyetinin Asgari Ücret İçindeki Payı: % 4,06

	ISI POMPALI SİSTEM	DOĞALGAZLI SİSTEM
BİRİM FİYAT (TL/kWh)	2,3 (Elektrik)	0,54918(Doğalgaz)
BİR YILLIK İŞLETME MALİYETİ(TL)	7.532,86 TL	8.295,25 TL

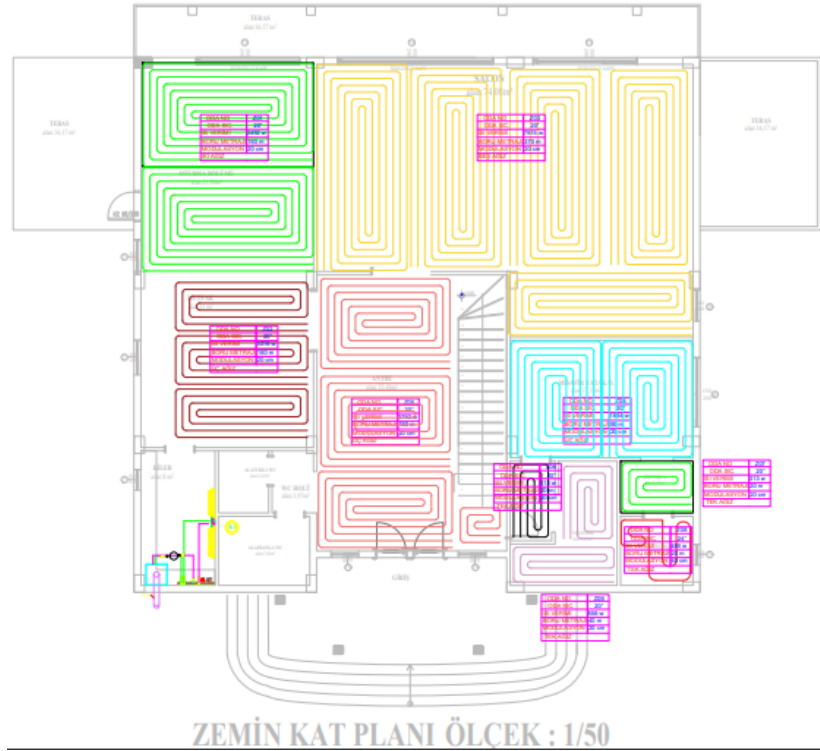
Şekil 4.7. Yıllık Isı Pompalı Yerden Isıtma Sisteminin Doğalgazlı Sistem ile İşletme Maliyetleri Karşılaştırılması

Yapılan araştırma ile ısı pompası kullanılan bir binada işletme maliyetleri doğalgaz kullanılması durumunda kombi sistemi karşılaştırması yapılmıştır. Isı pompalı sistem kullanılırsa enerji kaynağı olarak ilk elektrik kullanılacaktır. Ancak çatıya kurulan güneş panelleriyle yıllık elektrik işletme maliyeti 7.532,86 TL gelecek olan fatura sorunu ortadan kalkacaktır. Doğalgaz kullanılan kombi sistemi kullanılırsa birincil enerji kaynağı doğal gaz olacağı için işletme maliyeti hesaplamasında doğal gazın yıllık maliyeti elde edilerek belirlenmektedir.

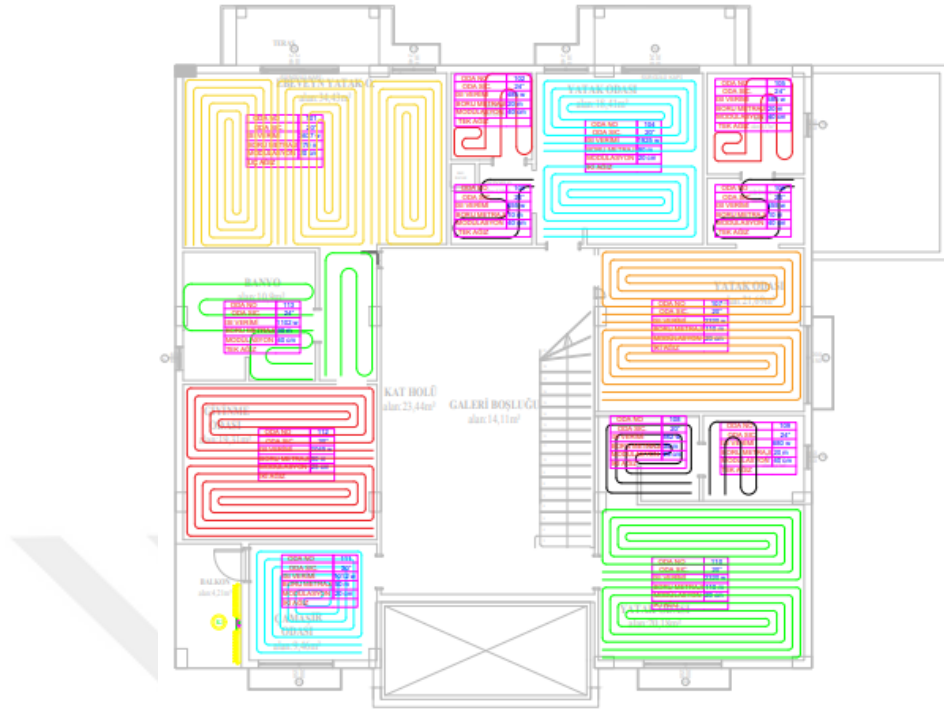
Isı pompasının kullanıldığı sistemin yıllık işletme maliyeti 7.532,86 TL'dir. Doğalgazlı sistemin yıllık işletme maliyetinin 8.295,25 TL'dir. Bu kıyaslama Şekil 4.7'de görülmektedir. Ülkemizdeki elektrik kWh fiyatları göz önünde bulundurulursa ısı pompası kullanılarak yerden ısıtma yapılmış olan sistemin doğalgaz ile ısınma sistemine göre daha düşük maliyetli olduğu görülmektedir. Bu nedenle ısı pompası kullanımında oluşan ilk yatırım maliyetinin yüksek olmasından dolayı oluşan fiyat farkı işletme maliyetlerinden karşılanabilmektedir.

Şekil 4.7'de görüldüğü üzere enerji tüketiminin yıllık değeri 2204,8 kWh olup bu miktarın 2198,8 kWh kadarı ısı pompası tarafından üretilmiştir. 6 kWh (sadece ocak ayında olmak üzere) kadarı ise yedek ısıtıcı tarafından üretilmiştir. Bina içerisinde mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında enerji tüketimi yapılmamış olup toplamda yıllık enerji tüketiminin %99,4'ü ısı pompası tarafından karşılanmıştır [28].

Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da villanın mimari projede yerden ısıtma çizimlerinin gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.8. Yerden Isıtma Zemin Kat Uygulaması



1. KAT PLANI ÖLÇEK : 1/50

Şekil 4.9. Yerden Isıtma 1. Kat Uygulaması

4.7. PV (Fotovoltaik) Sistemi

Villanın çatı alanı hesaplanıp panel yerleşimi yapılmıştır. İlk etapta villada kullanılan cihazların çektiği elektrik güçleri hesaplanmıştır. Villadaki cihazların çektiği gücü karşılayacak kadar PV (Fotovoltaik) sistemi tasarlanmıştır. Sistem tasarımı PVsyst programı kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 4.10. Villa Çatısına Konulan PV (Fotovoltaik) Panellerin Tasarımı

Şekil 4.10’da görüldüğü gibi villa çatısına konulan panellerin tasarımı yapılırken toplam gerekli olacak güç hesabı ve çatı alanı göz önüne alınarak yapılmıştır. Çatıya kurulan toplam kurulu güç 37,77 kWp olarak hesaplanmıştır. Toplamda 83 adet PV (Fotovoltaik) panel kullanılmıştır. Panel seçimi için CW panel marka tercih edilmiştir. CWT455-144PM-V model PV (Fotovoltaik) panel seçilmiştir.

PV (Fotovoltaik) Sistemi Verileri

Fotovoltaik sisteme ait veriler Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. PV (Fotovoltaik) Sistem Verileri

İklim Verileri	Batman Merkez
Pv Jeneratör Çıkaşı	37,77 kWp
Pv Jeneratör Yüzeyi	180,7 m ²
Sayı Pv Modülleri	83
Evirici Sayısı	1

Modül Alanları

PV (Fotovoltaik) jeneratörü 01-Montaj yüzeyi Batı kısmına ilişkin veriler Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. PV (Fotovoltaik) Model ve Çatı Alanı

İsim	01-Montaj Yüzeyi Batı
Pv Modülleri	83x CWT455-144PM-V
Üretici	Cw Enerji
Eğim	0°
Yerleşim Yönü	Batı 259 °
Montaj Türü	Çatı Paraleli
Pv (Fotovoltaik) jeneratör yüzeyi	180,7 m ²

İnvertör Konfigürasyonu

Konfigürasyon 1 e ilişkin veriler Tablo 3.3’de verilmiştir.

Tablo 3.3. İnvertör Seçimi

Modül Alanı	Montaj Yüzeyi Batı
İnverterler 1	
Model	SUN2000-40KTL-M3
Üretici	Huawei Technologies
Sayı	1
Boyutlandırma Faktörü	94,40%

ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER

Model Tipi	CWT420 144MB	CWT425 144MB	CWT430 144MB	CWT435 144MB	CWT440 144MB	CWT445 144MB	CWT450 144MB	CWT455 144MB	CWT460 144MB	CWT465 144MB
Maksimum Güç (P_{max})	420 Wp	425 Wp	430 Wp	435 Wp	440 Wp	445 Wp	450 Wp	455 Wp	460 Wp	465 Wp
Modül Verimliliği	19,30	19,52	19,75	20,00	20,20	20,40	20,70	20,90	21,13	21,36
Maksimum Güç Gerilimi (V_{mp})	40,20	40,40	40,60	40,80	41,00	41,20	41,40	41,60	41,80	42,00
Maksimum Güç Akımı (I_{mp})	10,45	10,52	10,60	10,67	10,74	10,81	10,87	10,94	11,00	11,07
Açık Devre Gerilimi (V_{oc})	48,00	48,20	48,40	48,60	48,80	49,00	49,20	49,40	49,60	49,80
Kısa Devre Akımı (I_{sc})	11,17	11,25	11,32	11,40	11,47	11,54	11,61	11,67	11,74	11,80
Güç Toleransı	0~+5W									
Maks. Sistem Anma Gerilimi	1000V DC / 1500V DC									
Çalışma Sıcaklık Aralığı	-40 ~ +85°C									
Güvenlik Sınıfı	C									
Maks. Seri Sigorta Akımı	15A / 20A									

Şekil 4.11. Seçilen Panelin Elektriksel Özellikleri

MEKANİK ÖZELLİKLER

Hücre Boyutu(mm)	166 x 83
Hücre Sayısı(adet)	144 (24X6)
Ağırlık(kg)	24,5
Panel Boyutu(mm)	2095x1039x40
Maks. Rüzgar/Kar Yüğü Dayanımı (Pa)	2400/5400
Bağlantı Kutusu Koruma Sınıfı	IP67 / IP68
Bağlantı Kutusu Kablo Boyu(mm)	350-1200

Şekil 4. 12. Seçilen Panelin Mekanik Özellikleri

4.8. Simülasyon Sonuçları

Sonuçlar Tüm Sistem

PV (Fotovoltaik) sistemine ilişkin veriler Tablo 3.4 de verilmiştir.

Tablo 3.4. PVsyst Simülasyon Sonuçları

PV (Fotovoltaik)Jeneratör Çıkışı	37,8 kWp
Yıllık Özgül Kazanç	1.286,00 kWh/kWp
Sistem Kullanım Ömrü(PR)	84,30%
Gölgelenmeden Oluşan Kazanç Kaybı	3,3 % Yıl
Şebeke Beslemesi	48.590 kWh/Yıl
İlk Yıl İçindeki Şebeke Beslemesi	48.590 kWh/Yıl
Bekleme Konumundaki Tüketim(invertörler)	24 kWh/Yıl
Önlenen CO ₂ Emisyonu	22.826 kg/yıl

Parça Listesi

Parça listesi Tablo 3.5 de verilmiştir.

Tablo 3.5. Sistem Tasarımı Malzeme Listesi

Numara	Tür	Üretici	İsim	Miktar	Birim
1	PV (Fotovoltaik Modülü)	CW Enerji	CWT455-144 PM-V	83	Adet
2	İnvertörler	Huawei Technologies	SUN2000-40KTL-M3	1	Adet

Yapılan sistem tasarımı sonucunda hesaplanan yatırım maliyeti 36.288 \$ (1.173,916 TL / Kur :32,35) dir.Seçilen panele ait elektrik ve mekanik özellikler ise Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de gösterilmiştir.

Mesken Ges'lere Genel Bakış

- %2 oranında büyüyen, hızlı bir şehirleşme eğilimi
- %4’ü geçen yeni inşaat oranı
- Her yıl 100.000’den fazla yeni bina
- %15 luk bir kısım çatı üstü FV sistemlere uygunluk
- Yıllık bazda meskenlerde yaklaşık %2,3 elektrik tüketimi artışı
- Mesken tüketimde en büyük pay %60 oranla ısıtma ve soğutmadır.

Proje –İzin Süreci

- Başvuru
- Çağrı Mektubu (Evrak değerlendirme, Teknik değerlendirme)
- GES statik uygunluk
- Proje onay
- Bağlantı Anlaşması
- İtfaiye Uygunluk
- Tesis Kabulü

Mesken GES’lerde çağrı mektubu başvuru esnasında; başvuru bedeli, prensip tek hat, aplikasyon krokisi talep edilmemektedir. Süre uzatımı alınması durumunda bağlantı anlaşmasının imzalanması için dağıtım şirketi ilave 90 gün süre vermektedir.

Mesken GES’lerde proje onay bedeli talep edilmemektedir. Numarataj talep edilmektedir. Başvuru bedeli talep edilmemektedir [31].

Mesken GES Sektörünün Gelişmesi İçin Neler Yapılabilir

- KDV Desteği
- Mevzuatsal Kolaylıklar

- Off-Grid Sistemlerin Mevzuatta Yerini Alması
- Özel Kredilendirme
- Dağıtım Bedellerinde İndirim
- Yıllık Mahsuplaşma

Görüldüğü gibi konutlarda kullanılan güneş enerji santrallerinin artış göstermesiyle birlikte trafo ve hat yükleri azalmış, arızalar azalış göstermiş, arıza maliyetleri azalmış ve daha kaliteli enerji üretimi ortaya çıkacaktır. İlave olarak reaktif güç oranlarının aylık takibinin yerine günlük takip edilerek uygulanması muhtemel cezaların anlık değerler esas alınarak belirleneceği yönde de çalışmalar yapılmaktadır. Bu nedenle bu doğrultuda dağıtım trafolarında oluşacak rezonans durumlarını minimize etmek amacıyla harmonik filtreli kompanzasyon yapılması, enerji kalitesinin artmasını, maliyet açısından daha uygun fiyatlara enerji elde etmeyi ve arızaların uzun ve kısa vadede azalmasını sağlayacaktır.

Bu çalışmada Batman ilinde yer alan bir villanın ısı pompası ile ısıtılması, soğutulması ve kullanım sıcak suyu uygulaması incelenmiştir. Çalışmada güneş enerji destekli ısı pompası ile elektrik tüketimi sorunu ortadan kalkmıştır. Emitör olarak ısı pompalı yerden ısıtma sistemi ile doğalgazlı yerden ısıtma sistemi olmak üzere iki uygulama incelenmiştir. Sonuçları ve bilgileri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Çalışma kapsamında villada incelenen ısı pompasının ısıtma kapasitesini karşılamak amacıyla Ocak ayı içerisinde en yüksek seviyede enerji tüketimi gerçekleşmiştir. Konutun ısı ihtiyacının karşılanması amacıyla yalnız Ocak ayı içerisinde ısı pompasına ilave olarak yedek ısıtıcının çalışması gerekmektedir. Isı pompasının kullanılmış olduğu yerden ısıtma sisteminde yıllık olarak 2204.8 kWh enerji tüketimi gerçekleşmekte olup bunun 6 kWh kadarı yedek ısıtıcı ile karşılanmaktadır. Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül ayları içinde ısıtma ihtiyacının olmamasından dolayı herhangi bir tüketim bulunmamaktadır. Yerden ısıtma sisteminde ısı transfer yüzeyinin yüksek olması nedeniyle ısıtmada kullanılan suyun maksimum çıkış sıcaklığı sistemin performansını etkilemektedir. Çalışma kapsamında incelenen ısı pompası ile yerden ısıtma uygulamasında enerji verimliliği %99.4 olarak belirlenmiş olup doğalgaz ile yerden ısıtma sisteminde bu rakam %94'lerde çıkmıştır. Isı pompasının veriminin artması ile yıllık karbon emisyonu, işletme maliyet, enerji tüketimi önemli ölçüde azalmaktadır. Yıllık bazda bakıldığında ısı pompalı sistemler doğalgazlı sistemlere göre 801 kg CO₂ emisyonu LPG kazan sisteme göre 1343 kg CO₂ ve sıvı yakıt kazan sistemine göre 1527 kg CO₂ emisyonunu azaltmaktadır. Doğalgaz kazanlı sistemlerin kullanılması halinde işletme maliyetinin 8.295,25 TL olduğu belirlenmiştir. İşletme maliyetleri arasında bir kıyaslama yapıldığında işletme maliyeti en düşük olan sistemin ısı pompalı yerden ısıtma sistemi olduğu görülmektedir. Isı pompalı yerden ısıtma sisteminden ilk yatırım maliyetinin fazla olması daha sonra işletme maliyetlerinden karşılanabilmektedir. Sonuç olarak ısı pompalı sistemlerin ilk yatırım maliyetlerinin doğalgazlı sistemlere kıyasla yüksek olmasına karşın, temiz ve güvenilir olmaları, özellikle ılıman iklim

bölgelerinde yerden ısıtma sistemi ile kullanılmalarıyla avantajlı hale gelmektedir. Isı pompalı sistemler günümüzde ve gelecekte ortaya koydukları avantajlardan dolayı kullanımları gün geçtikçe artmaktadır.



KAYNAKLAR

- [1] S, Vaishak, PV, Bhale, Solar Energy, (2019). Photovoltaic/thermal-solar assisted heat pump system. Current status and future prospects.
- [2] Pastakkaya, B, Ünlü, K., Yamankaradeniz, R.(2015). “Örnek Bir Yapının İklimlendirilmesinde Güneş Enerjisi Kaynaklı Isı Pompasının Simülasyon Tekniği ile İncelenmesi,” Mühendis ve Makina, Cilt 56, Sayı 666, s. 30-37.
- [3] Mustafa, RJ , MR Gomaa, M Al-Dhaifallah, H Rezk - Sustainability, (2020), Environmental Impacts on the Performance of Solar Photovoltaic Systems.
- [4] 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, cilt 57, sayı 681, s. 38-48.
- [5] Desta Z. Fitiwi, John Curtis A comprehensive review Ankita Singh Gaur (2021) Heat pumps and our low-carbon future.
- [6] Temel, Ö. (2016). "Türkiye’de Bölgelere Göre Isı Pompası Seçim Kriterleri (Yüksek Lisans Tezi)." Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir.
- [7] Çokgez Kuş, A. ve Çomaklı, K. (2015). Farklı Kaynaklı Isı Pompası Sistemlerinin Ekonomik Analizi. Tesisat Mühendisliği, Sayı 148; s.13-21.
- [8] T. Schreurs, H. Madani, A Zottl, N Sommerfeldt -Energy Strategy (2021). Techno-economic analysis of combined heat pump and solar PV system for multi-family houses: An Austrian Case Study
- [9] E Bee, A Prada, P Baggio, E Psimopoulos – Building Simulation, (2019). Air-source heat pump and photovoltaic systems for residential heating and cooling: Potential of self-consumption in different Europe an climates.
- [10] <https://file.ttmd.org.tr/makale/78-2> Erişim :1 Mart 2022.
- [11] Daikin (2022). Altherma Isı Pompası Kataloğu İstanbul.
- [12] <http://www1.mmo.org.tr/> Erişim :1 Mart 2009.
- [13] <https://www.eurovent-certification.com> Erişim :1 Mart 2013.
- [14] Rivoire, M., Casasso, A., Piga, B. ve Sethi, R. (2018). Assessment of Energetic, Economic and Environmental Performance of Ground-Coupled Heat Pumps. Energies, 11, 1941, s.1-23. Doi: <https://doi.org/10.3390/en11081941>.
- [15] <https://www.elektrikport.com/makale>, Erişim :1 Mart 2013.
- [16] <http://www.makalesistemi.com/panel/> Erişim :30 Mart 2011.
- [17] <https://muhendis.web.tr/carnot-cevrimi-nedir/> Erişim :1 Mayıs 2012.
- [18] <https://isipompasi-tr.com/hava-kaynakli-isi-pompasi/> Erişim : 12 Eylül 2019.
- [19] <https://muhendis.web.tr/> Erişim :1 Mart 2009.
- [20] Erdem, S. (2007) “Villa Isıtmasında ve Soğutmasında Güneş Enerjisi Destekli Toprak Kaynaklı Isı Pompasının Ekonomikliğinin Analizi” Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul .
- [21] Ataman, H (1991) “Toprak Kaynaklı Bir Isı Pompası Testinin Tasarımı ve Optimizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, 1-15 .
- [22] Seyrek, A. (2010) “Mahal ısıtmasında toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin kullanımı” Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [23] Yamankaradeniz, N. (2009) “Soğutma tekniği ve ısı pompası uygulamaları”, Ö. Kaynaklı, İ. Horuz, R. Yamankaradeniz, S. Çoşkun, Dora Yayıncılık, 2.baskı .

- [24] Leong, W.H., Tarna\vski, V.R. and Aittomaki, A. (1998) "Effect of Soil Type and Moisture Content on Ground Heat Pump Performance". Int. J. Refrig., 21, No. 8. 595-606.
- [25] Rafferty K.D, (1992) "Large tonnage ground water heat pumps-experiences". Ashrae Transactions. 1. 98. 587-592 .
- [26] ASHRAE Handbook, (2007) "Heating Ventilating and Air Conditioning Systems and Equipments", SI Edition, ASHRAE, Atlanta; Çeviren: Demircioğlu, N. ve Ersoy, H., ASHRAE El Kitabı, "Isıtma Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri ve Ekipmanları", TTMD Teknik Yayın No : 17, İstanbul
- [27] <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/>: Erişim: 1 Mart 2019.
- [28] <https://www.gazmer.com.tr/upload/tr/dosya/haberyonetimi/133/Dogal-Gaz-ve-Diger-Yakitlarin-Karsilastirilmesi> Erişim: 5 Ocak 2022.
- [29] Çolak, L., Çökelek, E. E., Işık, K. (2017). Fotovoltaik Termal (pv/t) Güneş Kollektörlerinin Kullanım Alanları ve Performans Artırma Yöntemleri, 7. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu, 22-23 Eylül Bildiriler Kitabı, 27-40. Mersin
- [30] Cebeci. (2017). Türkiye’de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Kalkınma Bakanlığı, 185, Ankara.
- [31] YEGM, (2020). Yenilenebilir Enerji Kaynağı Genel Müdürlüğü , Ankara.
- [32] Le, K. X., Huang, M. J., Shah, N. N., Wilson, C., Artain, P. M., Byrne, R. ve Hewitt, N. J. (2019). Techno-Economic Assessment of Cascade Air-to-Water Heat Pump Retrofitted into Residential Buildings Using Experimentally Validated Simulations. Applied Energy, 250, s. 633–652.
- [33] <https://www.gensed.org/assets/attachments/dosyalar/> Erişim: 9 Ağustos 2022.
- [34] <http://gtctrade.com/>: Erişim :1 Mart 2019.
- [35] <https://online.palgaz.com.tr/evsel/satis-tarifeleri> Erişim: 1 Nisan 2023.

ÖZGEÇMİŞ

Nihal KARABULUT

[REDACTED]

[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]