

Eskişehir İlinde Yer Alan Bir Konut İçin Güneş Enerji Destekli Isı Pompası Çalışması

Gözde Ulutürk

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran 2021

Solar Assisted Heat Pump Operation For A House Located In Eskişehir Province

Gözde Ulutürk

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Mechanical Engineering

Haziran 2021

Eskişehir İlinde Yer Alan Bir Konut İçin Güneş Enerji Destekli Isı Pompası alışması

Gözde Ulutürk

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Enerji-Termodinamik Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Mesut Tekkalmaz

Haziran 2021

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Mesut Tekkalmaz danışmanlığında hazırlamış olduğum "Güneş Enerji Destekli Isı Pompası" başlıklı Yüksek Lisans tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 25/06/2021

Gözde Ulutürk

ÖZET

Bu çalışmada, Eskişehir ili iklim şartlarında bulunan iki katlı bir villanın ısı kaybı, yıllık ısıtma enerji ihtiyacı ve yıllık sıcak su ihtiyacı hesaplanmıştır. Hesaplanan verilerle villanın ısıtılması ve kullanım sıcak su ihtiyacı için güneş enerjisi destekli ısı pompası kullanılarak bir tasarım gerçekleştirilmiştir. Yapılan tasarımda sistemde R134a akışkanı kullanılmış ve ısı pompasının performans katsayısı ısıtma sezonu aylarına göre hesaplanmıştır. 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 miktarı 2.579,84 kWh olarak bulunmuş, 20 adet PV/T güneş kolektörü kullanılarak ısıtma sezonu aylarında doğalgazdan %28 ile %93 arasında tasarruf edilmiştir. PV/T kolektörleri sayesinde ısıtma sezonunda 158 TL ile 216 TL arasında, yılda 1.333 TL tasarruf sağlandığı bulunmuştur. Tasarlanan sistem sayesinde ise senede 821 m³ doğalgaz tasarrufu ile 1,746 ton/yıl CO₂ salınımının önüne geçilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Güneş Enerjisi, Isı Pompası, Güneş Kolektörü, Güneş Enerji Destekli Isı Pompası

SUMMARY

In this study, heat loss, annual heating energy requirement and annual hot water requirement of a two-storey villa in Eskişehir province were calculated. According to the calculated data, a design has been made by using a solar-assisted heat pump for the heating of the villa and domestic hot water requirement. In the design, R134a fluid was used in the system and the performance coefficient of the heat pump was calculated according to the heating season months. January, February, March, April, October, November, December were selected as the heating season of the villa and the amount of energy needed to obtain hot water and provide heating needs was found to be 2579.84 kWh, saving between %28 and %93 of natural gas during the heating season using 20 PV/T solar collectors. Thanks to PV/T collectors, it was found that savings of 158 TL and 216 TL and 1333 TL per year were achieved during the heating season, Thanks to design system, 821 m³ of natural gas per year and 1.746 tons/year CO₂ emissions were prevented.

Key Words : Solar Energy, Heat Pump, Solar Collectors, Solar-assisted Heat Pump

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. ENERJİ KAYNAKLARI	7
3.1. Yenilenemez Enerji Kaynakları	7
3.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	8
3.2.1. Rüzgar enerjisi	8
3.2.2. Hidrojen enerjisi	8
3.2.3. Dalga enerjisi	9
3.2.4. Biyokütle enerjisi	9
3.2.5. Jeotermal enerji	10
3.2.6. Hidroelektrik enerji	10
3.2.7. Güneş enerjisi.....	11
3.3. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Avantaj ve Dezavantajları	12
3.4. Güneş Enerjisi Kullanım Alanları.....	13
3.4.1. Güneş enerjisiyle hacim ısıtma sistemleri	14
3.4.2. Güneş enerjisiyle sıcak su eldesi	15
3.5. Güneş Kolektörleri	16
3.5.1. Düşük sıcaklık sistemleri	16

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.5.2. Yüksek sıcaklık sistemleri	18
3.5.3. PV/T güneş kolektörleri	20
3.6. Dünyada Güneş Enerjisi	21
3.7. Türkiye'de Güneş Enerjisi	23
4. ISI POMPASI	26
4.1. Isı Pompasının Tarihsel Gelişimi	26
4.2. Termodinamik Açından Isı Pompaları	27
4.2.1. Ters Carnot Çevrimi	27
4.2.2. İdeal buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi	28
4.2.3. Gerçek buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi	30
4.3. Isı Pompalarında Kullanılan Verim ve Etkinlik Kavramları	31
4.4. Isı Pompası Çalışma Prensibi.....	32
4.5. Isı Pompası Sistemlerinde Kullanılan Ekipmanlar	33
4.5.1. Kompresörler	33
4.5.2. Yoğuşturucular (Kondenserler)	36
4.5.3. Genleşme valfi	37
4.5.4. Buharlaştırıcılar (Evaporatörler)	39
4.6. Isı Pompası Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar	40
4.6.1. Halokarbonlar	41
4.6.2. Hidrokarbonlar	41
4.6.3. İnorganik bileşikler	42
4.6.4. Azeotropik karışımlar	42
4.6.5. Azeotropik olmayan karışımlar	42
4.6.6. Alternatif soğutucu akışkanlar	42
4.7. Kullanıldıkları Kaynaklara Göre Isı Pompalarının Sınıflandırılması	44

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.7.1. Hava kaynaklı ısı pompaları	44
4.7.2. Su kaynaklı ısı pompaları	45
4.7.3. Toprak kaynaklı ısı pompaları	46
5. GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ ISI POMPASI SİSTEMLERİ	48
5.1. Geleneksel Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompası Sistemleri (CSHAP)	48
5.2. Direkt Genleşmeli Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompası Sistemleri (DX-SAHP) ...	49
5.3. PV/T Destekli Isı Pompası Sistemleri	49
5.4. Güneş-Jeotermal Hibrit Kaynaklı Isı Pompası Sistemleri (SGHSHP)	50
5.5. Diğer Güneş Enerjisi Destekli Hibrit Isı Pompası Sistemleri	50
6. MATERYAL VE YÖNTEM	51
6.1.Villanın Isı Kaybı	51
6.2.Villanın Isıtılması İçin Gerekli Enerji İhtiyacı	59
6.3.Villanın Zeminden Isıtma Elemanları	66
6.4.Villanın Sıcak Su İhtiyacı İçin Gerekli Enerji İhtiyacı	66
6.5.Tasarım	69
6.6.Hesaplamalar	70
7. BULGULAR VE TARTIŞMA	81
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	85
KAYNAKLAR DİZİNİ	87
EK AÇIKLAMALAR	92
Ek Açıklama-A: Villanın Zemin Kat Planı.....	92
Ek Açıklama-B: Villanın 1. Kat Planı	93
Ek Açıklama-C: Villanın Zemin Kat Isı Kaybı Hesap Cetveli	94
Ek Açıklama-D: Villanın 1. Kat Isı Kaybı Hesap Cetveli	96
Ek Açıklama-E: Villanın Özgül Isı Kaybı Hesap Çizelgesi	98
Ek Açıklama-F: Villanın Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Çizelgesi	100
Ek Açıklama-G: Villanın Zeminden Isıtma Elemanları Hesap Cetveli	101

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.5. Düzlemsel güneş kolektörü yapısı	18
3.6. Güneş enerjisinde önde gelen ülkeler	22
3.7. Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası	23
4.2. Ters Carnot çevriminin akış şeması ve T-s diyagramı	27
4.3. İdeal buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminin akış şeması ve T-s diyagramı	28
4.4. Gerçek buhar sıkıştırırmalı çevrimin akış şeması ve T-s diyagramı	31
4.5. Isı pompası çalışma prensibi	32
4.7. Hava kaynaklı ısı pompasının şematik gösterimi	45
4.8. Su kaynaklı ısı pompasının şematik gösterimi	46
4.9. Toprak kaynaklı ısı pompasının şematik gösterimi	47
5.1. Geleneksel güneş enerji destekli ısı pompası sistemi	48
5.2. Direkt genişmeli güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemi	49
5.3. PV/T destekli ısı pompası sistemi	50
6.5. Tasarlanan sistemin şematik diyagramı	70
6.6. Aylara göre bulunan sistemin P-h diyagramı	78
7.1. Villanın toplam ısıl enerji talebinin aylara göre değişimi	81
7.2. Aylara göre buharlaştırıcıdan çekilen ısı	82
7.3. Sistemin yoğuşturucu sıcaklığı-COP ilişkisi	83
7.4. Villada doğalgazlı ek ısıtıcı ve ısı pompası tarafından karşılanan enerji	83
7.5. Kolektörler devrede olduğu zaman ve olmadığı zaman harcanan doğalgaz miktarı....	84
7.6. Villanın ısıtma sezonu boyunca elde edilen tasarruf	84

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.6. Ülkelere göre güneş enerji kapasiteleri ve yıllara göre değişimi	22
3.7. Türkiye'nin kurulu güç ve üretiminin yıllara göre değişimi	24
3.8. Yıllara göre güneş enerjisine dayalı kurulu güç değişimi	24
3.9. Güneş enerjisinin toplam elektrik üretimi içerisindeki payı	25
6.1. Birleştirilmiş artırım katsayıları	54
6.2. Yön artırım katsayısı	55
6.3. Kat artırımı katsayısı	55
6.4. Hava sızdırma katsayısı	56
6.5. Oda durum katsayısı	57
6.6. Bina durum katsayısı	58
6.7. Isı kaybı hesap cetvelinin doldurulması için gerekli bilgiler	58
6.8. Farklı amaçlarda kullanılan binaların aylık ortalama iç sıcaklık değerleri	60
6.9. Isıtma bölgelerine göre aylık ortalama sıcaklık değerleri	60
6.10. Müsaade edilen maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı	65
6.11. Eskişehir ilinin aylara göre şebeke suyu sıcaklığı	67
6.12. Villanın kullanım sıcak suyu ihtiyacı için gereken enerji miktarı	68
6.13. Villanın sıcak su ve ısıtma ihtiyacı için gereken enerji miktarı	69
6.14. Bazı şehirlerin YYRA ve AÖRA değerleri	72
6.15. Kış uygulamasına göre direkt radyasyon (DİRAF) değerleri	73
6.16. Kış uygulamasına göre difüz ve yansıtılmış aç faktörü	74
6.17. Yansıtıcılık oranı değerleri	74
6.18. Aylara göre toplam radyasyon miktarı	75
6.19. Eskişehir ilinin aylık ortalama sıcaklık değerleri ve güneşlenme süreleri	75
6.20. Aylara göre buharlaştırıcıdan çekilen ısı değerleri	76
6.21. Tasarlanan sistemin verileri	79
6.22. Aylara göre doğalgaz kullanımı, elde edilen kazanç	80

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$A_{döşeme}$	Isıtılacak hacmin döşeme alanı
A_n	Bina kullanım alanı
A_{top}	Toplam alan
c_s	Suyun özgül ısısı
d	Kalınlık
E_{comp}	Kompresör tarafından tüketilen elektrik enerjisi
$E_{tüketim}$	Villada ısıtma için tüketilen enerji miktarı
F_k	Kolektör yüzeyi
F_w	Camlar için düzeltme faktörü
g_1	Yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi faktörü
$g_{i,ay}$	Saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü
h	Entalpi
H	Binanın özgül ısı kaybı
H_T	İletim ve taşınım yoluyla olan ısı kaybı
H_V	Havalandırma yoluyla olan ısı kaybı
$H_{yapı}$	Yapı durum katsayısı
$I_{i,ay}$	Dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti
j	Ortamı çevreleyen dış duvar, pencere, kapı, tavan, döşeme
l	Pencere veya kapının açılan kısımlarının uzunluğu
m	Kütle
P	Basınç
q''	Isı akısı
Q	Enerji ihtiyacı
Q_0	Artırımsız ısı kaybı
Q_{ay}	Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı
$Q_{gün}$	Günlük enerji ihtiyacı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
Q_H	Yoğuşturucudan atılan ısı
Q_i	Artırımlı ısı kaybı
Q_L	Buharlaştırıcıdan çekilen ısı
Q_s	Enfiltrasyon kayıpları
$Q_{yıl}$	Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı
R	Yapı bileşenlerinin ısıl geçirgenlik direnci
R_e	Dış yüzeyin yüzeysel ısıl iletim direnci
R_i	İç yüzeyin yüzeysel ısıl iletim direnci
$r_{i,ay}$	Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü
R_{oda}	Oda durum katsayısı
s	Entropi
t	Zaman
T	Sıcaklık
T_i	İlk sıcaklık
$T_{iç}$	İç sıcaklık
T_{ist}	İstenilen su sıcaklığı
$T_{dış}$	Dış sıcaklık
T_s	Son sıcaklık
$T_{şeb}$	Şebeke suyu sıcaklığı
U	Yapı bileşenlerinin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı
$V_{brüt}$	Brüt hacim
W	Yapılan iş
$\theta_{i,ay}$	Aylık ortalama iç sıcaklık
$\theta_{e,ay}$	Aylık ortalama dış sıcaklık
η_{ay}	Kazançların aylık ortalama kullanım faktörü
η_k	Kolektör verimi
η_c	Kompresör verimi

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
η_{yanma}	Doğalgaz yanma verimi
$\Phi_{i,\text{ay}}$	Aylık ortalama iç kazançlar
$\Phi_{s,\text{ay}}$	Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı
λ	Yapı bileşenini oluşturan malzemenin ısı iletim katsayısı
α	Hava sızdırma katsayısı

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
AID	Doğalgazın alt ısı değeri
AÖRA	Atmosfer öncesi radyasyon değeri
BUF	Bulanıklık faktörü
CFC	Kloroflorokarbonlar
COP	Performans katsayısı
CSHAP	Geleneksel güneş enerjisi destekli ısı pompası
DİF	Difüz radyasyon miktarı
DİFAF	Difüz radyasyon açısı faktörü
DİR	Direkt radyasyon miktarı
DİRAF	Direkt radyasyon açısı faktörü
DX-SAHP	Doğrudan genleşmeli güneş destekli ısı pompası
EER	Enerji verimlilik oranı
HCFC	Hidrokloroflorokarbonlar
HFC	Hidroflorokarbonlar
HSPF	Isıtma mevsimsel performans faktörü
KKO	Kazanç/kayıp oranı
OPA	Optimum panel açısı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
SEER	Mevsimsel enerji verimlilik oranı
SGHSHP	Güneş-jeotermal hibrit kaynaklı ısı pompası
TRA	Kolektör yüzeyine gelen toplam radyasyon miktarı
YAF	Yansıtılmış açı faktörü
YAO	Yansıtma oranı
YYRA	Yeryüzü radyasyon değeri

1. GİRİŞ

Son yıllarda dünyada artan nüfus ve gelişen sanayi ile birlikte enerji kaynaklarına olan ihtiyaç artmıştır. Dünya genelinde en çok elektrik enerjisi tüketilmektedir. Türkiye'de elektrik enerjisi üretilmesinde en çok fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Kömür, doğalgaz, petrol gibi fosil yakıtların oluşması için uzun yıllar geçmesi gerekir. Fosil yakıtların hem rezervleri azalmakta hem de çevreye verdiği zarar artmaktadır. Bu zararlar ozon tabakasının incilmesi, asit yağmurları, küresel ısınmadır. Bu sebeplerden dolayı çevreye dost, tükenmeyen yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, güneş enerjisi, hidroelektrik enerjisi gün geçtikçe daha cazip hale gelmektedir.

Türkiye konumu itibariyle yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi yönünden avantajlıdır. Türkiye'nin yıllık toplam güneşlenme süresi 2.737 saat olup, 6 GW enerji üretimi vardır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,2020). Bu verilerle Türkiye'nin ciddi bir güneş enerjisi potansiyeli olmasına rağmen bu enerjiyi verimli kullanmadığı açıktır. Türkiye petrol ve doğalgaz rezervleri açısından zayıf bir ülke olması ve güneş enerji potansiyelinin yüksek olması nedeniyle güneş enerjisi üzerinde araştırmalar ve çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Dünyada konut ısıtılmasında en çok elektrik, doğalgaz ve kömür kullanılmaktadır. Birçok ülkenin kömür kullanımını yasaklaması, elektrik ve doğalgaz fiyatlarının pahalı olması insanları çevreye dost, hem soğutma hem ısıtma amaçlı da kullanılabilen ısı pompalarına yöneltmiştir. Isı pompaları hava, su, toprak veya güneş kaynaklı çalışan sistemlerdir. Bu kaynaklardan aldığı ısıyı elektrik sayesinde başka bir ortama taşır. Isı pompaları elektrikle çalışmasına rağmen, elektrikli ısıtıcılara göre verimi daha yüksektir. Bu avantajlara ek olarak ısı pompaları düşük ilk yatırım maliyeti, düşük bakım maliyeti, uzun kullanım ömrü olmasından dolayı daha çok tercih edilen bir sistem haline gelmektedir.

Bu alışmada Eskişehir ili iklim şartlarında bulunan bir villanın ısı kaybı, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ve yıllık sıcak su enerji ihtiyacı hesaplanmıştır. Hesaplanan verilerle villanın ısıtılması için doğalgaz ile zeminden ısıtmayla beraber güneş enerjisi destekli ısı pompası kullanılmış aynı zamanda sıcak su elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu tasarımıla beraber konutlarda yaygın kullanılan doğalgaz miktarının azaltılması, ısı pompası uygulamalarının yaygınlaştırılması, enerjinin verimli kullanılması, yenilenebilir enerjiye yönelimin arttırılması, çevreye duyarlı ısıtma sistemlerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Günümüzde fosil yakıtların kullanımını azaltmak, çevreye dost sistemler geliştirmek, enerji kaynaklarını doğru ve verimli şekilde kullanmak için birçok araştırma yapılmıştır. Isı pompası sistemleri belirtilen amaçlara uygun olduğundan gerçekleştirilen çalışmalar hız kazanmıştır. Yapılan literatür araştırmasında güneş enerjisi destekli ısı pompası ile ilgili çalışmalar aşağıda sıralanmıştır.

Doğu Çin bölgesinde bulunan Qingdao'nun meteorolojik koşulu altında, değişken kapasiteli bir doğrudan genleşmeli güneş destekli ısı pompası (DX-SAHP) sistemi deneysel olarak incelenmiştir. DX-SAHP sisteminin sonbahar ve kış dönemindeki performansını değerlendirmek için performans katsayısı (COP), kompresöre giden elektrik gücü, buharlaşma ve yoğuşma basınçları dahil olmak üzere bir dizi deney yapılmıştır. Sonuç olarak sonbaharda güneşli ve bulutlu gün koşullarında, ortalama COP değerinin sırasıyla 4,0 ve 3,0'dan yüksek olduğu, aşırı soğuk hava koşullarında bile, ortalama COP değerinin 2,5'ten çok daha yüksek olduğu bulunmuştur (Kong vd.,2018).

Matematiksel bir model sayesinde evsel sıcak su elde etmek için doğrudan genleşmeli güneş enerji destekli ısı pompası (DX-SAHP) kullanılarak enerjik ve ekonomik analiz yapılmıştır. Akışkan olarak R134a kullanılarak, R290 akışkanının COP değerlerini ve ekonomik boyutu karşılaştırılmıştır. Yapılan testlerde, R290 akışkanının R134a akışkanından %25 daha fazla COP değerine sahip olduğu ve %19 daha yüksek minimum geri ödeme süresi olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak gelecekte R290 akışkanının kullanımında R290 ekipmanının maliyetinin ve geri ödeme süresinin azaltılabileceği ön görülmüştür (Rabelo vd.,2019).

Doğrudan genleşmeli güneş enerji destekli ısı pompasının termodinamik analizi farklı akışkanlar kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar R12 akışkanının en yüksek COP değerine sahip olduğunu, ardından sırasıyla R22 ve R134a'nın olduğunu göstermiştir. Ayrıca R410A'nın R407C ve R404A'dan daha verimli olduğunu ancak R134A kadar iyi

olmadığı görülmüştür. R134a akışkanı kullanılarak R410A akışkanına göre %15-20 daha fazla COP değeri bulunmuştur (Chaturvedi vd.,2004).

Doğrudan genleşmeli güneş enerji destekli ısı pompasında (DX-SAHP) kanatlı boru tipine sahip buharlaştırıcı ile çıplak plaka tip boruya sahip buharlaştırıcı arasında termodinamik analiz yaparak karşılaştırma yapılmıştır. Ortam sıcaklığının ve bağıl nemin etkisi araştırılmıştır. Ortam sıcaklığı 5 °C'den 15 °C'ye çıkarıldığında, çıplak plaka tip DX-SAHP'deki COP değerinin %6,6 arttığı kanatlı boru tip DX-SAHP'deki COP değerinin %16,2 arttığı bulunmuştur. Bağıl nem %70 ve %90 olduğunda her iki buharlaştırıcıda da don meydana geldiği ancak çıplak plaka tip DX-SAHP'nin performansının kanatlı tipe göre daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır (Ji vd.,2019).

Düz plaka kollektörlü güneş enerji destekli ısı pompası sistemi deneysel olarak incelenmiş ve evsel alan ısıtması için test edilmiştir. Test odası 60 m² ve Elazığ'da olup güneş enerji destekli ısı pompasının COP değeri hesaplanmış ve 3,08 bulunmuştur. Ayrıca ekserji analizi yapılarak güneş kollektörünün ekserji kaybı 1,92 kW bulunmuştur. En büyük ekserji kaybının kompresörde ardından sırasıyla buharlaştırıcıda ve yoğunlaştırıcıda olduğu belirtilmiştir (Dikici ve Akbulut,2007).

Kanada'da konut ısıtılması için TRNSYS ve EES programları kullanılarak tek kademeli ve iki kademeli güneş enerjisi destekli ısı pompasında karşılaştırma yapılmıştır. Çalışmalarda tek kademeli CO₂ çevrimi, tek kademeli R410A çevrimi ve iki kademeli CO₂ çevrimi kullanılarak üç farklı deney yapılmıştır. Sonuç olarak iki kademeli çevrimin performansının diğer çevrimlerden daha küçük bir kompresör kapasitesinde zirveye ulaştığı sonucuna varılmıştır (Ma vd.,2020).

Alan ısıtma ve elektrik üretme amaçlı nano sıvı bazlı hibrit PV kolektörler tarafından çalıştırılan güneş enerji destekli ısı pompası araştırılıp, EES programında analizler yapılmıştır. En verimli nano akışkanlardan olan su/bakır ve su/alüminyum oksit sistemde test edilmiştir. Yapılan enerji ve ekserji analizlerine göre; su/bakır nano akışkan kullanımı %4,80 daha yüksek enerji sistemi verimliliği, %0,66 daha yüksek ekserji sistemi

verimliliği sağlamıştır. Su/alüminyum nano akışkan kullanıldığında %4,34 fazla enerji verimliliği, %0,19 fazla ekserji verimliliği sağladığı görülmüştür (Bellos vd.,2019).

Ege Üniversitesi'nde bir ofisi doğrudan genişmeli güneş enerji destekli bir ısı pompası kullanarak yerden ısıtmak için ekserji analizi yapılmıştır. Çalışma sıvısı olarak R22 seçilmiş, 4 m² çıplak düz kollektör kullanılmıştır. Sonuç olarak ısı pompası COP değeri 1,5 ile 9 arasında değişmiş, geleneksel ısı pompalarının COP değerlerinin 2,3 ile 3 olarak kabul edildiği varsayılarak çıkan sonuç doğrudan genişmeli güneş kollektörleri kullanarak daha yüksek değerlerin elde edilebileceği olmuştur. Ekserji verimliliğinin %10,74 ile %88,87 arasında değiştiği bulunmuştur (Kara vd.,2006).

Doğrudan genişmeli güneş enerji destekli bir ısı pompası için en uygun soğutucu akışkanı bulunmaya çalışılmış ve soğutucu akışkanlar termal performansına göre karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan soğutucu akışkanlar R134a, R290, R600a, R744 ve R1234yf dir. Analizlerde; güneş ışınımı 0 W/m² ile 700 W/m² arasında, ortam sıcaklığı 10 °C ile 35 °C arasında, rüzgâr hızı 0,5 m/s ile 4,5 m/s arasında tutulmuştur. Sonuç olarak R290 soğutucu akışkanının 300 W/m² ile 700 W/m² arasındaki güneş radyasyonunda ve 10 °C ile 35 °C arasında diğer soğutucu akışkanlardan daha iyi COP değerine sahip olduğu bulunmuştur. Diğer yandan 50 W/m² altındaki güneş radyasyonunda R134a nın daha iyi COP değerine sahip olduğu bulunmuştur (Duarte vd.,2019).

Pekin'de 20 yıl kesintisiz çalışabilecek, alan ısıtma ve sıcak su elde etmek için güneş enerji destekli bir ısı pompasının TRNSYS programında simülasyonu yapılmıştır. 20 yıllık simülasyonda; donmaya karşı ısı pompası giriş sıcaklığı 6 °C'nin üzerinde tutulmuştur. Sonuç olarak diğer güneş destekli ısı pompalarına kıyasla ortalama COP değerinin %26,3 iyileştirilmiş olduğu, sıcak su ve alan ısıtma için elektrik tüketiminde 5,6 GJ azalma olduğu, sistemin %55.7 daha verimli olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Xi vd.,2011).

Değişken frekanslı bir kompresör kullanılarak fotovoltaik güneş destekli ısı pompasının performansı araştırılmıştır. Daha iyi bir performans için kompresörün değişken frekansta kullanılmasının avantajlı olduğu bulunmuştur. Elektrik verimliliği 0,135, termal

verimliliği 0,479, genel verimliliği 0,625 ve sistemin COP değeri ortalama 6,01 bulunmuştur. Elektrik veriminin ve genel verimin diğer fotovoltaik sisteme göre daha yüksek olduğu ve buradan yola çıkılarak sistemin iyi bir uygulama potansiyeli olduğu sonucuna varılmıştır (Jie vd.,2009).

Güneş enerji destekli ısı pompası sistemlerinin performansına yönelik sayısal simülasyonlar yapılmıştır. Güneş kolektör alanının sistem performansı üstüne etkileri araştırılmış ve sonuç olarak kolektör alan artışının sistemin COP değerini arttırdığı ortaya konulmuştur (Yang vd.,2011).

Kışın alan ısıtma, yazın klima ve tüm yıl boyunca sıcak su sunabilen doğrudan genleşmeli güneş destekli ısı pompası sisteminin uzun vadede performansı araştırılmıştır. Sistemde 10,5 m² olan çıplak düz plakalı kolektör, değişken hızlı kompresör, toplam hacmi 1 m³ olan depolama tankı ve radyant yerden ısıtma ünitesi kullanılmıştır. Yalnızca alan ısıtma modu için günlük ortalama COP 2,6 ile 3,3 arasında, sistem COP değeri 2,1 ile 2,7 arasında değiştiği bulunmuştur. Yalnızca suyla ısıtma için günde 200 litre ile 1000 litre arasında sıcak su elde edilebileceği bulunmuştur. Bu deneyle farklı hava koşullarında uzun vadeli bir çalışma ve nispeten düşük işletme maliyeti hedeflenmiştir (Wang ve Kuang,2005).

Sonuç olarak güneş enerji destekli ısı pompası sistemleri ile konut ve su ısıtılmasına yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Soğutucu akışkanları değiştirerek, kolektör alanlarını ve çeşitlerini değiştirerek, kompresörün devrini değiştirerek, en uygun ekipmanlarla en verimli şekilde ısı elde edilmeye çalışılmıştır.

3. ENERJİ KAYNAKLARI

Günümüzde tüm dünyada en temel ihtiyaçlardan birisi de enerjidir. Sanayi Devrimi'yle başlayan enerji arayışı ülkeler arası çatışmalara sebep olmuştur. Ülkeler enerji kaynakları olan topraklarını korumak için çatışmışlardır. Enerji kaynaklarıyla ülkelerin gelişimi arasında doğrudan bir ilişki vardır. Bu ilişkiye örnek verilecek olursa; İngiltere 1900'lerin başında kömür rezervinden dolayı diğer ülkelerin başında gelirken, 1945'lerden sonra petrol sayesinde Amerika öne geçmiştir. Şu anda da, enerji kaynakları kendine yeten ve enerjiyi ithal eden ülkeler ekonomik olarak diğer ülkelerin önüne geçmiştir.

Günümüzde gelişen teknoloji ve endüstri, enerjiyi daha da ön plana çıkarmıştır. Her alanda kullanılan enerji özellikle endüstriyel tesislerde elektrik enerjisi kullanımı olarak, konutlarda ısınma amaçlı olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkeler enerji elde etmek için çeşitli kaynaklar kullanırlar. Enerji kaynakları yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenemez enerji kaynakları olarak 2'ye ayrılır.

3.1. Yenilenemez Enerji Kaynakları

Yenilenemez enerji kaynakları, oluşum sürelerinin uzun yıllar olmasından dolayı yenilenemez olarak adlandırılmaktadırlar. Yenilenemez enerji kaynakları karbon, kükürt, azot bazlı olup, doğalgaz ve türevleri, kömür ve türevleri, petrol ve türevleri, uranyum gibi radyoaktif malzemeler bu kaynaklara örnek verilebilir. Yenilenemez enerji kaynakları halen günümüzde oldukça sık kullanılmaktadır. Bu kaynaklar jeolojik yapısı uygun bölgelerde çıkmakta olup birçok dezavantajı bulunmaktadır. En büyük dezavantajı çevre kirliliğine ve küresel ısınmaya sebep olmasıdır. Birçok uzman gelecekte bu kaynakların tükeneceğini ve büyük çevre sorunlarıyla baş etmek zorunda kalılabileceğini belirtmişlerdir.

3.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları, doğada sonsuz şekilde bulunması ve kendini yenilemesi bakımından yenilenebilir enerji kaynağı olarak adlandırılırlar. Sürdürülebilir olması, doğaya olumsuz katkısı olmaması, diğer yenilenemez enerji kaynaklarının ilerde tükenebileceği ve verdiği zararlardan dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına yoğun bir ilgi ve yönelim olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynakları rüzgâr enerjisi, hidrojen enerjisi, okyanus enerjisi diğer adıyla dalga enerjisi, biyokütle enerjisi, jeotermal enerji, hidroelektrik enerji ve güneş enerjisidir.

3.2.1. Rüzgâr enerjisi

Rüzgâr enerjisi rüzgârı oluşturan hava akımının sahip olduğu kinetik enerji olarak tanımlanır. Rüzgârın bu kinetik enerjisinden yararlanılarak elektrik enerjisi elde edilmektedir. Bu sisteme rüzgâr türbini denmektedir. Rüzgâr türbini rüzgârdaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra jeneratör yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılır.

Rüzgâr enerjisi kurulu gücüne sahip ilk beş ülke sırasıyla Çin, ABD, Almanya, Hindistan ve İspanya'dır (Şenel,2015). Ülkemizde de rüzgâr enerjisi kullanımı git gide yaygınlaşmakla birlikte kıyı kesimlerimizde daha çok kullanıldığı görülmektedir. Rüzgâr enerjisi kurulu gücü sürekli artarak 2020 yılında 9.305 MW güce ulaşmıştır. Rüzgârdan elde edilen elektrik toplamı 24 milyon 486 bin 679 MWh erişirken bu miktar Türkiye'de üretilen toplam elektriğin % 8,44'ünü oluşturmuştur (Anonim,2021). Sonuç olarak Türkiye'de ve diğer ülkelerde rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi git gide yaygınlaşarak olumlu sonuçlar doğurmaktadır.

3.2.2. Hidrojen enerjisi

Hidrojen renksiz, kokusuz, doğadaki en hafif elementlerden birisidir. Hidrojen doğada serbest halde bulunmadığından dolayı birkaç işlemden geçirilerek çoğunlukla fosil kaynaklardan ya da sudan çıkarılır. İlerleyen dönemlerde depolama ve kullanma açısından

hidrojen enerjisini kullanmak için sudan hidrojen elde etmek daha avantajlı olacaktır. Hidrojen enerjisi çevreyi koruyarak ekonomik destek sağlar, fosil yakıtların kullanımını azaltır, temiz ve devamlı bir enerji akışı sağlar.

Bugün dünyada hidrojen enerjisi kullanılmasında ve üretilmesinde birinci sıradaki ülke Çin'dir. Çin 2020 yılının ortalarında gelecek için bir enerji yasası çıkarmış bu yasa hidrojen enerjisini kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Almanya, Rusya, Japonya gibi birçok ülkenin ilgi alanına giren hidrojenden enerji elde etmek ilerleyen yıllarda ki hedeflerden biridir. Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın desteğiyle Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü (UNIDO) projesi ve Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi (ICHET) ile hidrojen enerjisinin kullanımının yaygınlaşması için çalışmalar yürütmektedir.

3.2.3. Dalga enerjisi

Dalga enerjisi denizlerde ve okyanuslarda meydana gelen dalgaların hareketinden elde edilen enerjidir. Hem dünyanın % 70'inden fazlası su ile kaplı olduğundan hem de çevreye kirliliğine sebep olmadığından çalışmalar dalga enerjisine yönelmiştir. Dalga enerjisinden elektrik üretmek için her bir dalgayı tek tek incelemek gerekli ve ona göre bir çalışma yapılması gerekmektedir. Hali hazırda dünyada dalga enerji istasyonlarının bulunduğu ülkeler; İngiltere, Portekiz, İspanya, Amerika'dır. Ülkemizde Karadeniz denizinin dalga boyları dalga enerjisi üretmeye müsaittir. Doğu Karadeniz Kalkınma Ajansı'nca desteklenen Trabzon'da dalga enerjisinden elektrik üretimi projesi hakkında çalışmalar devam etmektedir. Ayrıca benzer şekilde Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı'nın öncülük ettiği proje Zonguldak'ta devam etmektedir.

3.2.4. Biyokütle enerjisi

Biyokütle enerjisi hayvan ve bitkisel atıkların çürütülmesiyle meydana gelen enerji türüdür. Temel olarak biyokütle enerjisinin içeriğinde karbon, hidrojen, azot ve oksijen atomları bulunur. Biyokütle enerjisi için kullanılacak kaynaklar termo-kimyasal ya da biyokimyasal yöntemlerle elde edilirler. Biyokütle enerjisi ısı, elektrik ve ulaşım amaçlı

kullanılabilir. Biyokütle enerjisi yerli bir enerji kaynağı, sürekli ve diğer enerji santrallerine göre daha az maliyeti olmasından dolayı tercih edilen bir enerji türü haline gelmiştir.

Türkiye’de biyodizel işleme sahip firma sayısı 8, biyoetanol işleme sahip firma sayısı 5, biyokütle kaynaklı elektrik üretim santral sayısı 199, atıklardan enerji üretim potansiyeli 34.002.549 TEP/yıldır (İlleez, 2020).

3.2.5. Jeotermal enerji

Dünya beş katmandan oluşur. Bunlar barisfer (ağır küre), piroster (ateş küre), litosfer (taş küre), hidrosfer (su küre), atmosfer (hava küre) dir. Yeryüzünün katmanları ise yer kabuğu, manto ve çekirdektir. Jeotermal enerji de yer kabuğunun derinliklerinde bulunan ısının depolanması ile oluşan sıcak su ve buhar yolu ile taşınan ısıdır. Jeotermal enerji elektrik enerjisi üretiminde, konut ısıtma ve soğutmada, endüstriyel amaçlı ve termal turizm amaçlı kullanılmaktadır.

Jeotermal enerji üretiminde Amerika, Endonezya, Filipinler ve Türkiye önde gelen ülkelerdendir. Türkiye’de jeotermal enerjiden elektrik üretimi 2019 yılında 8.000 GWh olurken 2020 yılı sonunda bu değer 9.316 GWh olmuştur. Jeotermal enerji kurulu gücü 2019-2020 yıllarında 1.526 MWe olurken 2020 Aralıkta bu değer 1.663 MWe’dir (JESDER,2020).

3.2.6. Hidroelektrik enerji

Hidroelektrik enerji diğer adıyla su enerjisi, akan suyun enerjisinden yararlanılan, en eski ve en çok kullanılan enerji türüdür. Hidroelektrik enerjisi hidroelektrik santrallerinden sağlanır. Kanal veya borular içine alınan su jeneratöre bağlı olan türbinlere gönderilir ve mekanik enerjinin elektrik enerjisine döndürülmesiyle enerji elde edilir. Hidroelektrik santraller elektrik enerjisi üretilmesinin yanında, tarımsal alanların sulanmasında, içme suyu temininde de kullanılmaktadır.

Dünyadaki hidroelektrik enerji üretimi 4.306 TWh ile yeni rekor kırmıştır (Anonim,2020). Türkiye’de hidroelektrik enerji kurulu kapasitesi 31.391 MW olup, enerji üretim miktarı yılda 108 milyar kWh'dir. Bu değerle Türkiye hidroelektrik enerjisi gücüne sahip dünyada dokuzuncu sırada bulunmaktadır (DSİ,2020).

3.2.7. Güneş enerjisi

Güneş dünya ve diğer gezegenler için çok önemlidir. Güneş yeryüzüne ısı, ışık ve enerji verir. Dünyada yaşayan canlılar için vazgeçilmez bir kaynaktır. Güneş dünyayı aydınlatmasına ek olarak dünyanın ısınmasını, canlı hayatının devam etmesini, bitki örtüsünün yaşamasını sağlar.

Güneş sıcak gazlardan oluşur bunlar; çoğunluğu hidrojen olmakla birlikte, helyum, neon, karbon, silikon, demir, kalsiyum, magnezyum ve oksijendir. Güneşin iç kısmı çekirdek, ışınım katmanı, konveksiyon katmanı olmak üzere 3 bölgeden oluşur. Güneşin merkezinde 4 hidrojen çekirdeğinin helyum çekirdeğine dönüşmesiyle enerji oluşur. Oluşan tepkimeye füzyon tepkimesi denir ve bu tepkimede giren kütleler çıkan külelere eşit değildir. Tepkimeye giren kütlelerin bir kısmı enerjiye dönüşür. Güneş ışınımının %30'u tekrar uzaya geri döner, %20'si ise atmosferde ve bulutlarda tutunur. Geride kalan %50'si yeryüzüne ulaşarak doğal yaşamın devam etmesini sağlar.

Güneş enerjisi ile ilgili araştırmalar çok eskiye dayanmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanmıştır;

- a) 1725 yılında su pompası güneş enerjisiyle çalıştırılmıştır.
- b) 1839 yılında Fransız bilim insanı Edmond Becquerel dünyada ilk olarak Fotoelektrik olayını keşfetmiş ve ışık enerji soğurularak elektriksel voltaj elde edileceğini öne sürmüştür.
- c) 1860 yılında güneş ışınları parabolik aynalarla toplanarak buhar makinesinin işletilmesi konusunda çalışmalar yapılmıştır.
- d) 1873-1876 yıllarında Willoughby Smith Selenyum elementinin fotoiletkenliğini keşfetmiş, bu keşif güneş enerjisinin kolayla toplanabildiğini göstermiştir.

- e) 1876 yılında William Adams güneş ışığı kullanarak Selenyum elementinden elektrik üretildiğini gözlemlemiştir.
- f) 1883 yılında Charles Fritts tarafından ilk solar hücre üretilmiştir.
- g) 1887 yılında ilk olarak Heinrich Hertz tarafından fotoelektrik olayı gözlemlenmiştir.
- h) 1905 yılında Albert Einstein tarafından metallerin güneş ışığı altında elektronlarını serbest bıraktığı keşfedilmiştir.
- i) 1918 yılında Jan Czochralski tek kristalli silikon hücreyi geliştirmiştir.
- j) 1954 yılında ilk fotovoltajik hücre Bell Laboratuvarlarında üretildi.
- k) 1953-1956 yılları arasında Bell Laboratuvarındaki çalışmalar sonucunda silikon güneş hücreleri ticari olarak üretilmeye başlanmıştır.
- l) 1958 yılında solar enerji sistemleri uzay çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır.
- m) 1982 yılında Kaliforniya'da 1 MWe güneş enerji santrali inşa edilmiştir.
- n) 1984 yılında endüstriyel anlamda ilk tesis Los Angeles'de kurulmuştur.
- o) 1993 yılında Kaliforniya'da ilk kapalı şebeke güneş enerji sistemi kurulmuştur.
- p) 1994-1999 yılları arasında NREL kurumu tarafından %30-32 arasında verimli güneş hücreleri üretilmiştir.
- r) 2000'li yılların başında güneş enerjisi konusundaki çalışmalar ve yatırımlar artarak devam etmiştir (Anonim,2021).

3.3. Güneş Enerjisi'nin Diğer Enerji Türlerine Göre Avantaj ve Dezavantajları

Güneş enerjisinin ulaşılabilir olması, temiz olması ve sonsuz olması gibi birçok avantajları olmasına rağmen dezavantajları da bulunmaktadır. Güneş enerjisinin avantajları şu şekilde sıralanmaktadır;

- a) Dünyanın oluşumundan öncesine dayanan güneş en köklü enerji kaynaklarından biridir.
- b) Sonsuz ve bol bir enerji kaynağıdır.
- c) Temiz bir enerji türüdür. Doğayı kirletecek diğer fosil yakıtlar gibi zararlı atıkları yoktur.
- d) Her yerde bulunan güneşten herkes faydalanabilir, böylece ülkeler arası dışa bağımlılık azalır. Ülke ekonomisine katkı sağlar.
- e) İşletme masrafları azdır.
- f) Basit bir teknolojiyle enerji sağlanabilir.

Güneş enerjisinin dezavantajları şu şekilde sıralanmaktadır;

- a) Güneş ışınımı az olduğundan bir depolama sistemi gerekmektedir. Depolama sistemleri ek maliyettir.
- b) Kış aylarında ısınma için ihtiyaç duyulan güneş ışınımı az olmakla birlikte, geceleri ise hiç yoktur.
- c) İlk yatırım maliyetleri yüksektir. Uzun geri ödeme süreleri mevcuttur.
- d) Güneş enerjisinin yoğunluğu az olduğundan istenilen yoğunlukta bulunmayabilir.
- e) Güneşten faydalanılan sistemlerin güneş ışığını alabilmeleri için çevresinin açık olması, gölgelenmenin olmaması gerekir.
- f) Birim yüzeye düşen güneş ışınımı az olduğundan geniş toplayıcı yüzeylere ihtiyaç vardır.

3.4. Güneş Enerjisi Kullanım Alanları

Güneş enerjisi en eski kaynaklardan biri olduğu için çok eski zamanlardan beri kullanılmaktadır. Günümüzde artan ilgi, fosil yakıtların tükenme riskiyle karşı karşıya gelmesi ve küresel ısınmadan dolayı kaynaklanmaktadır. Güneş enerjisinin kullanım alanları şu şekilde sıralanmaktadır;

- a) Kurutma proseslerinde,
- b) Güneş ocakları aracılığıyla pişirmede,
- c) Kamu, özel ve şahsi binaların elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanmasında,
- d) Suyun elektrolizinde,
- e) Mesken, havuz gibi yaşam alanlarının ısıtılmasında,
- f) Sıcak su ihtiyacının karşılanmasında,
- g) Bahçe, sokak, park ve yol aydınlatmalarında, trafik ışıklarında, hesap makinesi, saatlerin şarj edilmesinde,
- h) Tarımda dona karşı seraların ısıtılmasında,
- i) Cep telefonu ve akıllı tabletlerin USB üzerinden şarj edilmesinde,
- j) Dünyaya bilgi sağlamak amacıyla uzay ve uydular üzerinde,
- k) Buz üretiminde,
- l) Tuz üretiminde,
- m) Askeri alanda özel amaçlarla kullanılmaktadır.

3.4.1. Güneş enerjisiyle hacim ısıtma sistemleri

Konutlarda kullanılan enerjinin %90'a yakını ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. Bu yüzden ısıtma amaçlı kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve tasarrufu öncelik kazanmaktadır. Hacim ısıtılmasında da en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından biri güneş enerjisidir.

Konut ısıtılmasında istenilen oda sıcaklığına ulaşmak için konfor koşulları sağlanmalıdır. Güneş enerjisiyle konut ısıtmada daha iyi verim alınabilmesi için binanın yalıtımının yapılmış olması önemli rol oynar. Özellikle kış aylarında ısı gereksinimi arttığından, güneş enerjisinden elde edilen enerji azaldığından güneş enerjisini destek ısıtma sistemleri ile birleştirmek ya da güneş enerjisine depolama tesisatı eklemek gerekir. Binalarda güneş enerjisi uygulamasında iki uygulama vardır. Bunlar aktif ve pasif ısıtma sistemleridir.

Aktif ısıtma sistemleri

Aktif sistemler mekanik aksamlar ve ek ısı depolayıcı önlemler yardımıyla güneş enerjisinden yararlanır. Aktif sistemde; güneş enerji toplayıcıları, depolama birimleri, enerji transfer mekanizmaları ve enerji dağıtım sistemleri kullanılır. Aktif güneş enerjisinin amacı bir akışkanı kolektör yardımıyla ısıtmak, ısıtılmış akışkanı depolamak, ısıtılacak hacimlere bu enerjiyi dağıtım ekipmanları aracılığıyla sağlamaktır. Doğrudan hacim ısıtmada kullanılmazlar (Günerhan,2021). Bilinen uygulamaları; güneş kolektörleri, güneş pilleri, ışık rafları, ışık tüpleri, anidolik tavanlar, heliostatlardır.

Pasif ısıtma sistemleri

Güneş enerjisinin karmaşık bir teknolojiye ihtiyaç duyulmadan kullanılmasıdır. Pasif sistemlerde konutun kendisi toplayıcı olarak kullanılır bu yüzden kontrollü bir enerji sağlanamaz. Eğer pasif sistem kullanılacaksa güneş enerjisinden yararlanmak için konutun güneşe yönlmesi, diğer binalar tarafından gölgelenmemesi gibi hususlar konut inşaatında

dikkate alınmalıdır. Pasif ısıtma sistemleri doğrudan ve dolaylı pasif sistemler olmak üzere 2'ye ayrılır.

Doğrudan pasif güneş sistemleri bina, güneş ışınlarını alarak doğrudan iç mekânlara aktaracak biçimde tasarlanır. Yapılan tasarım sonrası güneş ışınları ek bir ara sisteme ihtiyaç duymadan doğrudan mekâna alınır (Demircan ve Gültekin,2017). Bu sistem binanın kendisinden başka ek bir sistem ve maliyet getirmemesinden dolayı tercih edilmektedir. Bina güney yönünün komşu binalar, bitki örtüsü nedeniyle kullanılmaması durumunda güneş enerjisinin çatı açıklıkları aracılığıyla depolanarak ısı kazanımı sağlanabilmektedir.

Dolaylı pasif güneş sistemleri bina, cam yüzey ve arkasına yerleştirilmiş ısı depolamaya uygun cam yüzeyden geçerek, duvardan gelen ısının ışınım veya taşınım yoluyla iç mekâna iletilmesidir. Yalıtımın dışında işlem gerektirmemesi ve yapımının kolay olması bakımından tercih edilmektedir. Isıl kütlede depolanan ısı akşam saatlerinde de içeriye ısı vermeyi sürdürmektedir. Bilinen uygulamaları; güneş duvarları, su duvarları, çatı havuzları, güneş odaları, termosifon sistemler, güneş bacalarıdır.

3.4.2. Güneş enerjisiyle sıcak su eldesi

Güneş enerjili sıcak su sistemleri, suyun ısıtıldığı güneş kolektörleri, ısınan suyun depolandığı depolama tankı, suyun iletimini sağlayan borular, pompa ve akışı kontrol eden ekipmanlardan oluşmaktadır. Güneş enerjili su ısıtma sistemleri büyük kapasiteli olursa sistemde genellikle bir pompa aracılığıyla ısı transferi akışkanı hareket ettirilir. Bu sistemlerde büyük bir depolama tankı ve tank dışında bulunan bir ısı değiştiricisi kullanılır. Sıcak su, doğal ve zorlanmış dolaşımli güneş enerji kullanılarak 2 şekilde elde edilir. Bu sistemlerde açık ve kapalı sistem olmak üzere 2'ye ayrılır. Açık sistemlerde kullanım suyu ile kolektörde dolaşan su aynıdır. Açık sistemlerin verimleri yüksek, maliyeti düşüktür ancak kireçlenme ve buz problemleri vardır. Kapalı sistemlerde ise kullanım suyu ile kolektörde dolaşan su farklıdır. Kapalı sistemler donma, kireçlenme ve korozyona karşı kullanılmaktadır ancak verimleri düşük, maliyeti fazladır. Güneş enerjili sıcak su sistemlerinde 2 büyük problem vardır. Bunlardan ilki tank içinde depolanan sıcak su

sıcaklığının akşam saatlerinde düşmesi, diğeri ise üretilen sıcak suyun kullanılmaması durumunda sıcaklığın yükselmesidir. Bu problemleri engellemek amacıyla gerekli ekipmanlar kullanılmalıdır.

Doğal dolaşımli sistemler

Doğal dolaşımli sistemlerde suyu hareket ettiren bir sistem yoktur. Toplayıcıda ısınan su yoğunluğu azaldığı için kendiliğinden yukarı çıkar ve depoya gider. Deponun alt kısmından daha soğuk olan su toplayıcının alt kısmına gider. Böylece ısı alış-verişi olur. Diğeri sistemlere göre daha avantajlı olup, sadelikten dolayı verimi yüksektir. Sıcak su ihtiyacı az olan yerlerde kullanılır.

Zorlanmış dolaşımli sistemler

Zorlanmış dolaşımli sistemlerde toplayıcı ile depo arasındaki su dolaşımı sirkülasyon pompası ile sağlanır. Sisteme suyun doldurulması kullanım suyu tesisatı ile gerçekleşir. Bu sistemle daha yüksek sıcaklıklar elde edilebilir. Daha ince borular yardımıyla ısı kaybı azaltılır. Diğeri sisteme göre daha pahalı ve daha karışıktır.

3.5. Güneş Kolektörleri

Güneş kolektörleri güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran cihazlardır.

3.5.1. Düşük sıcaklık sistemleri

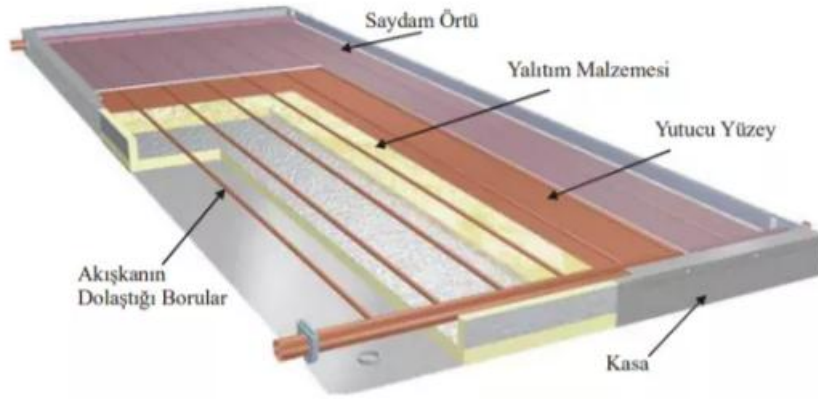
Düzlemsel güneş kolektörleri

Düzlemsel güneş kolektörleri düzlemsel yapıda olan, güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır. Ulaştıkları sıcaklık 70 °C ile 90 °C arasındadır. Güneş kolektörlü sistemler doğal ve zorlanmış dolaşımli olmak üzere ikiye ayrılır. Bunlarda kendi aralarında açık ve kapalı sistem olarak ikiye ayrılır. Bu

sistemler evlerde, yüzme havuzlarında ve sanayide sıcak su temini için kullanılır. Konstrüksiyonları oldukça basit, tesisatın elemanları azdır. Dayanıklı ve daha kullanışlıdır. Yatırım maliyeti ve işletme masrafları az olduğundan tercih edilmektedirler.

Düzlemsel güneş kolektörler üstten alta doğru; camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban tabaka arasında boşluk, metal veya plastik absorban plaka, arka ve yan yalıtım ve bu bölümleri içine alan bir kasadan oluşur. Üst örtü ısı kayıplarını en aza indirgeyen maddeden olmalıdır. Bu sebeple cam tercih edilmektedir. Kullanılan camın hem noktasal hem de yayılı yüke dayanımı yüksek olmalıdır. Absorban plaka en önemli kısımlardan biri olup güneş ışınlarını yutarak ısı dönüştürür ve sistemde dolaşan sıvıya aktarır. Absorban plakanın yüzeyi genellikle güneş ışınlarını daha iyi emmesi açısından koyu renkte olur. Kullanılan boyanın yutma katsayısının yüksek olması gerekmektedir. Kolektörlerde genellikle bakır ve alüminyum plakalar kullanılır. Kolektörün arkadan ve yanlardan olan ısı kaybının en aza indirilmesi için absorban plaka ile kasa arası uygun bir yalıtım malzemesi ile kaplanmalıdır. Kolektör kasalarında ağaç, metal ve plastik kullanılmaktadır. Kasa kolektörü sağlam bir şekilde taşınmalı, emici plaka ile kasa arasında yalıtım yapılmalıdır. Temizliği için emici plakaya kolayca ulaşılabilmelidir. Dış çerçevenin herhangi bir yerinden su ve hava sızmamalıdır.

Güneş kolektörlerinin dizaynı düz yüzeyli ve yoğunlaştırılmalı olmak üzere iki grupta yapılmaktadır. Düz yüzeyli kolektörler her üç radyasyondan yararlanırken, yoğunlaştırılmalı kolektörler belirli bir yüzeye düşen direkt güneş radyasyonunu daha küçük emici alanına yoğunlaştırarak verirler. Bu yüzden yoğunlaştırılmalı kolektörlerin güneşi sürekli izlemeleri sağlanmalıdır. Kolektörler, ısı taşıyıcı akışkan cinsine göre de sıvılı ve gazlı kolektörler olarak ikiye ayrılırlar. Sıvılı kolektörlerde daha çok su, gazlı kolektörlerde de hava dolaşmaktadır. Sıvılı kolektörlerin verimi gazlı kolektörlere göre daha yüksek, yapımı daha kolay ve ucuzdur. Düzlemsel güneş kolektörünün yapısı Şekil 3.5'de verilmiştir.



Şekil 3.5. Düzlemsel güneş kolektörü yapısı (Anonim,2016).

Vakumlu güneş kolektörleri

Vakumlu güneş kolektörleri vakum borulu toplayıcının dışında geçirgenliği yüksek cam boru veya cam plaka ve bunun içinde aksel durumda olan madeni boru yada selektif malzemeye kaplanmış cam borudan oluşurlar. Dışındaki saydam boru veya cam plaka güneş ışınlarının iç boruya gelmesini sağlar. İç boru ışınları toplar ve kendi içinden geçen akışkanı ısıtır. Isınan suyun hacmi artar, yoğunluğu azalır. Böylece yukarı doğru hareket eder. Böylelikle depoya ulaşarak kullanma suyu olarak yada ısıtma tesisatında kullanılır. Vakum tüplü kolektörlerin kullanılmasıyla ısı kayıplar azaltılarak kolektörlerin daha yüksek sıcaklıklarda çalışması sağlanır (Özsoy ve Galip,2018). Bu sistemde 120 °C ile 150 °C arası sıcaklık elde etmek mümkündür. Vakumlu güneş kolektörlü sistemler bulutlu havalar için oldukça uygundur. Tüpler silindirik bir yapıya sahip olduğundan güneş ışınlarını sürekli dik açıyla alırlar. Bu da yansımayı düşürerek verimin artmasına yardımcı olur.

3.5.2. Yüksek sıcaklık sistemleri

Parabolik oluk kolektörleri

Parabolik oluk kolektörler kesiti parabolik olan yoğunlaştırıcı dizilerden oluşur. Odak eksenini boyunca yerleştirilmiş emici boru içinden geçen akışkan, emilen enerjiyi alır bu sayede sıcaklığı yükselir. Parabolik şekilde tasarlanmış yansıtıcı yüzeyler güneş

ışınlarını emici boruya yansıtır. Emici boru üzerine gelen enerji, boru içindeki akışkana verilerek akışkanın sıcaklığı artırılmış olur. Bu sistemler yoğunlaştırma yaptıkları için daha yüksek sıcaklığa ulaşabilirler.

Parabolik Çanak Sistemler

Parabolik çanak sistemler, güneşi iki ekseninde takip eden ve güneş enerjisini çanağın odak noktasında bulunan bir alıcıya yoğunlaştıran sistemlerdir. Güneşi sürekli takip etmek gerekir. Alıcı güneş enerjisini yutar ve içerisindeki akışkana ısı enerjisi aktarılır. Aktarılan ısı enerjisi doğrudan yada borularla istenilen güç sistemine dönüştürülebilir. Güneşin sürekli takip edilmesinden dolayı verimli bir sistemdir.

Merkezi alıcı sistemler

Merkezi alıcı sistemler 2 üniteden oluşur. Bunlar alıcıyı taşıyan bir kule ve güneş ışınlarını alıcıya yansıtan kuleyi çevreleyen heliostatlardır. Çok sayıda hareketli heliostatlar bilgisayar tarafından kontrol edilerek güneşi takip ederler bu yüzden çok yüksek sıcaklıklarda enerji elde edilir. Güneş güç kuleleri, merkezi alıcı tipi güç santralleridir.

Fotovoltaik sistemler

Fotovoltaik sistemler diğer adıyla güneş pilleri yüzeyine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Elektrik enerjisinin gerekli olduğu her yerde kullanılabilirler. Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Güç çıkışını arttırmak amacıyla çok sayıda güneş pili paralel veya seri olarak bağlanır. Bu yapıya güneş pili modülü yada fotovoltaik modül adı verilir.

Fotovoltaik güneş teknolojilerinde en çok kullanılan malzeme silisyum elementidir. Güneş hücreleri kristaller ve amorf olmak üzereye ikiye ayrılır. En yaygın olan silisyum güneş hücreleri tek kristalli, çok kristalli, ince film ve şerit şeklinde değişik teknolojilerdeki yapılarda üretilirler. Güneş hücrelerinin yüzeyleri kare, dikdörtgen veya

daire biçiminde olabilir. Güneş hücrelerinin bir araya getirilmesiyle güneş modülleri, güneş modüllerinin bir araya getirilmesiyle de güneş panelleri ve güneş elektrik santralleri tesis edilebilmektedir.

3.5.3. PV/T güneş kolektörleri

PV/T güneş kolektörleri güneşten gelen ışınım girdisi ile hem elektrik enerjisi hem de ısı enerjisi elde edilmesini sağlayan güneş kolektörü çeşididir. Geleneksel fotovoltaik paneller güneşten gelen enerjinin %15'ini elektrik enerjisine dönüştürürler ve ısının büyük bir kısmı ısı enerjisi olarak sistemde bulunur. Bu kalan ısı enerjisi PV hücrelerin ısınmasına dolayısıyla elektrik veriminde azalmaya neden olur. Hücredeki bu sıcaklığın bir akışkan yardımıyla çekilmesi sistemin elektrik verimini artırır. Bunun içinde PV/T güneş kolektörleri kullanılır. PV/T sistemleri fotovoltaik modülün altına yerleştirilen su veya hava kanalları ile modül soğutulur. PV/T kolektörleri yapısından ısı atma yöntemine göre PV/T hava kolektörleri ve PV/T su kolektörleri olmak üzere ikiye ayrılırlar.

PV/T hava kolektörleri hava ısıtılmasının ve elektrik üretiminin birlikte yapıldığı sistemlerdir. PV/T hava kolektörlerinde fotovoltaik hücrelerin soğutulması işlemi hava ile gerçekleşir. PV/T hava kolektörlerinin üzerinde soğutmak için delikler bulunur. Panelin arka yüzeyinde oluşturulan negatif basınç etkisiyle deliklerden giren dış havaya, panelin arka yüzeyinde birikin ısı aktarılır. Böylece hem panel soğutulur hem de hava ısıtılır. PV/T hava kolektörleri camlı ve camsız olarak üretilmektedir. Cam kullanılmasının temel sebebi PV/T modülden ortama olan ısı kaybını azaltmaktır. Bu yüzden cam kullanılması sistemin termal verimini artırır.

PV/T su kolektörlerinde ise su ısıtılması ve elektrik üretimi birlikte yapılır. Panellere temas eden boru ısıyı yutucu yüzey ve fotovoltaik hücrelerden çekerek içerisinde bulunan akışkana aktarmaktadır. PV/T su kolektörlerinde kullanılan akışkanın havadan daha iyi termofiziksel özelliklere sahip olması nedeniyle su kolektörlerinin verimleri hava kolektörlerin verimlerinden daha yüksektir.

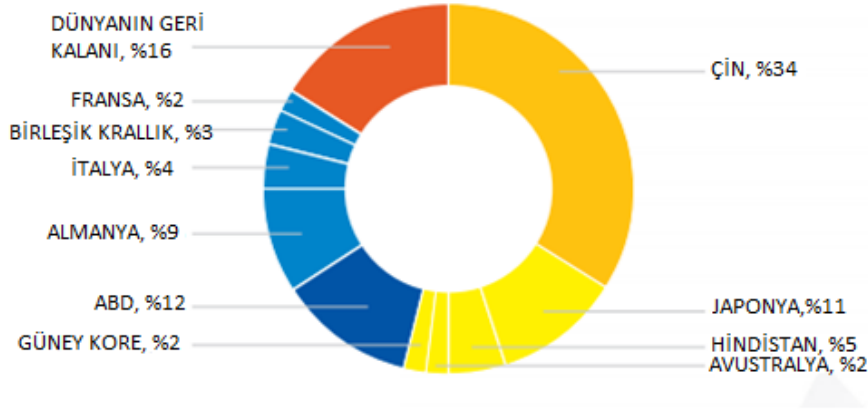
PV/T kolektörlü sistemlerde hem PV hem de termal kolektör güneş spektrumunun farklı bölümünü kullandıklarından, daha etkin kullanım söz konusudur. Kurulum için gereken alan diğer sistemlere göre daha az olacaktır. Hem ısı enerjisi hem elektrik enerjisi üretildiğinden maliyeti diğer sistemlere göre daha az olacaktır. Binaların mimarisinde daha estetik bir görünüm sağlamaktadır.

3.6. Dünyada Güneş Enerjisi

Dünyada enerji tüketimi ve üretimi artan sanayileşme ve ülkelerin gelişmesiyle her geçen gün artmaktadır. 2020 yılında Covid-19 Krizi'nin yenilenebilir enerji sektörünü yavaşlatacağı ama durdurmayaacağı, yenilebilir enerjinin pandemi sürecinden yükselerek çıkış yapacak tek sektör olduğu öngörülmüştür (IEA,2021). Covid-19 süreci boyunca diğer enerji kaynaklarının elektrik üretiminde ki payı düşerken, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi artmıştır.

Güneş enerjisinin kullanımına dayalı kurulan tesislerin ve uygulamaların daha verimli olması açısından yapımına geçilmeden önce güneş ışınım şiddeti ve güneşlenme sürelerinin bilinmesinde fayda vardır. Yeryüzünde ekvatorun kuzeyinde ve güneyinde 35°'lik enlemler arasında kalan bölgeye "Dünya Güneş Kuşağı" denmektedir. Bu bölge güneş enerjisi açısından en elverişli bölge olup yıllık 2000-3500 saatlik güneşlenme süresine ve 3,5-7 kWh/m² günlük güneş potansiyeline sahiptir (Taşkın ve Korucu,2014).

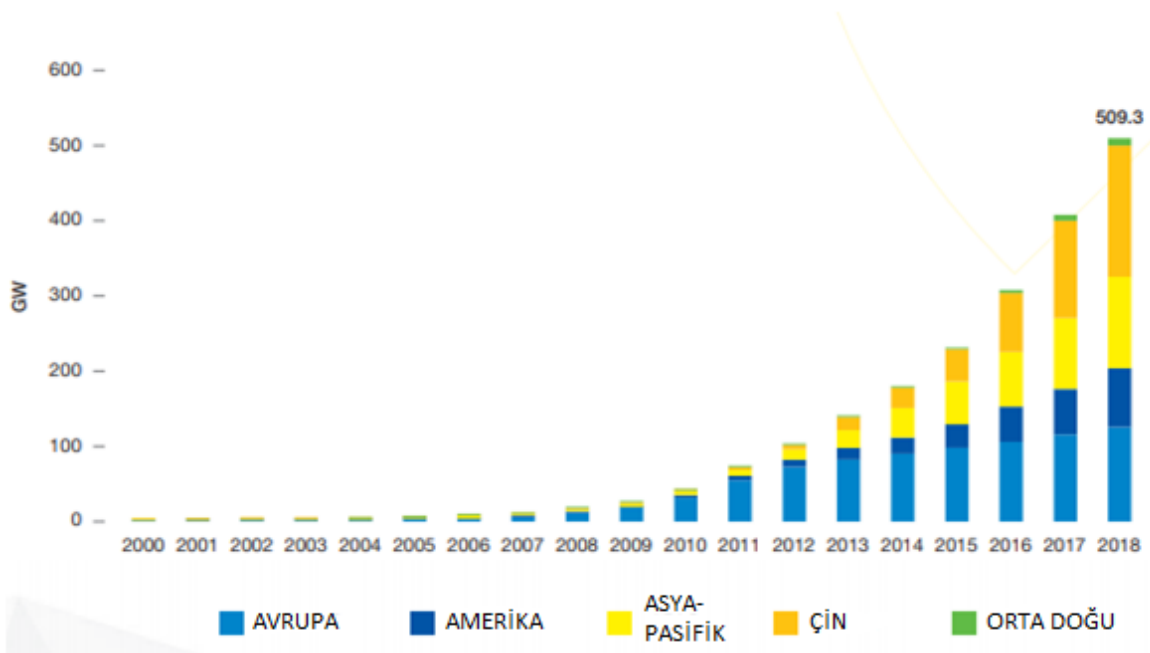
Güneş enerjisinde önde gelen ülkelerden biri Çin'dir. Çin dünya toplam güneş enerjisi kapasitesinin %34'üne sahiptir. Güneş enerjisinde önde gelen ülkeler Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Güneş enerjisinde önde gelen ülkeler (Anonim,2021)

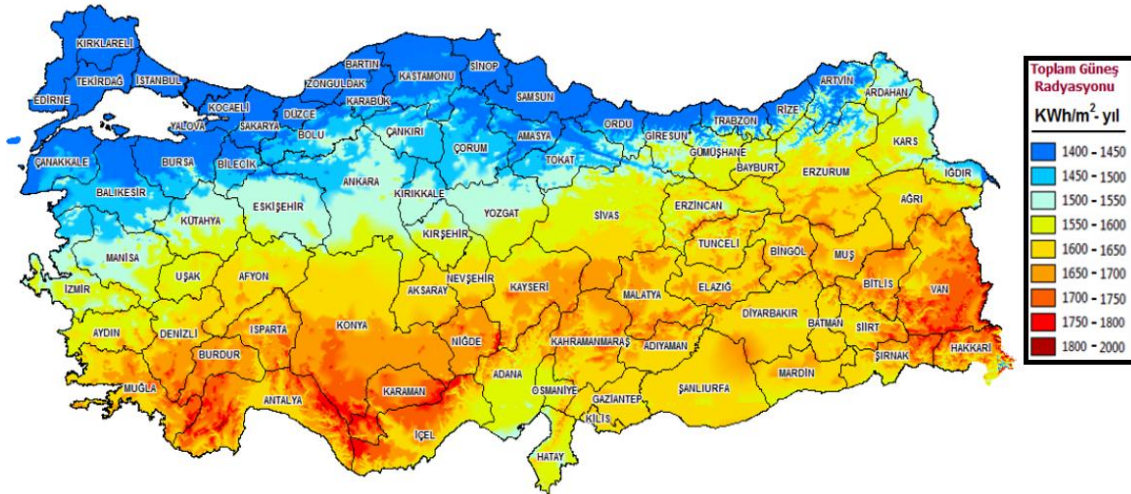
2000’li yıllardan günümüze güneş enerji kapasitesinde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Güneş enerjisinin ülkelere göre kapasiteleri ve yıllara göre değişimi Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Ülkelere göre güneş enerji kapasiteleri ve yıllara göre değişimi (Anonim,2021)



3.7. Türkiye’de Güneş Enerjisi

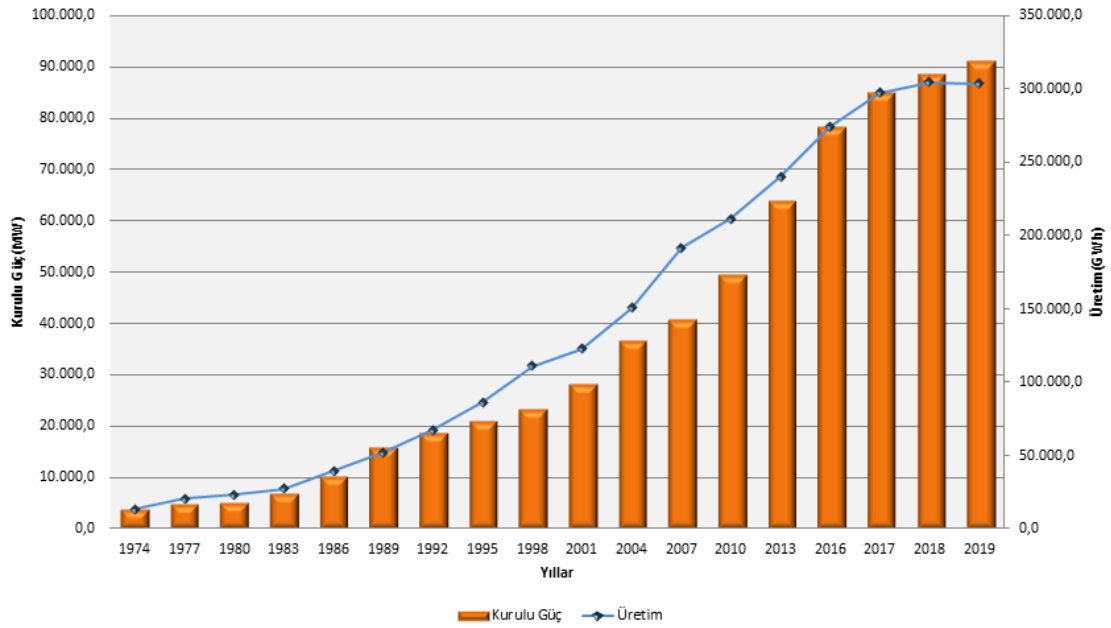
Fosil enerji kaynaklarının kısıtlı bulunduğu Türkiye hammaddeye bağımlıdır. Sanayileşme ve ekonominin büyümesiyle birlikte enerji ithalatı önemli bir boyuttur. Yenilenebilir enerjinin payının artırılması ve verimliliğin sağlanması Türkiye için gerekli bir durumdur. Türkiye 36-42 derece kuzey enlemlerinde yer almaktadır. Bu enlemler arası dünya güneş kuşağı olarak adlandırılan bölgenin sınırındadır. Bu yüzden Türkiye gelen güneş ışını bakımından şanslı bir ülkedir. Türkiye’de ortalama güneşlenme süresi 2741,07 saat ve ortalama yıllık toplam ışınım değeri 1527,46 kWh/m² olarak hesaplanmıştır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,2020). Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlasında yer alan potansiyel görünüm ve aylık ortalama global radyasyon değerleri Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



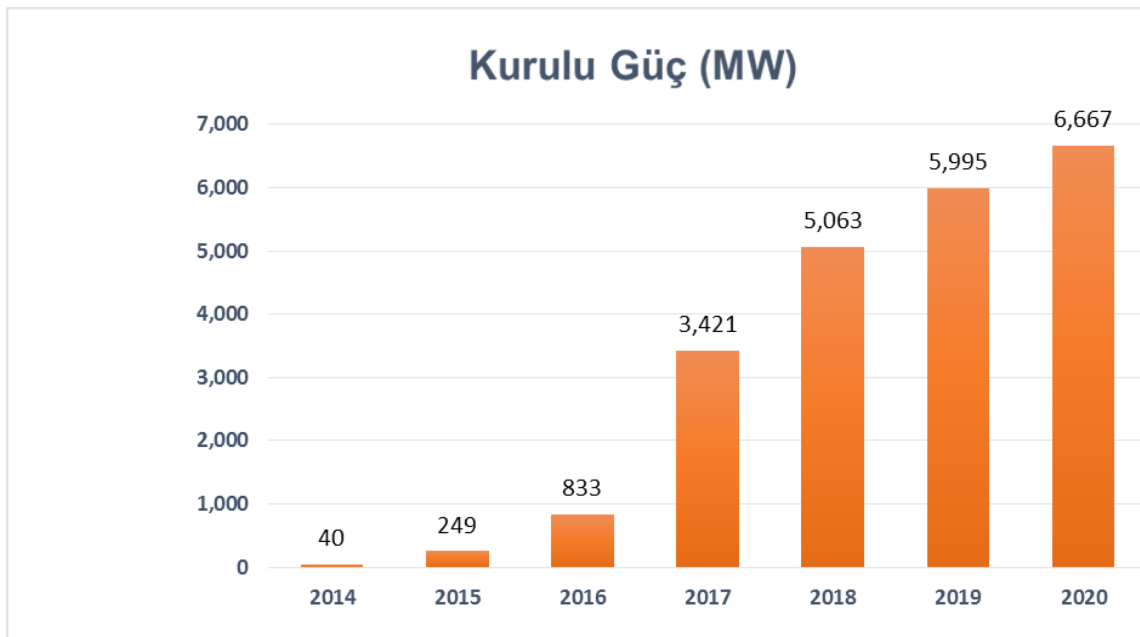
Şekil 3.7. Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,2020).

Türkiye'nin toplam kurulu gücü 2019 yılı sonu verilerine göre; bir önceki yıla oranla %3,07 artışla 91.267,0 MW'a ulaşmıştır. Kurulu güç içerisinde güneş enerjisi santrallerinin payı ise bir önceki yıla göre %18,41 artışla 5.995,2 MW'a ulaşmıştır (TEİAŞ,2020). 2020 yılında bu değer 6.667 MW olmuştur (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,2020). Türkiye'nin kurulu güç ve üretiminin yıllara göre değişimi Çizelge 3.7'de, yıllara göre güneş enerjisine dayalı kurulu güç değişimi Çizelge 3.8'de, güneş enerjisinin toplam elektrik üretimi içerisindeki payı Çizelge 3.9'da verilmiştir.

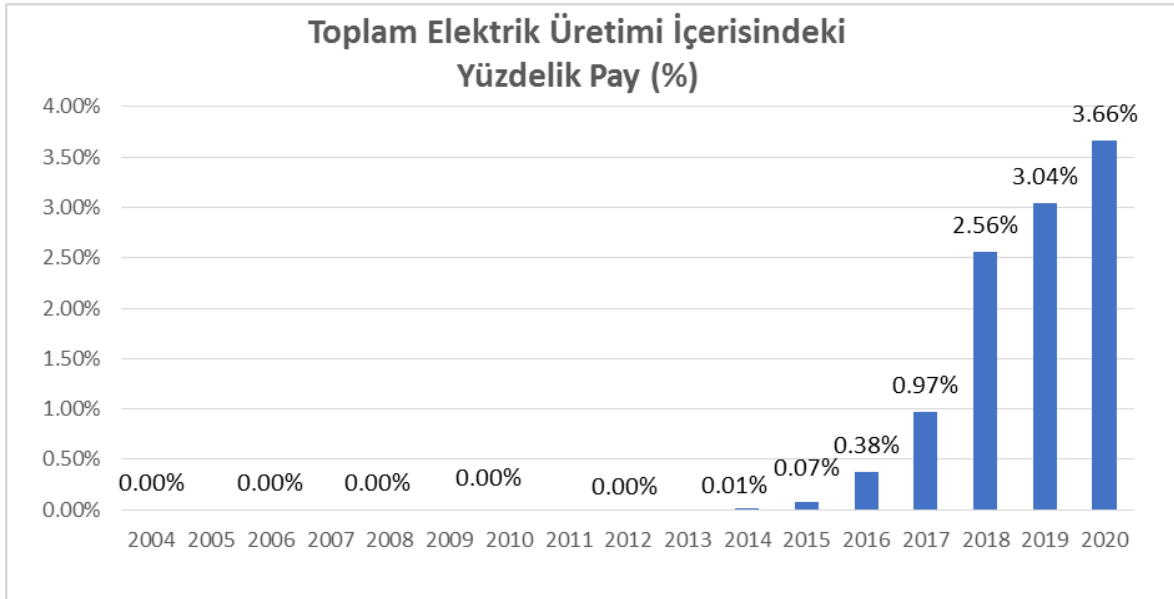
Çizelge 3.7. Türkiye'nin kurulu güç ve üretiminin yıllara göre değişimi (TEİAŞ,2020)



Çizelge 3.8. Yıllara göre güneş enerjisine dayalı kurulu güç değişimi (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,2020)



Çizelge 3.9. Güneş enerjisinin toplam elektrik üretimi içerisindeki payı (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,2020)



Türkiye'de 09/10/2016 tarihli 29852 sayılı Resmi Gazete'de Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliği yayınlanmıştır. Bu yönetmelik sayesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde yeni bir yatırım modeli hayata geçmiştir. Kısaca YEKA modeli olarak adlandırılan projede yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinin daha etkin ve verimli şekilde kullanılması sağlanacak, Türkiye'de önemli bir pazar gelişmiş olacaktır. YEKA'larda üretilecek olan elektriğin daha ekonomik şartlarda satın alınması sağlanacaktır. YEKA kapsamında Konya'da bulunan Karapınar'da güneş enerjisine dayalı ilk elektrik enerjisi üretim tesisi kurulmaktadır. Bu tesiste her yıl yaklaşık en az 2 milyar kWh elektrik enerjisi üretilmesi öngörülmektedir. Diğer güneş enerjisine dayalı YEKA uygulamasında 36 il için 74 ayrı YEKA yarışması yapılacağı kararlaştırılmış bunlarla ilgili çalışmalar sürmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,2020).

Güneşin Türkiye'de toplam elektrik üretimindeki payını arttırmak ülkemiz için çok önemlidir. Yerli ve yenilenebilir enerji kaynağı olan güneşe yatırım yapmak ülkemizin ekonomisini güçlendirecek, ülkemizi dışa bağımlılıktan kurtaracaktır.

4. ISI POMPASI

Enerji vardan yok, yoktan var edilemez, ya biçim değiştirir ya da bir yerden bir yere taşınır. Doğada sıcaklığın yüksek olduğu yerden düşük olduğu yere ısı transferi gerçekleşir. Ancak düşük sıcaklıktaki ortamdan yüksek sıcaklıkta ortama ısı transferi elde etmek için bir ısı pompası ya da soğutma makinesi gereklidir. Isı pompası basit olarak ısı enerjisini bir ortamdan diğer ortama taşıyan elektrikle beslenen sistemdir. Isı pompası ve soğutma makinelerinin çalışma çevrimleri aynıdır fakat amaçları farklıdır. Isı pompası düşük sıcaklıktaki ısıyı çekerek ısıtılmak istenen ortama verir. Soğutma makinesi ise soğutulan ortamdan ısıyı çekerek ortamın ısınımsı çevre ısınımsından düşük olmasını sağlar.

Isı pompaları ısıtma sistemlerinde, havalandırma teknolojilerinde, kurutma proseslerinde ve sıcak su ihtiyacında kullanılmaktadır.

4.1. Isı Pompasının Tarihsel Gelişimi

Isı pompası temelleri 1824 yılında Nicolas Leonard Sadi Carnot tarafından atılmıştır. Buhar makinesinin ürettiği gücün soğuktan sicağa ya da sıcaktan soğuğa çevrilmesini içeren bu teori, ısı pompasının çalışma prensibini ortaya koymuştur. Carnot döngüsü olarak bilinen bu çevrim ısı pompaları için temel prensiptir. 1850 yılında Lord Kelvin soğutma cihazlarının ısıtma amaçlı kullanılabileceğini öne sürerek ısı pompası uygulamaya girmiştir. Lord Kelvin havayı ısıyı taşıyan akışkan olarak planlayarak bir ısı pompası yapmıştır. 2. Dünya Savaşı'ndan önce birçok araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmış savaşın başlamasıyla çalışmalara ara verilmiştir. Savaştan sonra tekrar çalışmalara başlanılmış ancak 1960'lı yıllarda doğalgaz ve petrolün ucuzlamasıyla ısı pompasına olan ihtiyaç azalmıştır. 1973 yılında ki enerji krizinden sonra ısı pompalarına tekrar dönüş başlamış ve günümüzde halen çalışmalar devam etmektedir (Anonim,2021).

4.2. Termodinamik Açıdan Isı Pompaları

4.2.1. Ters Carnot çevrimi

Carnot çevrimi gerçekte yoktur ve tamamen tersinir bir çevrimdir. Verilen bir sıcaklık aralığında en yüksek ısıl verime sahip çevrimdir. Carnot çevrimini oluşturan hal değişimleri ısı ve iş etkileşimleri ters yönde gerçekleştiğinden ters Carnot çevrimi denmektedir. Isı pompaları bu çevrime göre çalışır. Ters Carnot çevriminin akış şeması ve T-s diyagramı Şekil 4.2’de verilmiştir.

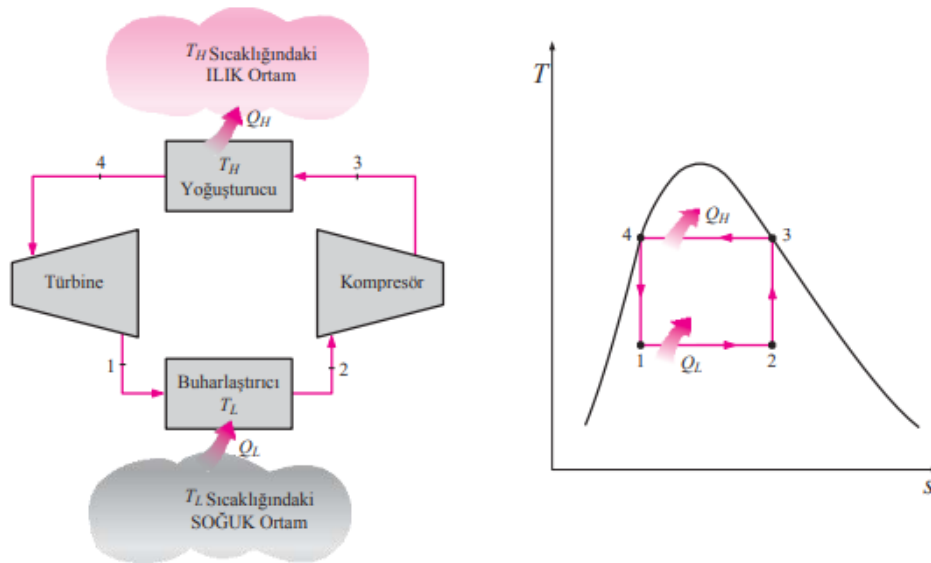
Bu çevrimdeki dört hal değişimi aşağıdaki gibidir;

1-2 arasında buharlaştırıcı, T_L sıcaklığında düşük sıcaklıktaki ısı kaynağından, sabit sıcaklıkta Q_L miktarında ısı çeker.

2-3 arasında soğutucu akışkan izentropik olarak kompresör tarafından sıkıştırılır, sıcaklığı T_H ’ye yükselir.

3-4 arasında depolanmış ısı, sabit sıcaklıkta soğutucu akışkandan T_H sıcaklığındaki ortama geçer.

4-1 arasında basınç, buharlaştırıcı basıncına düşürülür ve akışkanın sıcaklığı T_L olur.

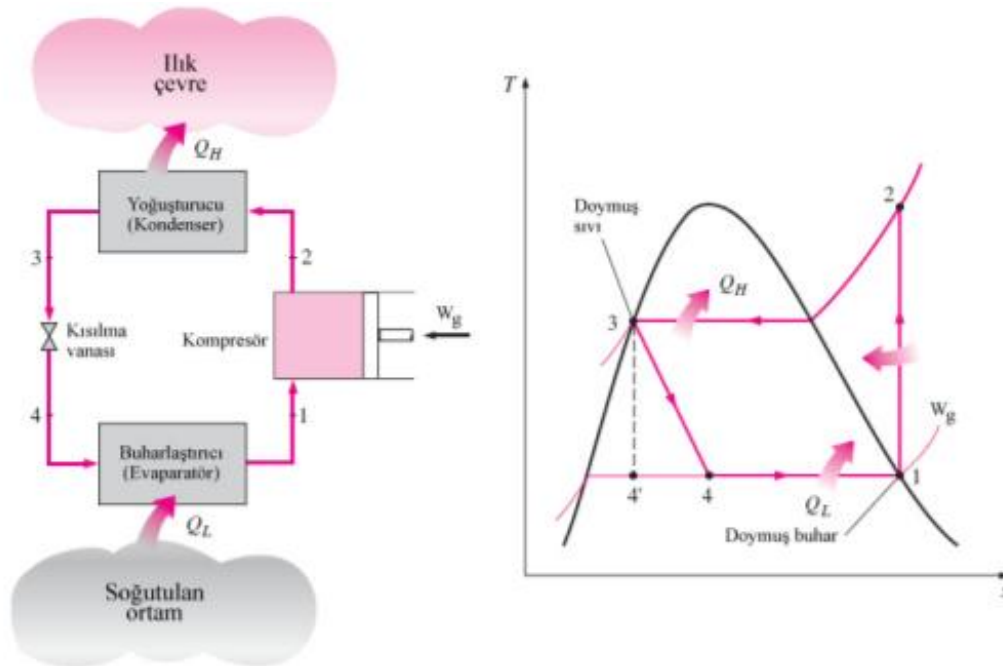


Şekil 4.2. Ters Carnot çevriminin akış şeması ve T-s diyagramı (Çengel ve Boles,2008).

Carnot çevrimi uygulanırken bazı zorluklar ortaya çıkar. Bunlardan biri; 2-3 arasında sıvı-buhar karışımının sıkıştırılması gerektiğinden iki fazlı akışkanla çalışan kompresör gerekmektedir. Diğeri ise; 4-1 arasında sıvı oranı yüksek bir akışkanın genişmesidir.

4.2.2. İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi

İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi soğutma makinelerinde, iklimlendirme sistemlerinde ve ısı pompalarında kullanılan en yaygın çevrimdir. Ters Carnot çevrimindeki buhar-sıvı karışımının kompresörde sıkıştırılması sorunu bu çevrimle çözülmüştür. Bir buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi dört hal değişiminden oluşur. Bu çevrimin akış şeması ve T-s diyagramı Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3. İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin akış şeması ve T-s diyagramı (Çengel ve Boles,2008).

Bu dört hal değişimi şu şekildedir;

1-2: Kompresörde izantropik sıkıştırma

2-3: Yoğusturucudan çevreye sabit basınçta ısı geçişi

3-4: Genleşme valfinde kısılma

4-1: Buharlaştırıcıda akışkana sabit basınçta ısı geçişi

İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminde, soğutucu akışkan kompresöre 1 halinde doymuş buhar veya kızgın buhar olarak girer ve sıkıştırılır. Sıkıştırılan ve basıncı artan soğutucu akışkanın sıcaklığı artar ve 2 halinde kızgın buhar olarak yoğuşturucuya girer. Yoğuşturucudan çevreye ısı geçişi ile soğutucu akışkan 3 halinde doymuş buhar olarak yoğuşturucudan çıkar. Soğutucu akışkan genleşme vanasından geçerek basıncı düşürülür ve sıcaklığı azalır. Soğutucu akışkan 4 halinde buharlaştırıcıya girer ve soğutulan ortamdaki ısı alır ve buharlaşır. Soğutucu akışkan buharlaştırıcıdan doymuş buhar veya kızgın buhar halinde çıkar ve kompresöre gelerek çevrim tamamlanır.

Bu çevrimde genleşme esnasında meydana gelen işten türbin aracılığıyla fazla fayda sağlanamaz, türbin hem yüksek maliyete sahip hem de karmaşık bir sistemdir. İdeal buhar sıkıştırımlı çevrim Carnot çevriminden farklı olarak tersinmezdir.

İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi için kinetik ve potansiyel enerji değişiklikleri önemsiz sayılarak, ilgili denklemler şu şekildedir;

Kompresör için;

Kompresör girişindeki (1) özgül entropi s_1 , kompresör çıkışındaki (2) özgül entropi s_2 olmak üzere Termodinamiğin 2. Kanununa göre Eş.4.1'de verilmiştir.

$$s_1 = s_2 \quad (4.1)$$

Kompresör işi Eş.4.2'de verilmiştir.

$$W = m(h_2 - h_1) \quad (4.2)$$

Yoğuşturucu için;

Yoğuşturucudan atılan ısı Eş.4.3'de verilmiştir.

$$Q_H = m(h_2 - h_3) \quad (4.3)$$

Genleşme vanası için;

Genleşme vanasında entalpi değerleri eşittir. İlgili bağıntı Eş.4.4'de verilmiştir.

$$h_3 = h_4 \quad (4.4)$$

Buharlaştırıcı için;

Buharlaştırıcıdan çekilen ısı Eş.4.5'de verilmiştir.

$$Q_L = m(h_1 - h_4) \quad (4.5)$$

İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin net enerji değişimi Termodinamiğin 1. Kanununa göre aynı kalacağı için ilgili bağıntı Eş.4.6'da verilmiştir.

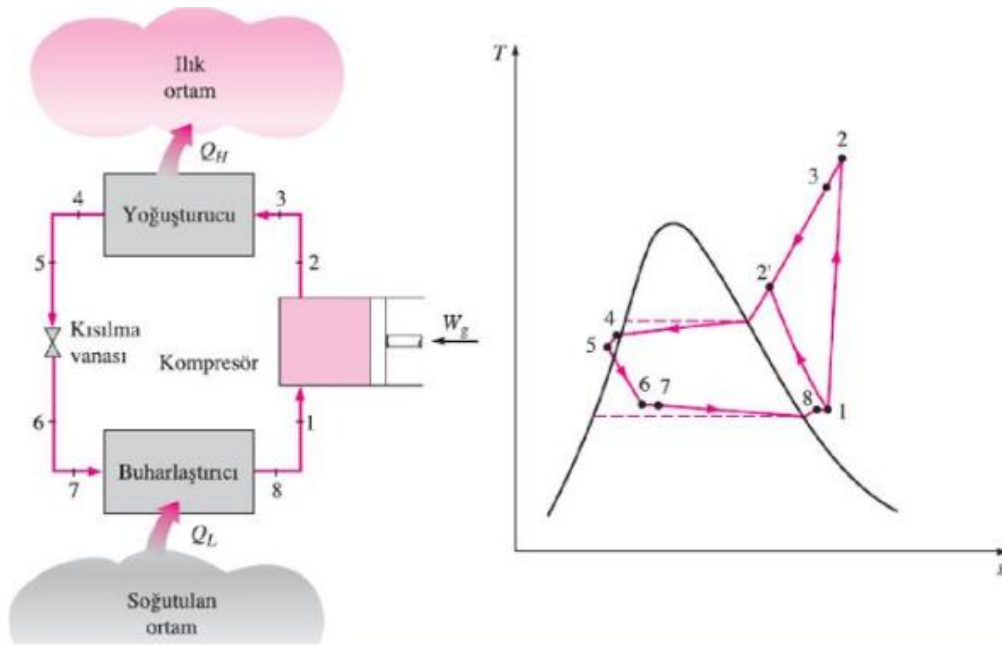
$$Q_H = Q_L + W \quad (4.6)$$

4.2.3. Gerçek buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi

Gerçek buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin ideal buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminden bazı farklılıkları vardır. Bu farklılıklar çevrimi oluşturan elemanlardaki tersinmezliklerden meydana gelir. Tersinmezliğin kaynağı akışkanın sürtünmesi ve çevreyle yapılan ısı alış verişidir. İdeal çevrimde sıkıştırma işlemi izentropiktir. Gerçek sıkıştırma çevriminde ise akış sürtünmesi ve ısı geçişi entropiyi etkiler. Sürtünme entropiyi artırır. Isı geçişinde yöne bağlı olarak entropi azalır yada artar.

İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminde, buharlaştırıcıdan çıkan soğutucu akışkan kompresöre doymuş buhar halinde girer oysa bunu kontrol etmek imkansızdır. Bunun yerine gerçek buhar sıkıştırımlı sistemde olduğu gibi sistem, soğutucu akışkanın

kompresöre girişinde kızgın buhar olmasını sağlayacak şekilde tasarlanır. Yine ideal çevrimde soğutucu akışkanın yoğuşturucudan çıkış hali, kompresör çıkış basıncında doymuş sıvıdır. Gerçek çevrimde ise kompresör çıkışıyla genişleme valfi arasında basınç kaybı vardır. Akışkanın genişleme valfine girmeden önce tümüyle sıvı halde olması istenir. Bu yüzden yoğuşturucudan çıkış hali sıkıştırılmış sıvı halindedir. Buna bağlı olarak soğutucu akışkan buharlaştırıcıya daha düşük bir entalpide girer ve ortamdan daha çok ısı çekebilir. Gerçek buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin akış şeması ve T-s diyagramı Şekil 4.4' de verilmiştir.



Şekil 4.4. Gerçek buhar sıkıştırımlı çevrimin akış şeması ve T-s diyagramı (Çengel ve Boles,2008)

4.3. Isı Pompalarında Kullanılan Verim ve Etkinlik Kavramları

Isı pompası verimliliğini tanımlamak için kullanılan dört farklı kriter bulunmaktadır. Tüm bu kriterlerde sayı arttıkça sistemin verimliliği de artar.

Performans katsayısı (COP), ısı pompası verimliliğini derecelendirmek için en çok kullanılan ölçümdür. COP ısı çıkışının elektrik enerjisi girişine oranıdır. Hava kaynaklı ısı pompalarında COP değeri 2-4 arasında iken su ve güneş kaynaklı ısı pompalarında COP değeri 3-5 arasındadır.

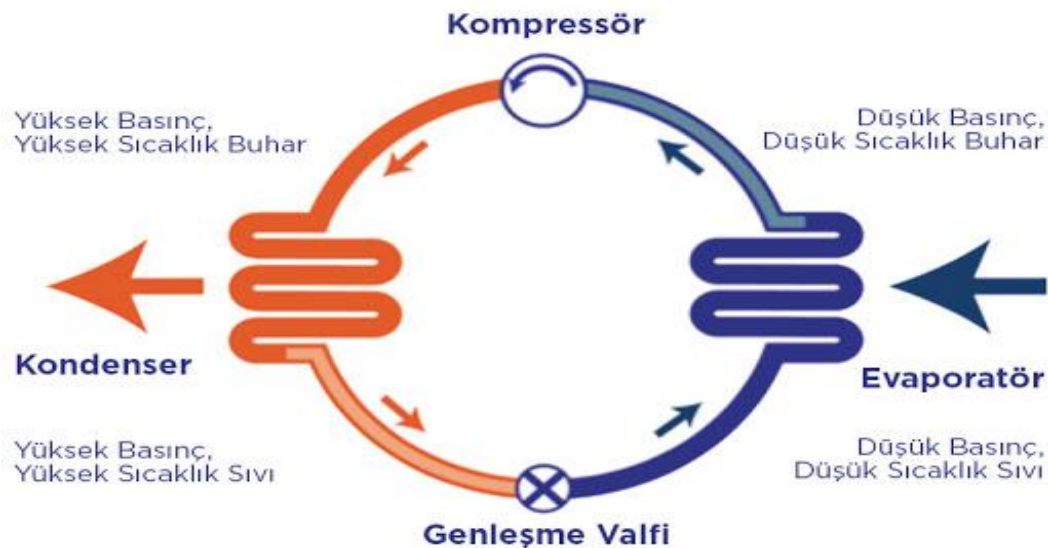
Diğer bir parametre enerji verimlilik oranı (EER) dır. EER bir ısı pompasının soğutma döngüsündeki verimliliğini değerlendirmek için kullanılır. EER kullanıcılar tarafından daha kolay kullanılması ve anlaşılması amacıyla geliştirilmiştir. Kıyaslama amaçları için EER ne kadar yüksekse verim o kadar yüksek olur. EER İngiliz termal birimi cinsinden net soğutma kapasitesinin verilen toplam elektrik enerjisine oranıdır (Dinçer ve Kanoğlu,2010).

Isıtma mevsimsel performans faktörü (HSPF) tüm ısıtma sezonu boyunca, ısı pompasıyla verilen ısı enerjisinin elektrik enerjisi tüketimine oranıdır.

Mevsimsel enerji verimlilik oranı (SEER) bir iklimlendirme cihazı veya ısı pompasının ortalama yıllık soğutma verimini belirlemek için kullanılır.

4.4. Isı Pompası Çalışma Prensibi

Isı pompaları dört ana elemandan oluşmaktadır. Bunun yanı sıra çevrimde soğutucu akışkan dolaşmaktadır. Isı pompasının çalışma çevrimi Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Isı pompası çalışma prensibi (Anonim,2021).

Dört eleman şu şekildedir;

1. Kondenser (Yoğuşturucu)
2. Genleşme valfi
3. Evaporatör (Buharlaştırıcı)
4. Kompresör

Bu ana elemanlar yardımı ile ısı pompasının çalışma prensibi şu şekildedir; Buharlaştırıcıda bulunan soğutucu akışkanın sıcaklığı ve basıncı düşüktür. Isı kaynağından alınan ısı enerjisi ile oluşan sıcaklık farkı soğutucu akışkanın sıcaklığının arttırılmasını sağlar. Soğutucu akışkan bu sayede buharlaşır. Daha sonra buhar fazındaki soğutucu akışkan kompresöre gelerek burada sıkıştırılarak sıcaklığı ve basıncı arttırılır. Buhar fazındaki soğutucu akışkan yoğuşturucuya gelir ve yoğuşturucu soğutucu akışkanı yeniden sıvı hale yoğuşturur, ısıyı aktarır. Soğutucu akışkanın kompresörde kazandığı yüksek basınç, genleşme valfinden geçerek düşer. Böylece buharlaştırıcıya tekrar düşük sıcaklık ve basınçta giren soğutucu akışkan kapalı çevrimi tamamlar.

4.5. Isı Pompası Sistemlerinde Kullanılan Ekipmanlar

4.5.1. Kompresörler

Kompresörler buharlaştırıcıdan çıkan düşük sıcaklık ve basınçtaki soğutucu akışkanın sıkıştırılıp basıncının arttırılmasını sağlar. Bir kompresörün mekanik ve volumetrik verimi sistemin ömrü için oldukça önemlidir. Kompresörler yapısına göre beş, tahrik mekanizmasına göre üç çeşide ayrılmaktadır. Yapılarına göre kompresörler;

Pistonlu kompresörler

Pistonlu kompresörler pozitif yer değişimi prensibine göre çalışan, silindirler, pistonlar ve supaplardan oluşan cihazlardır. Bu tip kompresörlerde buhar halindeki soğutucu akışkanı çekmek için silindir içindeki pistonun aşağı doğru hareketiyle birlikte emiş vanaları açılır ve buhar halindeki soğutucu akışkan pistonun yukarı doğru hareketiyle

sıkıştırılır. Silindir içerisindeki basınç yoğunlaşma basıncının biraz üzerine çıktığında akışkan dışarı atılır. Bu kompresörlerin termodinamik verimliliği yüksektir. Tüm teknik gazları sıkıştırmak için kullanılabilir. Yüksek basınçlara çıkabilir ancak yüksek basınç için kademe sayısının artırılması gerekmektedir. Fiyatının ucuz olması ise diğer bir avantajıdır. Endüstride en çok tercih edilen kompresör tipidir.

Scroll kompresörler

Scroll kompresörler iki adet spiralden oluşur. Bu iki spiral iç içedir. Sıkıştırma esnasında üstteki spiral sabit kalır, alttaki spiral ise yörüngesel olarak hareket eder. Sarmal elemanlar arasında kalan boşluğa emme vasıtasıyla giren soğutucu akışkan, kompresör dönüşüyle birlikte sıkıştırılır ve tahliye ağzından atılır. Spiral çarklar arasında temas olmamasından dolayı çok az sürtünme vardır. Bu yüzden düşük güçte yüksek verimleri vardır. Pahalı olmalarına rağmen sessiz çalışıp az yer kaplarlar.

Vidalı kompresörler

Vidalı kompresörler bir gövde içerisine yerleştirilmiş mil şeklinde birbirine geçmiş rotor çiftinden oluşturulmuştur. Ana rotor güç ünitesinden aktarılan enerjinin yaklaşık %85-90 nını basınç ve ısı enerjisine dönüştürürken, yardımcı rotor sadece emiş ve basınç tarafı arasında çalışma boşluğunun sızdırmazlığını sağlar. Sıkıştırma süresince, rotorların sürekli dönmesiyle kapanan emiş ağız ve rotor gövdeleri arasında sürekli azalan hacim nedeniyle çıkış ağzına doğru ilerleyen havanın basıncı artar. Vida grubundaki elemanlar birbirine temas etmeden döndüğü için sürtünme olmaz. Sessiz çalışırlar, bakım problemi çıkarmazlar.

Rotorlu Kompresörler

Rotorlu kompresörler daha çok küçük soğutma sistemlerinde kullanılır. Bir silindir içerisinde kaçık eksenli olarak dönen bir pistondan oluşurlar. Rotorun silindir içerisinde dönerken piston çevresine yerleştirilen paletler vasıtasıyla bir yandan emme ve diğer taraftan sıkıştırma yapılır. Rotorlu kompresörler verim değerleri yüksek, basit yapılı, az

parçalıdır. Ancak parçalarının üretimi esnasında hassasiyeti sağlamak ve aşınmayı önlemek gereklidir.

Santrifüj Kompresörler

Santrifüj kompresörler kanat ve sarmaldan oluşurlar. Akışkan pervanenin orta kısmından girer ve santrifüj kuvvet tarafından pervanenin çevresine savrulur. Pervane kanatları yüksek hız ile döner ve basınç meydana gelir. Pervaneden çıkan gaz akışının kinetik enerjisi, difüzör kanatları içinde veya salyangoz içinde basınç haline dönüştürülür. Düşük basınç ve yüksek debili sistemlerde kullanılır. Küçük ve ucuzdurlar.

Tahrik mekanizmasına göre kompresörler;

Hermetik kompresörler

Hermetik kompresörler elektrik motoru ve kompresörün aynı kabinde yer aldığı kompresör çeşididir. Bakım için açılmadıklarından elektrik motorunda bir arıza olduğunda kompresörün değişmesi gerekmektedir. Elektrik motorunun gövdenin içinde olmasından kayıplar ve ses çok azdır. Ayrıca soğutucu akışkan kaçağı çok nadir görülür. Günümüzde en çok kullanılan kompresör tipidir. Ev tipi soğutucularda, sanayi tipi küçük soğutucularda ve iklimlendirme sistemlerinde yaygın olarak kullanılırlar.

Yarı hermetik kompresörler

Elektrik motoru ve kompresör hermetik kompresördeki gibi aynı kabinde olmasına rağmen kabin vida yada contayla açılabilir. Bu yüzden yarı hermetik adını almışlardır. Kabin açılabilirdiğinden tamir edilebilir. Kompresörün bağlantısı sökülmeden kısmi parça değiştirilmesi ve bakım yapılabilir. Daha çok süpermarketlerde, alışveriş merkezlerinde, büyük iklimlendirme sistemlerinde, ticari ve endüstriyel uygulamalarda kullanılır. Yüksek kapasitelidirler.

Açık tip kompresörler

Açık tip kompresörlerde elektrik motoru dışarıdadır. Elektrik motoru bir kayış kasnak sistemiyle kompresörü tahrik eder. Elektrikten meydana gelen arızaların sadece elektrik motorunun değiştirilerek çözülmesi ve kompresöre zarar gelmemesi sebebiyle kullanılmaktadır. Dezavantajları ses fazlalığı ve çok yer kaplamasıdır. Genellikle soğuk hava depolarında, ticari soğutma sistemi uygulamalarında kullanılmaktadırlar.

4.5.2. Yoğuşturucular (Kondenserler)

Yoğuşturucular, basıncı ve sıcaklığı yüksek soğutucu akışkanın ısını dış ortama atması için yoğuşturan ekipmandır. Yoğuşturucu kabini, yoğuşturucu bobini, bir kompresör, bir fan ve çeşitli kontrol elemanı içerir. Yoğuşturucu bobini alüminyum kanatlı bakır borudan veya tamamen alüminyum borudan yapılabilir, böylece ısı transferi kolaylaşır. Yoğuşturucuda ısı alışverişi üç aşamada olur bunlar kızgınlığın alınması, soğutucu akışkanın soğutulması ve aşırı soğutmadır. Yoğuşturucular hava soğutmalı, su soğutmalı ve evaporatif olmak üzere üç çeşide ayrılırlar.

Hava soğutmalı yoğuşturucular

Hava soğutmalı yoğuşturucularda gaz durumundaki soğutucu akışkan hava ile soğutulmaktadır. Basittirler. Kurulum ve işletim masrafları azdır. Bakım ve tamirleri kolaydır. Hava soğutmalı yoğuşturucular ikiye ayrılır. Bunlar tabii çekişli (statik) yoğuşturucular ve cebri çekişli (dinamik) yoğuşturuculardır. Statik yoğuşturucular daha sessiz olduğu için evlerde bulunan buzdolaplarında, dinamik yoğuşturucular daha yüksek soğutma kapasitesine sahip olduğu için ticari amaçlı pastanelerde, pencere tipi klimalarda kullanılmaktadır.

Su soğutmalı yoğuşturucular

Su soğutmalı yoğuşturucular büyük kapasitedeki soğutma sistemlerinde kullanılırlar. Kurulum ve işletme masrafı bakımından en ucuz yoğuşturucu tipidir. Temiz

suyun ucuz ve bol olduğu yerlerde sıklıkla kullanılırlar. Su soğutmalı yoğuşturucuların tasarım aşamasında malzemenin ısıl geğirgenliğine, suyun kirlenme katsayısına, kanat verimine, su devresindeki basınę dűřümüne, akışkanın aşırı soğuma seviyesine dikkat edilmesi gerekmektedir.

Evaporatif yoğuşturucular

Evaporatif yoğuşturucularda, soğutucu akışkanın buharını yoğunlaştırmak ięin hem hava hem su kullanılır. Bu tip yoğuşturucuların alt kısmında bir su deposu bulunur. Isı transfer serpantinine aralıksız su pűskűrtűlűr yoğuşturucu yűzeyi ıslatılır. Bir yandan da hava, fan yardımı ile yoğuşturucu iğine çekilir. Yeterli düzeyde ıslaklık elde edildiği ięin ısı transferi yüksektir. Bu yüzden çođu zaman kanatsız dűz borular kullanılır. Bu yoğuşturucular ęabuk kirlenir ve arıza verir. Son yıllarda kullanım oranı azalmaktadır.

4.5.3. Genleşme valfi

Genleřme valfi soğutucu akışkanın basıncını istenilen buharlaştırıcı basıncına dűřürmek ve kompresöre sıvı fazda akışkanın ulaşmasını engelleyen elemandır.

Kılcal borular

Kılcal boru ęapı ve uzunluğu sistemin kapasitesine göre değişiklik gösteren, 10 kW ve altı ısıtma yüklerinde kullanılan elemandır. İç ęapı çok küçük olduğu için kılcal boru adını almaktadır. Basit, kolay imal edilir ve ucuzdurlar. Sistem durduğunda bile basıncı dengeleyerek ęevrim boyunca basıncın her yerde aynı kalmasını sağırlar. Genellikle paket tipi ve ev tipi buzdolaplarında kullanılır.

Otomatik genleşme valfi

Otomatik genleşme valfi sıvı hattından buharlaştırıcıya giden soğutucu akışkan miktarını ayarlayabilen sistem elemanıdır. Üst yay basıncı, diyaframın altındaki sabit yay basıncı ve buharlaştırıcı iç basıncı toplamından büyük veya eşit olduğuunda otomatik

genleşme valfinden soğutucu akışkan geçmeye başlar. Bu valfler büyük tesisler için uygun değildir sabit soğutma yüklerinde ve orta büyüklükte soğutucularda kullanılır. Ayar vidası ile basınç ve yük kontrolü yapılabilmektedir.

Termostatik genleşme valfi

Termostatik genleşme valfi hassas bir tiptir. Soğutucu akışkan akışını ve buharlaşmayı hassas bir şekilde kontrol eder. İçten ve dıştan dengelemeli olmak üzere ikiye ayrılır. İçten dengelemeli valflerde, valf çıkış basıncı gövde içindeki bir kanal vasıtasıyla termostatik elementin diyaframının altına iletilir. Buharlaştırıcı giriş ve çıkışı arasındaki basınç kaybı büyükse termostatik genleşme valfi kısık çalışır ve buharlaştırıcı kapasitesi düşer. Bunu önlemek için dıştan dengelemeli termostatik genleşme valfi kullanılır. Buharlaştırıcı çıkışındaki basınç dış denge hattı vasıtasıyla termostatik elementin diyaframının hemen altına iletilir (Bulut, 2017).

Termoelektrik genleşme valfi

Termoelektrik genleşme valfi termostatik genleşme valfiyle aynı prensiple çalışır ancak elektronik elemanlar kullanılır. Ekipmanın diyaframı ısındığında diyafram aşağı hareket eder ve buharlaştırıcıya verilen soğutucu miktarı artar.

Elektronik genleşme valfi

Yeni gelişmeler sayesinde termostatik genleşme valfi yerine elektronik kontrollü, elektrik tahrikli valfler kullanılmaya başlanmıştır. Elektronik genleşme valfide bunlardan biridir. Günümüzde en sık kullanılan valf çeşididir. Soğutucu akışkanın kızgınlık derecesi ve doyma sıcaklığı sensör ile ölçülür. Sistem için pahalı bir ekipman olmasına karşın kısmi yüklerde ve düşük buharlaşma sıcaklıklarında toplam verimi artırır böylece işletme maliyetleri azalır. Kapasite kademeleri çok geniştir.

Şamandıralı genleşme valfi

Şamandıralı genleşme valfleri alçak ve yüksek basınç şamandıralı genleşme valfleri olmak üzere ikiye ayrılır. Alçak basınç şamandıralı genleşme valfleri sistemin alçak basınç tarafına bağlanır. Buharlaştırıcıdaki sıvı seviyesini kontrol eder ve sıvı seviyesi düştüğünde şamandıra sıvı seviyesiyle birlikte aşağı iner valf kesitini açar. Böylelikle buharlaştırıcıya tekrar sıvı dolar. Kızgınlığı ayarlamaz ve hassas olmadığından çok kullanılmaz. Yüksek basınç şamandıralı genleşme valfi ise yoğunlaştırıcı altındaki sıvı tankına takılır. Tanktaki sıvı seviyesi yükselince valf kesiti açılır ve sıvı hattına soğutucu akışkan geçişi olur. Kompresöre sıvı yürümesi tehlikeli olduğundan soğutucu gaz miktarının hassas olarak ayarı gerekir (Büker,2017). Her iki valfte hassas olmadığından sık kullanılmaz.

4.5.4 Buharlaştırıcılar (Evaporatörler)

Buharlaştırıcılar soğutucu akışkanın girerek buharlaştığı, bulunduğu ortamdan ısıyı alan cihazlardır. Buharlaştırıcılar yapıları itibariyle çıplak borulu, kanatlı borulu ve plaka kanatçık borulu olmak üzere üç şekilde imal edilirler. Temel olarak hava soğutmalı buharlaştırıcılar ve su soğutmalı buharlaştırıcılar olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Hava soğutmalı buharlaştırıcılar

Hava soğutmalı buharlaştırıcılarda havanın ısı iletkenlik katsayısı düşük olduğundan ısı transferi yavaş olur. Bunu engellemek için genellikle buharlaştırıcılara kanatçık ilave edilir. Cebri hava sirkülasyonu buharlaştırıcılar daha az ısı geçiş alanı ile daha yüksek kapasite sağlarlar. Cebri hava hareketi buharlaştırıcılar alçak, orta, yüksek hızlı olmak üzere üçe ayrılırlar. Fazla hava hareketi sakıncalı olan yerlerde alçak hızlı buharlaştırıcılar kullanılır. Orta hızlı buharlaştırıcılar en sık kullanılan cihazlardır. Yüksek hızlı buharlaştırıcılar ise özel hızlı soğutma işlemlerinde kullanılırlar.

Su soğutmalı buharlaştırıcılar

Su soğutmalı buharlaştırıcılar buz pistlerinde, gıda sanayisinde, ısı pompalarında, klima santrallerinde kullanılırlar. Yüksek verim sayesinde düşük işletme maliyetleri vardır ve uzun ömürlüdürler. Hava soğutmalı su soğutma grubu, su soğutmalı su soğutma grubu ve kondensersiz tip su soğutma grubu olmak üzere üçe ayrılırlar. Hava soğutmalı su soğutma grubu dış ortam şartlarında çalışacak şekilde tasarlanmış olup klima ve endüstriyel amaçlı soğuk su üreten cihazlardır. Su soğutmalı su soğutma grubu yüksek kapasiteli olup iç ortam şartlarında çalışmaktadır. Boyutları hava soğutmalı su grubuna göre daha küçük olduğundan tercih edilirler. Su soğutmalı su soğutma grubunda shell&tube buharlaştırıcılar ve amonyak buharlaştırıcıları yer alır. Shell&tube buharlaştırıcılar suyun ve glikol çözeltilerinin soğutulmasında ve ısı pompalarında sıcak su üretiminde kullanılırken amonyak buharlaştırıcıları endüstriyel soğutma alanında kullanılır. Kondensersiz tip su soğutma grupları diğer soğutma gruplarının kullanılmadığı yerlerde ve ses seviyesinin önemli olduğu yerlerde kullanılır.

4.6. Isı Pompası Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar

Soğutucu akışkanlar bir ortamdan çektikleri ısıyı diğer ortama aktarımını sağlayan, iklimlendirme, soğutma ve ısıtma sistemlerinde kullanılan akışkanlardır. Isı pompalarında kullanılan soğutucu akışkanların sistemin verimli ve güvenli olması için bazı şartları sağlaması gerekmektedir. Soğutucu akışkan seçimi yaparken dikkat edilecek özellikler şu şekildedir;

- Pozitif buharlaşma basıncı olmalıdır.
- Düşük yoğuşma basıncı olmalıdır.
- Buharlaşma gizli ısısı yüksek olmalıdır.
- Kimyasal olarak aktif olmamalıdır. Tesisat malzemesini etkilememesi, korozif olmaması gereklidir.
- Yanıcı, patlayıcı, zehirli olmamalıdır.
- Kaçakların kolay tespitine imkan veren özellikte olmalıdır.
- Ucuz olmalıdır.
- Isı geçirgenliği yüksek olmalıdır.

- Dielektrik olmalıdır.
- Düşük donma derecesi sıcaklığı olmalıdır.
- Yüksek kritik sıcaklığı olmalıdır.
- Özgül hacmi küçük olmalıdır.
- Viskozitesi düşük olmalıdır (Koyun, vd.,2005).

Soğutucu akışkanlar halokarbonlar, hidrokarbonlar, inorganik bileşikler, azeotropik karışımlar ve azeotropik olmayan karışımlar olmak üzere beşe ayrılırlar. Daha sonra alternatif akışkanlara yönelim olmuştur.

4.6.1. Halokarbonlar

Halokarbonlar 3 halojenden (klor, flor veya brom) bir veya daha fazlasını içermektedirler. En çok bilinen grup Kloroflorokarbonlardır (CFC). En yaygın CFC'ler CFC-11 yada R11, CFC-12 yada R12, CFC-113 yada R113, CFC-114 yada R-114, CFC-115 yada R115 tir. Bu CFC'lar sıklıkla soğutma ve iklimlendirme ekipmanlarında kullanılmasına rağmen, küresel ısınma ve ozon tabakasının delinmesinde önemli etkisi olduğu tespit edilince; 1987 yılında kabul edilen Montreal Protokolü ile CFC gazlarının üretimine ve kullanımına kısıtlama getirilmiştir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı,2021).

4.6.2. Hidrokarbonlar

Hidrokarbonlar esas olarak karbon ve hidrojenle oluşurlar. En bilinenleri hidrokloroflorokarbonlar (HCFC) ve hidrofluorokarbonlardır (HFC). HCFC'lerin ozon tabakasına zararı az olmakla birlikte çok yüksek sera etkisine sahiptir. HCFC türü soğutucu akışkanların 2015 yılında servis amaçlı kullanımları hariç ithalatına son verilmiştir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2021). En bilinen HCFC akışkanı R22 gazıdır. HFC'ler ise yapısında klor atomu olmadığından ozonu delme potansiyeli sıfırdır. Buna rağmen küresel ısınmaya bir miktar etki ederler. En bilindik HFC'ler R134a, R152a, R32 dir.

4.6.3. İnorganik bileşikler

Bu bileşiklerin içinde en bilinenleri amonyak ve karbondioksit ve havadır. Amonyak zehirli olmasına rağmen soğutma sisteminin uygun tasarımı ve kontrolü ile soğutucu akışkan olarak kullanılmaktadır. Karbondioksit ise kademeli soğutma sistemlerinde, kuru buz üretiminde ve gıda dondurma uygulamalarında kullanılmaktadır. Hava genellikle hava taşıtı klima ve soğutma sistemlerinde kullanılmaktadır. COP değeri düşüktür.

4.6.4. Azeotropik karışımlar

Azeotropik karışımlar tek bir madde gibi davranan iki maddeden oluşmaktadırlar. Bu akışkanlar tek bir kaynama sıcaklığına sahiptir ve değişken ısıtma soğutma yapılması mümkün değildir. Ev tipi soğutma sistemlerinde ve gıda soğutmada kullanılırlar. En bilindik azeotropik karışım R500 gazıdır.

4.6.5. Azeotropik olmayan karışımlar

Azeotropik olmayan karışımlar soğutma çevrimlerinde kullanıldığında buharlaşma ve yoğunlaşma sırasında bileşimi değiştiren farklı uçucuların birden çok bileşeninden oluşan sıvılardır. Buhar sıkıştırma sistemlerinin yerleşiminde ve tasarımında yeni bir boyut sunduğu için ilgiyi üstlerine çekmişlerdir. En bilineni R401A gazıdır.

4.6.6. Alternatif soğutucu akışkanlar

CFC ve HCFC'ların kısıtlanması ve yasaklanmasıyla alternatif akışkanlar bulmaya yönelik araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar sonucu ilk olarak R123 elde edilmiştir. R123 akışkanı ticari soğutucularda R11 yerine kullanılmaktadır. Elde edilen diğer soğutucu akışkan R124a dır. Bu akışkan ise R12 ve R500 yerine kullanılabilir. Diğer bir akışkan R407C dir. R407C akışkanı R22 akışkanıyla büyük benzer özellikler taşımaktadır. Yine R12 yerine R134a nın kullanılabilirliği ortaya çıkmıştır ve R134a nın kullanımı yaygınlaşmıştır. Günümüzde bakıldığında hemen hemen tüm firmalar R410A soğutucu

akışkanına yönelmişlerdir. Alternatif soğutucu akışkanlardan beklenen özellikler şu şekildedir;

- Çevresel kabul edilebilirlik
- Zehirli ve kolay tutuşabilir olmaması
- Düşük fiyat
- Yüksek sıcaklıklarda kararlılık
- Eşdeğer termodinamik özelliklere sahip olması
- Artan soğutma kapasitesi ve COP değeri
- Isıl iletkenlik, viskozite gibi fiziksel özelliklerinin iyi olması

Alternatif soğutucu akışkanların bazılarının özellikleri aşağıda verilmiştir.

R134a

Soğutma sistemlerinde sıklıkla kullanılan R134a, R12 soğutucu akışkanı yerine üretilmiştir. R134a atmosfere hiç zararı yoktur atmosferik ömrü oldukça kısadır ve soğutucu sistemin dışına çıktığında stratosfere ulaşmadan bozular. R134a gazının tutuşma özelliği yoktur ve zehirsizdir. Buda onu iyi bir soğutucu akışkan yapmaktadır. En önemli dezavantajı pahalı olmasıdır. R134a akışkanının kaynama sıcaklığı $-26,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, R12 akışkanının ise kaynama sıcaklığı $-29,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir (Dinçer ve Kanoğlu,2010). R134a aynı zamanda R22 gazı, R-400 ve R-114 gazı içinde potansiyel ikame olarak görülmektedir. R134a gazı şu anda ev tipi buzdolaplarında ve otomotiv klimalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

R407C

R407C akışkanı R125, R32 ve R134a'nın karışımıdır. R407C soğutucu akışkanı R22 akışkanın bazı uygulamalarında alternatif bir akıştır. İklimlendirme uygulamaları için birim süpürme hacmi başına soğutma etkisi ile soğutma tesir katsayısı yaklaşık olarak R22 akışkanına eşittir (Demircioğlu,2010). Mevcut R22 ile çalışan sistemler R407C'ye dönüştürülebilir. Bu durumda ısı değiştiricilere dikkat edilmelidir. Kaçak eğilimi olan sistemler R407C'ye dönüştürülmemelidir.

R410A

R410A akışkanı da R22 yerine alternatif akışkan olarak ortaya çıkmıştır. R32 ve R125'ten oluşan R410A akışkanı R22' ye göre daha yüksek çalışma basıncına ve soğutma kapasitesine sahiptir. Teorik termodinamik özellikleri R22'ye göre kötü olsa da ısı transfer özelliği oldukça iyidir. Isı pompalarında, soğuk depolarda, ticari ve endüstriyel soğutma uygulamalarında kullanılmaktadır.

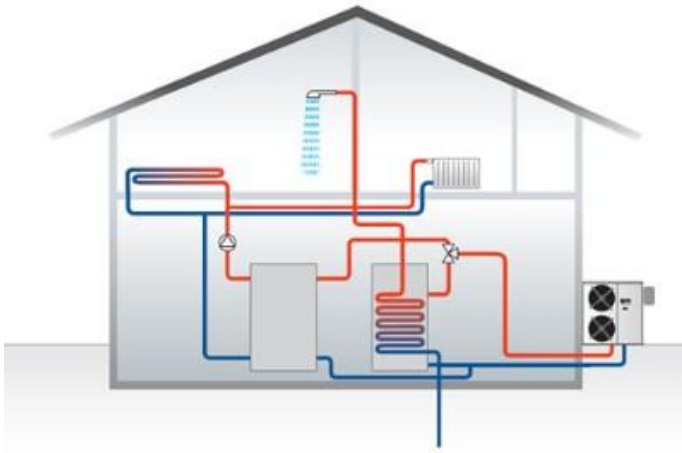
4.7. Kullanıldıkları Kaynaklara Göre Isı Pompalarının Sınıflandırılması

Isı pompaları için ısı kaynakları hava, su, toprak ve güneş enerjisidir. Hava, su, toprak ısı pompalarında tek başına kullanılırken, güneş enerjisi genelde yardımcı kaynak olarak kullanılmaktadır. Bu sınıflandırmada enerjinin absorbe edildiği ve serbest bırakıldığı ortama göre ısı pompaları isimlendirilmektedir.

4.7.1. Hava kaynaklı ısı pompaları

Hava kaynaklı ısı pompaları, çevre havasındaki enerjiyi kullanarak soğutma ve ısıtma yapan sistemlerdir. Hava doğada bulunması en kolay enerji kaynağı olmakla birlikte, ucuzdur. Hava kaynaklı ısı pompalarında ilk yatırım maliyeti diğer ısı kaynaklarını kullanan ısı pompalarına nazaran daha düşüktür. Dezavantajlarından biri hava kaynaklı ısı pompası sistemlerinde hava sıcaklığı 0 °C ve altına düştüğünde ısı pompasının buharlaştırıcısında donma problemi oluşmakta ve oluşan buz ısı geçişini engelleyerek sistemin COP değerini ve performansını düşürmektedir. Oluşan buzu çözmek için defrost uygulaması yapılması gerekmektedir. Ayrıca ısı ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında hava soğuk olduğundan ek bir ısıtma kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer dezavantajı hava sıcaklıklarının değişken olmasıdır. Bu da projelendirme ve ekipman seçimini zorlaştırmaktadır.

İki tip hava kaynaklı ısı pompası mevcuttur. En yaygın olanı havadan havaya ısı pompasıdır. Sistem havadan ısıyı alır ve mevsime olarak havayı evin içine veya dışına aktarır. Diğer tip ise havadan suya ısı pompasıdır. Bu uygulamada ise dış havadan ısı alınır ve alınan ısı suya aktarılır. Hava kaynaklı ısı pompalarıyla ısıtma, soğutma ve sıcak su elde etmek mümkündür. Hava kaynaklı ısı pompası örneği Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Hava kaynaklı ısı pompası şematik gösterimi (Anonim,2021).

4.7.2. Su kaynaklı ısı pompaları

Su kaynaklı ısı pompalarında kullanılan su kuyulardan, nehirlerden, yer altı sularından, denizlerden, göllerden ve şehir şebekesinden temin edilebilir. Şehir şebekelerinin ısı kaynağı olarak kullanıldığı sistemler azdır. Yeraltı suları diğer sulara göre daha kararlı bir sıcaklığı olmasına rağmen yeraltı suyuna ulaşmak için sondaj çalışmaları ve korozyon etkisi sebebiyle zorluklar çıkabilmektedir. Kuyu suyundan yararlanıldığı takdirde buharlaştırıcıdan çıkan suyun kaynak sıcaklığını düşürmemesi için, genellikle bir daha kullanılmaması diye başka yere atılması gerekmektedir. Yerüstü sularında ise hava ile kıyaslandığında sıcaklık değişimi daha az olup, ülkemizdeki yerüstü sularının 0 °C altına düşmemesi bir avantajdır.

Isı pompası uygulamalarında kaynak olarak su kullanılacaksa suyun kalitesi test edilmeli, uygun tasarımlar yapılmalıdır. Su kaynaklı ısı pompalarının ilk yatırım maliyetleri hava kaynaklı ısı pompalarına nazaran daha yüksek olsa da sistem performans katsayısı daha yüksektir. Su kaynaklı ısı pompası örneği Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



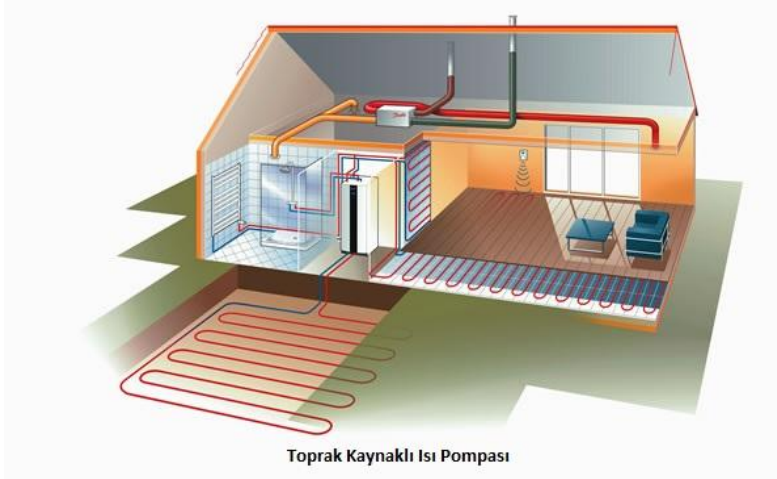
Şekil 4.8. Su kaynaklı ısı pompası şematik gösterimi (Anonim,2021).

4.7.3. Toprak kaynaklı ısı pompaları

Toprak ısıyı depolayan bir ısı kaynağı ve yıl boyunca yaklaşık olarak aynı sıcaklıkta kaldığından ısı pompaları için uygun bir kaynaktır. Toprak altına gömülü borulardan doğrudan soğutucu akışkan yada daha ucuz olması bakımından salamura geçirilir. Çünkü toprağın kullanılması zaten pahalı bir sistemdir. Toprak altında ısı geçişini sağlayan borular yatay ve dikey olmak üzere iki farklı şekilde yerleştirilir. Toprağa gömülen bu borulardan dolaştırılan antifiriz ve su karışımı ısıtma çevrimindeki ısı taşıyıcı soğutucu akışkana yeraltından aldığı ısı enerjisini aktarır. Soğutucu akışkan almış olduğu ısı enerjisini radyatör yada kullanım sıcak suyu tesisatında dolaşan suya aktarır.

Toprak kaynaklı ısı pompası tasarımında toprağın bileşimi, yoğunluğu, içerdiği nem miktarı, boruların gömme derinliği, toprak ısı değiştiricisinin seçimi önemlidir. Toprak özelliklerinin zamanla değişmesi projelendirmede zorluklar çıkarmaktadır. Ayrıca ısı pompası çalıştırıldığında toprağın özellikleri etkilenmektedir. Isı pompası ile ısıtma

yapıldığında ısı değiştiricisine yakın bölgelerde toprak sıcaklığı düşer ve buna bağlı olarak toprağın nem miktarı ve toprak özellikleri değişir. Böylece ısı pompası kapasitesi ve ısıtma tesir katsayısı düşer. Kış aylarında ise toprağın donma tehlikesi mevcuttur. Toprak kaynaklı ısı pompası rneği Şekil 4.9'da verilmiştir.



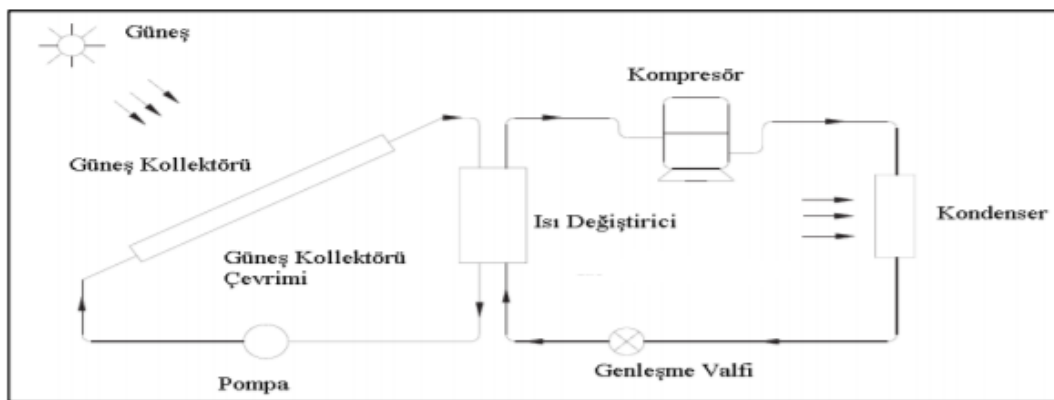
Şekil 4.9. Toprak kaynaklı ısı pompası Şematik gösterimi (Anonim,2021).

5. GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ ISI POMPASI SİSTEMLERİ

Isı kaynağı olarak güneş enerjisinden yararlanmanın en büyük avantajı, ısı pompası buharlaştırıcı sıcaklığının yüksek seçilebilmesine imkan vermesidir. Bu sayede ısıtma tesir katsayısı artar. Ancak güneş enerjisinin az olduğu günlerde ek bir ısıtma tesisatına veya ısının depolanmasına gerek vardır. Bu yüzden güneş enerjisi ısı pompası sistemlerinde genellikle yardımcı kaynak olarak kullanılır. Güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemleri beş çeşide ayrılırlar. Bunlar geleneksel güneş enerjisi destekli ısı pompaları (CSAHP), direkt genleşmeli güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemleri (DX-SAHP), PV/T destekli ısı pompası sistemleri (PV/T-SAHP), güneş-jeotermal hibrit kaynaklı ısı pompası sistemleri (SGHSHP), diğer güneş enerjisi destekli hibrit ısı pompası sistemleridir.

5.1. Geleneksel Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompası Sistemleri (CSHAP)

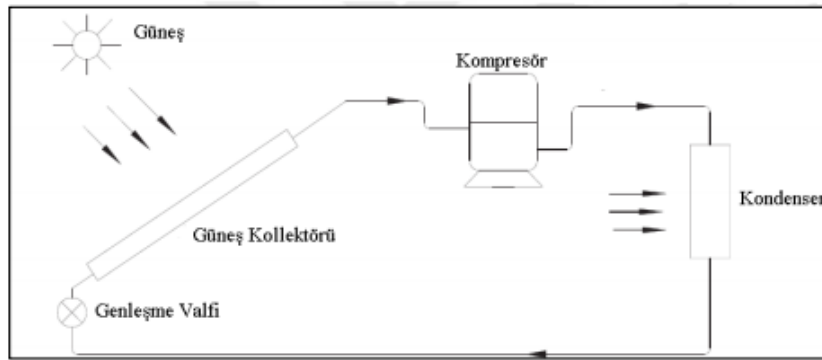
Geleneksel güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemleri ayrı bir ısı pompası devresinden ve güneş enerjisini aktarmak için bir ara ısı eşanjörü aracılığıyla entegre edilmiş bir güneş kolektör devresinden oluşmaktadır. İkincil sıvı (su, etilen, glikol vb gibi) kolektörden geçen güneş radyasyonunu emmek için kullanılır ve ara ısı değiştiriciye aktarılır. Isı pompası devresindeki soğutucu akışkan, buharlaşması sırasında ikincil sıvıdan ısıyı alır ve yoğuşma işlemi sırasında yoğuşturucudaki ısıyı verir. Geleneksel güneş enerji destekli ısı pompası sistemi Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Geleneksel güneş enerji destekli ısı pompası sistemi (Mohanraj,2017'den değiştirilerek alınmıştır).

5.2. Direkt Genleşmeli Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompası Sistemleri (DX-SAHP)

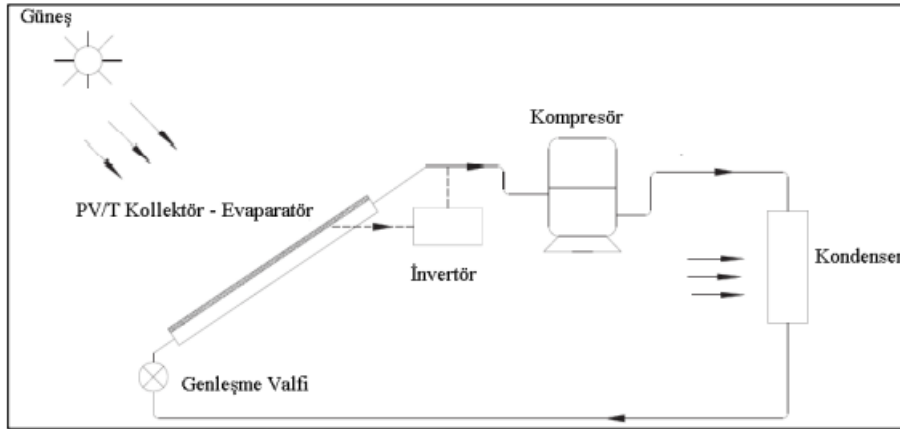
Direkt genleşmeli güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemlerinde gelenekseldeki gibi iki ayrı çevrime ihtiyaç duyulmaz. Kullanılan güneş kolektörleri ısı pompasının bir çevrimidir ve soğutucu akışkanın çevreden gelen ısıyı çekerek genleştiği kısımdır. Bu sistemlerde soğutucu akışkan doğrudan kullanıldığından korozyon ve donma riski yoktur. Bu da geleneksel tipe göre daha uzun ömürlü olmasını sağlar. Direkt genleşmeli güneş enerji destekli ısı pompası sistemi Şekil 5.2'de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Direkt genleşmeli güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemi (Mohanraj,2017'den değiştirilerek alınmıştır)

5.3. PV/T Destekli Isı Pompası Sistemleri

PV/T destekli ısı pompası sistemlerinde güneş radyasyonu PV/T kolektörlerin üzerine düştüğünde kolektördeki fotovoltaik hücreler tarafından elektriğe, ısı alıcılar tarafından ısıya dönüştürülür. Bu sistemin diğer sistemlerden farkı güneş kolektörü yerine PV/T kolektörü kullanılıyor oluşudur. PV/T kolektörleri sistemde bulunan buharlaştırıcıya ısı kaynağı, kompresöre ise elektrik kaynağı oluşturmaktadır. PV/T kolektörlerindeki elektriği kullanmak için sistemde invertör kullanılması gerekmektedir. PV/T destekli ısı pompası sistemi Şekil 5.3'de gösterilmiştir.



Şekil 5.3. PV/T destekli ısı pompası sistemi (Mohanraj,2017'den değiştirilerek alınmıştır).

5.4. Güneş-Jeotermal Hibrit Kaynaklı Isı Pompası Sistemleri (SGHSHP)

Güneş-jeotermal hibrit kaynaklı ısı pompası sistemi güneş termal kolektörü, jeotermal ısı eşanjörü ve ısı pompasından oluşur. Bunlar sistematik bir biçimde entegre edilmiştir. Seri veya paralel şekilde bağlanılır. Seri konfigürasyonda paralel konfigürasyona oranla enerji verimliliği daha fazladır. Güneş kolektörlerinin ısı pompası ile entegrasyonu jeotermal ısı eşanjörlerinin uzunluğunu ve ilk yatırım maliyetini azaltmıştır.

5.5. Diğer Güneş Enerjisi Destekli Hibrit Isı Pompası Sistemleri

Güneş enerjisi-rüzgar enerjisi destekli ısı pompası sistemleri gibi güneş enerjisinden fayda sağlayan ısı pompası sistemlerine ilişkin mevcut durumdaki araştırmalar yeterli düzeyde olmayıp, sistemlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

6. MATERYAL VE YÖNTEM

Eskişehir ili iklim şartlarında; zemin ve 1. kattan oluşan iki katlı müstakil bir villanın güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemiyle ısınma ve sıcak su ihtiyacını karşılamaya yönelik bir tasarım gerçekleştirilmiştir. Güneşin az olduğu kış aylarında doğalgaz ile zeminden ısıtma yapılacaktır. Uygulaması yapılan binanın mimari çizimi Ek açıklamalar A ve B'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Projeye esas binanın ısı kaybını hesaplayabilmek için TS 2164 "Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları" standardı kullanılmıştır. Isı kaybına esas olan veriler kullanılmış ve enfiltrasyon esaslarına göre ısı kaybı hesabı yapılmıştır.

Seçilen villa zeminden ısıtılmakta olup, zeminden ısıtma elemanlarının hesapları yapılmıştır.

Villanın TS 825 " Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardına uygun olarak ısı yalıtımı yapılmış, gerekli enerji ihtiyacı miktarı hesaplanmıştır.

6.1. Villanın Isı Kaybı

İki ortam arasında ısı transferinin gerçekleşmesinin sebebi sıcaklık farkıdır. İç ortam ve dış ortam sıcaklığı arasındaki fark ısı transferinin hızını belirlemektedir. Bu bölümde ele alınan villanın yapı bileşenleri tespit edilerek TS 2164'e göre ısı kaybı hesabı yapılmış ve ısı kaybı hesabı çizelgesi doldurulmuştur. Bu çizelge Ek açıklama C ve D'de verilmiştir. Ayrıca ısı kaybın hesabında bulunan değerler villanın ısıtılması için gerekli enerji ihtiyacı bölümünde kullanılacaktır.

Eskişehir ilinin dış sıcaklık değeri -12 °C'dir (TS 2164,1983). Isı kaybı hesabında kullanılmış mahal sıcaklıkları ise;

-Mutfak, tuvalet, odalar ve antre için 20°C

-Banyo, ebeveyn banyosu için 24°C

-Havalandırma boşluğu, apartman içi için 10 °C

-Çatı arası için -3 °C

-Garaj için 0 °C olarak bulunmuştur.

Isı transferinin meydana gelmesinde ısı akışının olduğu yüzeyin ısı iletkenlik direnci etkili olmakta ısı kaybının azaltılması için yalıtım yapılarak bu direnç arttırılmaya çalışılmaktadır. TS 825 Standardına göre bir yapı bileşeninin ısı geçirgenlik katsayısı hesaplanmasına ait bağıntı Eş.6.1'de verilmiştir.

$$U = \frac{1}{R_i + R + R_e} \quad (6.1)$$

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.

Hesaplamalarda kullanılan yapı elemanlarının ısı transfer katsayıları ile iç ve dış yüzeylerin ısı taşınım dirençleri TS 825 standardında Ek-E bölümünde verilmiştir. Yapı bileşenlerinin ısı iletim direnci hesaplanırken tek tabakalıysa Eş.6.2, çok tabakalıysa Eş.6.3 kullanılarak hesaplanır.

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (6.2)$$

$$R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \dots \quad (6.3)$$

d : Yapı bileşenini oluşturan tabakanın kalınlığı

λ : Yapı bileşenini oluşturan malzemenin ısı iletim katsayısı

Binada kullanılan bileşenler ve bileşenlerin U değerleri, R değerleri Ek açıklama E'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Artırimsız ısı gereksinimi hesabı

Isıtma yapılacak ortamlar için gerekli olan ısı değeri, Fourier ısı iletim yasası ile belirlenir. Binadaki ortam için temel ısı iletim yasası ile belirlenen ısı gereksinimi, pratikte olması gereken gerçek değerden daha az bir değer vermektedir. Binadaki ortamın bulunduğu yer ve bakmakta olduğu yön, çevre yapıların durumu, ısıtma sisteminin çalışma durumu vb. etkenler nedeniyle, teorik olarak belirlenen ısı gereksiniminin daha da artırılması gerekir. Ortam için gereken artırimsız ısı değeri Eş.6.4'de verilmiştir.

$$Q_0 = \sum_j U_j A_j (T_i - T_d) \quad (6.4)$$

j : Ortamı çevreleyen dış duvar, pencere, kapı, tavan, döşeme

Artırılmış ısı gereksinimi hesabı

Hesaplanan artırimsız ısı gereksinimi değeri belirli artırım katsayıları ile işlem görerek bir miktar artırılır ve Q_i değeri bulunur. TS 2164 ile verilen bu artırım katsayıları; birleştirilmiş artırım katsayısı (Z_D), yön artırım katsayısı (Z_H) ve yüksek katlar-yüksek kat artırım katsayısı (Z_W) olarak ilgili çizelgeden seçilirler. Artırılmış ısı gereksinimi ile ilgili bağıntı Eş.6.5'te verilmiştir.

$$Q_i = Q_0 (1 + Z_D + Z_H + Z_W) \quad (6.5)$$

Birleştirilmiş artırım katsayısı (Z_D)

Birleştirilmiş artırım katsayısı, ısınmanın kesintili ya da sürekli olup olmamasından kaynaklanan kesintili ısıtma rejimi artırımı (Z_v) ve soğuk dış yüzey alanından dolayı soğuk dış yüzey ısı kaybı artırımı (Z_a) olmak üzere iki bileşene sahiptir. Birleştirilmiş artırım

katsayısı işletme durumu Eş.6.6'da verilen D katsayısına bağlı olarak Çizelge 6.1'den okunur.

$$D = \frac{Q_0}{A_{top}(T_{iç} - T_{dış})} \quad (6.6)$$

Q_0 : Artırımsız ısı kaybı

A_{top} : Isı kaybı hesaplanan hacmi çevreleyen tüm yüzeylerin alanları toplamı

$T_{iç}-T_{dış}$: İç ve dış ortam sıcaklıkları arasındaki fark

D : Z_D artırımında kullanılan katsayı

Çizelge 6.1. Birleştirilmiş artırım katsayıları (TS 2164,1983)

İşletme Durumu	D			
	0,1÷0,29	0,30÷0,69	0,70÷1,49	≥1,50
	% Z_D			
1. İşletme *	7	7	7	7
2. İşletme **	20	15	15	15
3. İşletme ***	30	25	20	15

Isıtma tesisatının çalıştırılmasında verilen araya göre 3 tip işletme şekli tanımlanmıştır. Tesisat sürekli çalışmakta yalnız geceleri ateş azaltılmaktaysa (genellikle konutlar) 1. tip işletme, kazan her gün 10 saat tamamen söndürülmeğe (genellikle işyerleri) 2. tip işletme ve kazan her gün 14 saat veya daha uzun süre söndürülmeğe (genellikle işyerleri) 3. tip işletme olarak tanımlanmaktadır.

Ele alınan bina 1. işletme kategorisinde olup birleştirilmiş artırım katsayısı 7 olarak bulunup ısı kayıp hesap cetveline işlenmiştir.

Yön artırım katsayısı (Z_H)

Isıtılacak ortamın bina içerisinde bulunmakta olduğu konuma bağlı olarak güneş ışınımından yararlanması veya tersi söz konusudur. Ülkemiz kuzey yarımkürede bulunduğundan güneş ışınımından dolayı güneye bakan hacimler ısınırken kuzeye bakan

hacimler soğumaktadır. Yön artırımı seçiminde, yalnız bir dış duvarı olan odalar için dış duvarın baktığı yön, bina köşesinde bulunan odalar için iki dış duvarın köşegen yönü esas alınır. İki'den fazla yöne bakan dış duvarı bulunan odalar için en yüksek yön artırımı seçilir. İç hacimlerde yön artırımı aranmaz (TS 2164,1983). Yön artırım katsayısı değerleri Çizelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.2. Yön artırım katsayısı (TS 2164,1983)

YÖN	G	GB	B	KB	K	KD	D	GD
%Z _H	-5	-5	0	5	5	5	0	-5

Yüksek katlar ve yüksek kat artırımı (Z_w)

Dış yüzey ısı taşınım direnci, dış yüzey üzerindeki rüzgar hızına bağlı olarak değişebilmektedir. Rüzgar hızı arttığında ısı kaybı da artmaktadır. Bu nedenle artırimsız ısı gereksinimi değerine kat yükseklik artırımları da eklenmelidir. Yüksek kat artırımı Çizelge 6.3'de verilmiştir.

Çizelge 6.3. Kat artırımı katsayısı (TS 2164,1983)

Bina Toplam Kat Adedi												%Z _w
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	4.3.2.1	5.4.3.2.1	0
4	4	5.4	5.4	5.4	6.5.4	6.5.4	6.5.4	6.5.4	6.5.4	7.6.5	8.7.6	%5
	5	6	6	7.6	8.7	9.8.7	9.8.7	9.8.7	9.8.7	10.9.8	11.10.9	%10
			7	8	9	10	10	11.10	12.11.10	13.12.11	14.13.12	%15
							11	12	13	14	15	%20

Ele alınan bina 2 katlı olduğundan kat artırımı katsayısı 0' dır.

Hava sızıntısını karşılamak için gereken ısı hesabı (Enfiltrasyon)

Isıtılan ortamda bulunan pencere ve balkon kapısı gibi açılıp kapanan yapı bileşenlerinin kanat ve kasa birleşim yerlerindeki aralıklardan, dış ve iç ortam arasındaki basınç farkı nedeniyle hava sızıntısı olur. Hava sızıntısı ile ortaya çıkan bu verim düşüklüğünü karşılamak üzere ortama ek ısı verilmelidir. Odanın toplam ısı kaybı, artırılmış ısı kayıplarının enfiltrasyon kayıpları ile toplanmasıyla bulunur. Enfiltrasyon kayıplarını veren bağıntı Eş.6.7'de verilmiştir.

$$Q_s = \frac{1}{3,6} \sum (\alpha l) R_{oda} H_{yapı} \Delta T Z_e \quad (6.7)$$

α : Hava sızdırma katsayısı

l : Pencere veya kapının açılan kısımlarının uzunluğu

R_{oda} : Oda durum katsayısı

$H_{yapı}$: Yapı durum katsayısı

ΔT : İç ve dış hava sıcaklıkları farkı

Z_e : Bir katsayı olup, her iki dış duvarında pencere olan ortamlar için 1,2 diğer durumlarda 1 alınır.

Hava sızdırma katsayısı (α) Çizelge 6.4'de verilmiştir.

Çizelge 6.4. Hava sızdırma katsayısı (TS 2164,1983)

Malzeme	Pencere veya kapı şekli	α
Ahşap	Tek pencere	3
	Çift camlı pencere	2,5
	Çift pencere	2
Plastik çerçeve	Tek veya çift camlı pencere	2
Çelik veya metal çerçeve	Tek pencere	1,5
	Çift camlı pencere	1,5
	Çift pencere	1,2
İç kapılar	Eşiksiz kapılar	40
	Eşikli kapılar	15
Dış kapılar için pencere değerleri esas alınır		

İçeri giren havanın akıp gidebilme durumunu gösteren oda durum katsayısı (R), hava akımına oda durumunun gösterdiği direnci belirtmek için kullanılmaktadır. R katsayısının tam olarak hesabı olanaksızdır. Normal boyutlarda pencere ve kapıları olan odalar için $R=0,9$; büyük pencereleri ancak tek bir iç kapısı olan odalar için ise $R=0,7$ değeri kullanılır. R değerinin bulunması Çizelge 6.5'de verilmiştir.

Çizelge 6.5. Oda durum katsayısı (TS 2164,1983)

Pencere cinsi	İç kapı	Dış pencere alanı/İç kapı alanı	R_{oda}
Tahta veya plastik pencere	Aralıklı	<3	0,9
	Aralıksız	<1,5	
Çelik veya metal pencere	Aralıklı	<6	
	Aralıksız	<2,5	
Tahta veya plastik pencere	Aralıklı	3 ile 9	0,7
	Aralıksız	1,5 ile 3	
Çelik veya metal pencere	Aralıklı	6 ile 20	
	Aralıksız	2,5 ile 6	

Bina durum katsayısı (H), binanın konumuna ve rüzgar durumuna bağlı olarak seçilmektedir. Bina durum katsayısının bulunması Çizelge 6.6'da verilmiştir. Korunmuş durum normal genişlikteki cadde ve sokaklarla ayrılmış ve toplu halde inşa edilmiş yüksekliği diğerlerine göre fazla olmayan yerdeki binalar, serbest durum bahçeli evler tipinde geniş araziye serpiştirilmiş veya şehir içinde şehrin diğer kesimlerine göre daha yüksek kotta inşa edilmiş binalar, çok serbest durum ise deniz, göl kıyıları, ırmak kenarları veya ağaçsız yüksek kotlu yerdeki binalardır.

Çizelge 6.6. Bina durum katsayısı (TS 2164,1983)

Bölgenin durumu	Yapının durumu	H _{yapı} katsayısı	
		Bitişik düzen	Ayrık düzen
Normal bölge	Korunaklı	0,279	0,396
	Serbest	0,477	0,675
	Çok serbest	0,7	0,977
Rüzgarlı bölge	Korunaklı	0,477	0,675
	Serbest	0,7	0,977
	Çok serbest	0,95	1,314

NOT : Bir katta birden fazla dairesi olan veya birbiri ile bağlantısı olmayan oda gruplarını içeren yapılar bitişik düzen olarak kabul edilir. Ayrık düzen ise bir ya da iki katlı villa türü yapıları tanımlar.

Isı kaybı hesap cetvelinin doldurulması için gerekli simgeler Çizelge 6.7'de verilmiştir.

Çizelge 6.7. Isı kaybı hesap cetvelinin doldurulması için gerekli bilgiler

Simgesi	Yapı bileşeninin adı/yönü
ÇP	Pencere
DD1	Dış Duvar
DK	Dış Kapı
İD	İç Duvar
İK	İç Kapı
Tav.	Tavan
Döş.	Döşeme
D	Doğu
B	Batı
K	Kuzey
G	Güney

Bu veriler kullanılarak hazırlanan ısı kaybı hesap cetvelinde villanın toplam ısı kaybı 13.474,74 W olarak bulunmuştur. Isı kaybı hesap cetvelinde bulunan ısı kayıpları villanın zeminden ısıtma elemanlar hesap cetvelinde kullanılacaktır.

6.2. Villanın Isıtılması İçin Gerekli Enerji İhtiyacı

TS 825 standardında belirtilen hesap metodunda iletim, taşınım ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ile iç ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları dikkate alınmaktadır. Bir yapının ısıtma ihtiyacını belirleyen faktörler; bina özellikleri, ısıtma sisteminin karakteristik özellikleri, iç iklim şartları, dış iklim şartları, iç ısı kazanç kaynakları ve güneş enerjisidir. TS 825 standardında, Türkiye'de bulunan şehirler derecelerine göre 4 bölgeye ayrılmış olup Eskişehir ili 3. ısıtma bölgesinde yer almaktadır. Bu ısıtma bölgelerindeki değerler hesaplamalarda kullanılacaktır.

Yeterli seviyede ısı yalıtımı sağlanmış binada, iç ortamda belli bir iç sıcaklığı (θ_i) sağlamak için gereken ısı enerjisinin bir kısmı iç kaynaklardan ve güneş enerjisinden sağlanır. Kalan miktarın ise ısıtma sistemi tarafından iç ortama verilmesi gerekmektedir. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı toplam kayıplardan güneş enerjisi kazançları ve iç ısı kazançları çıkarılarak hesaplanır. Aynı zamanda yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı aylık ısıtma enerji ihtiyaçlarının toplamına eşittir. Aylık ve yıllık ısıtma ihtiyaçlarının hesabına ilişkin bağıntılar Eş.6.8 ve Eş.6.9'da gösterilmiştir (TS 825, 2008).

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \quad (6.8)$$

$$Q_{ay} = [H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay}) - \eta_{ay}(\Phi_{i,ay} - \Phi_{s,ay})]t \quad (6.9)$$

Bu eşitliklerde;

$Q_{yıl}$: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

Q_{ay} : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı

H : Binanın özgül ısı kaybı

$\theta_{i,ay}$: Aylık ortalama iç sıcaklık

$\theta_{e,ay}$: Aylık ortalama dış sıcaklık

η_{ay} : Kazançların aylık ortalama kullanım faktörü

$\Phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç kazançlar

$\Phi_{s,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı

t : Isıtma süresi

Kullanım amacına göre hesaplamalarda kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık değerleri ($\theta_{i,ay}$) TS 825 standardının "Farklı Amaçlarla Kullanılan Binalar İçin Hesaplamalarda Kullanılacak Aylık Ortalama İç Sıcaklık Değerleri" çizelgesinden 19 °C olarak bulunur. İlgili değerler Çizelge 6.8'de gösterilmiştir. Farklı ısıtma bölgeleri için ısı kaybı ve yoğuşma hesabında kullanılacak aylık ortalama dış sıcaklık ($\theta_{e,ay}$) değerleri Çizelge 6.9'da verilmiştir.

Çizelge 6.8. Farklı amaçlarda kullanılan binaların aylık ortalama iç sıcaklık değerleri (TS 825,2008)

	Isıtılacak binanın adı	Sıcaklığı
1	Konutlar	19
2	Yönetim binaları	
3	İş ve hizmet binaları	
4	Otel, motel ve lokantalar	20
5	Öğretim binaları	
6	Tiyatro ve konser salonları	
7	Kışlalar	
8	Ceza ve tutuk evleri	
9	Müze ve galeriler	
10	Hava limanları	
11	Hastaneler	22
12	Yüzme havuzları	26
13	İmalat ve atölye mahalleri	16

Çizelge 6.9. Isıtma bölgelerine göre aylık ortalama sıcaklık değerleri (TS 825,2008)

	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge
OCAK	8,4	2,9	-0,3	-5,4
ŞUBAT	9	4,4	0,1	-4,7
MART	11,6	7,3	4,1	0,3
NİSAN	15,8	12,8	10,1	7,9
MAYIS	21,2	18	14,4	12,8
HAZİRAN	26,3	22,5	18,5	17,3
TEMMUZ	28,7	24,9	21,7	21,4
AĞUSTOS	27,6	24,3	21,2	21,1
EYLÜL	23,5	19,9	17,2	16,5
EKİM	18,5	14,1	11,6	10,3
KASIM	13	8,5	5,6	3,1
ARALIK	9,3	3,8	1,3	-2,8

Villanın özgül ısı kaybı hesabı

Özgül ısı kaybı (H), iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_T) ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının (H_V) toplamına eşittir. Özgül ısı kaybını veren ifade Eş.6.10'da verilmiştir.

$$H = H_T + H_V \quad (6.10)$$

İletim yoluyla oluşan ısı kaybı

İletim yoluyla oluşan ısı kaybı hesabında, villanın dış duvar, kolon, pencere, kapı, tavan ve döşeme alanları bulunur. Yapıda kullanılan elemanların ısıl iletkenlik direnç değerleri TS 825 standardının Ek-E çizelgesinde verilmiş olan tablodan bulunur ve Eş.6.11 ile Eş.6.12'de verilen bağıntılar ile hesaplamalar yapılmıştır.

$$H_T = \sum AU + IU_I \quad (6.11)$$

$$\sum AU = U_D A_D + U_k A_k + U_p A_p + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_t A_t + U_d A_d + 0.5 U_{ds} A_{ds} \quad (6.12)$$

Burada $U_D A_D$ duvarlardan, $U_k A_k$ kapılardan, $U_p A_p$ pencerelerden, $0.8 U_T A_T$ üzeri havalandırılmayan çatı ile örtülü tavandan, $0.5 U_t A_t$ toprağa temas eden tabandan, $U_d A_d$ dış hava ile temas eden taban alanından, $0.5 U_{ds} A_{ds}$ düşük sıcaklıktaki iç ortamlara temas eden yapı bileşeninden olan ısı kayıplarıdır.

Yapılan hesaplamalarda villanın iletim ve taşınım yoluyla oluşan ısı kaybı (H_T) 242,828 W/K olarak bulunmuştur. Hesaplamalara ilişkin ayrıntılı değerler Ek açıklama E'de sunulmuştur.

Havalandırma yoluyla oluşan ısı kaybı

İncelenen villada mekanik havalandırma sistemi bulunmamakta doğal havalandırma yapılmaktadır. Villada oluşan ısı kaybı hesabını veren bağıntı Eş.6.13'de verilmiştir.

$$H_V = 0,33\eta_h(0,8V_{brüt}) \quad (6.13)$$

Havalandırma sayısı olan η_h doğal havalandırma yapılan binalarda havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı hesabında 0,8 olarak alınır.

Yapılan hesaplamalar sonucu villanın havalandırma yoluyla oluşan ısı kaybı (H_V) 115,581 W/K olarak hesaplanmıştır.

Villanın toplam özgül ısı kaybı (H) 358,409 W/K olarak bulunmuştur.

Ortalama iç kazançlar

Binalarda iç kazançlar insanlardan kaynaklanan metabolik ısı kazançları, sıcak su sisteminden kaynaklanan ısı kazançları, yemek pişirme işleminden kaynaklanan ısı kazançları, aydınlatma sisteminden kaynaklanan ısı kazançları, binalarda kullanılan muhtelif elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı kazançları gibi faktörleri kapsar (TS 825,2008). Konut, okul ve normal donanımlı binalarda kullanılan ortalama iç kazanç bağıntısı Eş.6.14'de verilmiştir. Eş.6.14'de verilen A_n bina kullanım alanının hesabı Eş.6.15'de verilmiştir.

$$\Phi_{i,ay} \leq 5A_n \quad (6.14)$$

$$A_n = 0,32V_{brüt} \quad (6.15)$$

Yapılan hesaplamalarda binanın ortalama iç kazancı 875,615 W olarak bulunmuştur. Hesaplamalara ilişkin detaylar Ek açıklama F'de verilmiştir.

Güneş enerjisinden kaynaklı kazançlar

Güneş enerjisinden oluşan kazançlar Eş.6.16'da verilmiştir.

$$\Phi_{s,ay} = \sum r_{i,ay} g_{i,ay} I_{i,ay} A_i \quad (6.16)$$

Eş.6.16'daki $r_{i,ay}$ ifadesi saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü olup, ayırık ve az katlı binaların bulunduğu yönlerde 0,8, gölgelenmenin olduğu ve 10 kata kadar yükseklikteki binaların bulunduğu yönlerde 0,6, bitişik nizam ve 10 kattan daha yüksek binaların bulunduğu yönlerde 0,5 alınmaktadır. $I_{i,ay}$ i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti (W/m^2), A_i i yönünde toplam pencere alanı (m^2), $g_{i,ay}$ ise saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörüdür. Ele alınan bina, ayırık nizamda ve az katlı olduğu için $r_{i,ay}$ 0,8 olarak alınmıştır. $I_{i,ay}$ değeri TS 825 standardında Ek-C kısmından alınmaktadır. Güneş enerjisi geçirme faktörü ($g_{i,ay}$) bulunması için gerekli bağıntı Eş.6.17'da verilmiştir.

$$g_{i,ay} = F_w g_1 \quad (6.17)$$

F_w camlar için düzeltme faktörü olup 0,8 alınır. g_1 laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi faktörü olup renksiz tek cam için 0,85, renksiz yalıtım camı birimi için 0,75, ısıl geçirgenlik katsayısı $2 W/m^2K$ 'den daha düşük olan diğer ısı yalıtım birimleri için 0,50 olarak alınır. Hesapı yapılan bina renksiz yalıtımlı cama sahip olup g_1 değeri 0,75 olarak seçilir böylece $g_{i,ay}$ değeri 0,60 olur.

Yapılan hesaplamalar sonucu binanın güneş enerjisinden kaynaklı iç kazancı her ay için ayrı ayrı bulunmuş yıllık güneş enerjisinden kaynaklı iç kazancı ise 22.939 W olarak bulunmuştur. Hesaplamalara ilişkin aylık ayrıntılı değerler Ek açıklama F'de verilmiştir.

Kazanç kullanım faktörü

İç kazançlar ve güneş enerjisi kazançlarının toplamı her zaman faydalı enerji olarak kabul edilmez. Çünkü ısı kazançlarının yüksek olduğu sürelerde, kazançlar anlık kayıplardan fazla olabilir veya kazançlar ısıtmanın gerekmediği zamanlarda gelebilir. Bu nedenle kazançlar bir yararlanma faktörü ile azaltılmaktadır. Kazanç kullanım faktörüne ilişkin bağıntı Eş.6.18'de verilmiştir.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{\left(\frac{-1}{KKO_{ay}}\right)} \quad (6.18)$$

KKO kazanç/kayıp oranı olup bağıntısı Eş.6.19'da verilmiştir.

$$KKO_{ay} = \frac{(\Phi_{i,ay} + \Phi_{s,ay})}{H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})} \quad (6.19)$$

KKO_{ay} değeri 2,5 ve üzerinde olduğunda o ay için ısı kaybı olmadığı kabul edilir (TS 825,2008).

Yapılan hesaplamalar sonucunda binanın kazanç kullanım faktörünün maksimum değeri Ocak ve Aralık ayında 0,97 iken minimum değeri Temmuz ve Ağustos aylarında 0,00'dır. Ayrıntılı değerler Ek açıklama F'de sunulmuştur.

Villa için müsaade edilen maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının belirlenmesi

Müsaade edilen maksimum yıllık ısıtma enerjisinin bulunması için TS 825 standardının EK-A 'Bölgelere ve ara değer $A_{top}/V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak sınırlandırılan Q'nun hesaplanması' çizelgesine bakılarak hesaplama yapılmaktadır. Çizelge 6.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.10. Müsaade edilen maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (TS 825,2008)

1. Bölge	A_n ile ilişkili	$Q'_{1.DG} = 44,1(A/V) + 10,4$
	$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q'_{1.DG} = 14,1(A/V) + 13,4$
2. Bölge	A_n ile ilişkili	$Q'_{2.DG} = 70(A/V) + 24,4$
	$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q'_{2.DG} = 22,4(A/V) + 7,8$
3. Bölge	A_n ile ilişkili	$Q'_{3.DG} = 76,3(A/V) + 36,4$
	$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q'_{3.DG} = 24,4(A/V) + 11,7$
4. Bölge	A_n ile ilişkili	$Q'_{4.DG} = 82,8(A/V) + 50,7$
	$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q'_{4.DG} = 26,5(A/V) + 16,3$

Binanın toplam alanı (A_{top}) 477,33 m², brüt hacmi ise ($V_{brüt}$) 547,26 m³'tür. Bu değerlere göre $A_{top}/V_{brüt}$ oranı 0,872 bulunur. Eskişehir 3. bölgede olduğundan çizelgeden bina için müsaade edilen maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Q') 32,977 kWh/m³ olarak bulunmuştur.

Önceden hesaplanan Ek açıklama F'de yer alan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Q) 29,899 kWh/m³ olarak bulunmuştur. $Q \leq Q'$ olduğunda bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının olması gereken en büyük değer altında olduğu görülmektedir. O halde bu proje bu standartta verilen hesap metoduna göre uygundur denmektedir. Hesapları yapılan binada 29,899 < 32,977 olduğundan bu proje hesap metoduna uygundur. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı tablosu Ek açıklama F'de gösterilmiştir. Binanın enerji verimliliği endeksine göre 3 tip bina bulunmaktadır. Bunlar A tipi süper enerji verimli bina, B tipi iyi enerji verimli bina, C tipi normal enerji verimli binadır. Hesaplaması ise Eş.6.20, 6.21, 6.22'de gösterilmiştir.

$$Q \leq 0,999Q' \text{ ise C tipi bina} \quad (6.20)$$

$$Q \leq 0,90Q' \text{ ise B tipi bina} \quad (6.21)$$

$$Q \leq 0,80Q' \text{ ise A tipi bina} \quad (6.22)$$

Ele alınan bina 29,899 < 32,977 olduğundan C tipi normal enerji verimli bina olarak bulunmuştur.

6.3. Villanın Zeminden Isıtma Elemanları

Zeminden ısıtma sistemlerinde hacme verilen ısı, döşeme altına yerleştirilen ve içinden sıcak su geçen genellikle plastik boru sistemi ile sağlanır. Zeminden ısıtma sistemlerinde kullanılan boruların uzun ömürlü, kolayca bükülebilir, korozyona dayanıklı ve donma noktasının altındaki sıcaklıklarda darbeye dayanıklı olması istenir (Genceli ve Parmaksızoğlu,2012).

Ele alınan villada zeminden ısıtma yapabilmek için borulardaki ortalama su sıcaklığı 50 °C olarak seçilmiştir. Villanın özgül ısı kaybın bölümünde hesaplanan ısı kayıpları her bölüm için Ek açıklama G'de yer alan hesap cetveline işlenir. Isıtılacak hacmin döşeme alanı ($A_{döşeme}$) ve ısı kaybı (q) olmak üzere ihtiyaç olan ısı akısı (q'') Eş.6.23'den bulunur.

$$q'' = \frac{q}{A_{döşeme}} \quad (6.23)$$

Döşemeden ısıtma halinde, ısı önce sıcak sudan içinde dolaştığı boruya ve boru yüzeyinden döşemeyi oluşturan tabakalardan iletdikten sonra, taşınım ve ışınlım ile hacim iç havasına geçer. Yüzeiden oda havasına olan ısı geçişinde, döşeme yüzeyi için ortalama bir sıcaklık alınır. Alınan değerler Ek açıklama G'de verilmiştir.

6.4. Villanın Sıcak Su İhtiyacı İçin Gerekli Enerji İhtiyacı

Projelendirmede müstakil konutlarda kişi başına günlük tüketim 50 litre alınabilir. 4 kişinin yaşadığı bu villada günlük sıcak su tüketim miktarı Eş.6.24'de verilmiştir.

$$m_s = \text{Kişi adedi} \times \text{Kişi başına günlük sıcak su gereksinimi (lt/gün)} \quad (6.24)$$

Buradan hareketle günlük sıcak su tüketim miktarı 200 lt/gün olmaktadır.

Günlük enerji gereksiniminin bulunması ise Eş.6.25'de verilmiştir.

$$Q_{gün} = m_s c_s (T_{ist} - T_{şeb}) \quad (6.25)$$

c_s : Suyun özgül ısısı

T_{ist} : İstenilen su sıcaklığı

$T_{şeb}$: Şebeke suyu sıcaklığı

Güneş enerjisi ile sıcak su hazırlama sistemlerinde aksi belirtilmedikçe genellikle istenilen su sıcaklığı 50 °C olarak alınmaktadır.

Eskişehir ilinin aylara göre şebeke suyu sıcaklığı Çizelge 6.11'de verilmiştir. Eskişehir ili için ortama şebeke suyu sıcaklığı 13,75 bulunmuştur.

Çizelge 6.11. Eskişehir ilinin aylara göre şebeke suyu sıcaklığı (Ceylan,2010)

Ay	Eskişehir İli Ortalama Şebeke Suyu Sıcaklığı (°C)
Ocak	7,6
Şubat	6,1
Mart	7
Nisan	9,6
Mayıs	13,8
Haziran	17,1
Temmuz	20
Ağustos	21,7
Eylül	20,8
Ekim	17,5
Kasım	13,8
Aralık	10

Eş.6.25'de verilen bağıntı ile gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda villanın aylık sıcak su ihtiyacı için gereken enerji miktarları Çizelge 6.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.12. Villanın kullanım sıcak suyu ihtiyacı için gereken enerji miktarı

Ay	Villanın Sıcak Su İhtiyacı İçin Gereken Enerji Miktarı (kJ)	Villanın Sıcak Su İhtiyacı İçin Gereken Enerji Miktarı (kWh)
Ocak	1.063.392	295,623
Şubat	1.101.012	306,081
Mart	1.078.440	299,806
Nisan	1.013.232	281,678
Mayıs	907.896	252,395
Haziran	825.132	229,387
Temmuz	752.400	209,167
Ağustos	709.764	197,314
Eylül	732.336	203,589
Ekim	815.100	226,598
Kasım	907.896	252,395
Aralık	1.003.200	278,89
Toplam	10.909.800	3.032,924

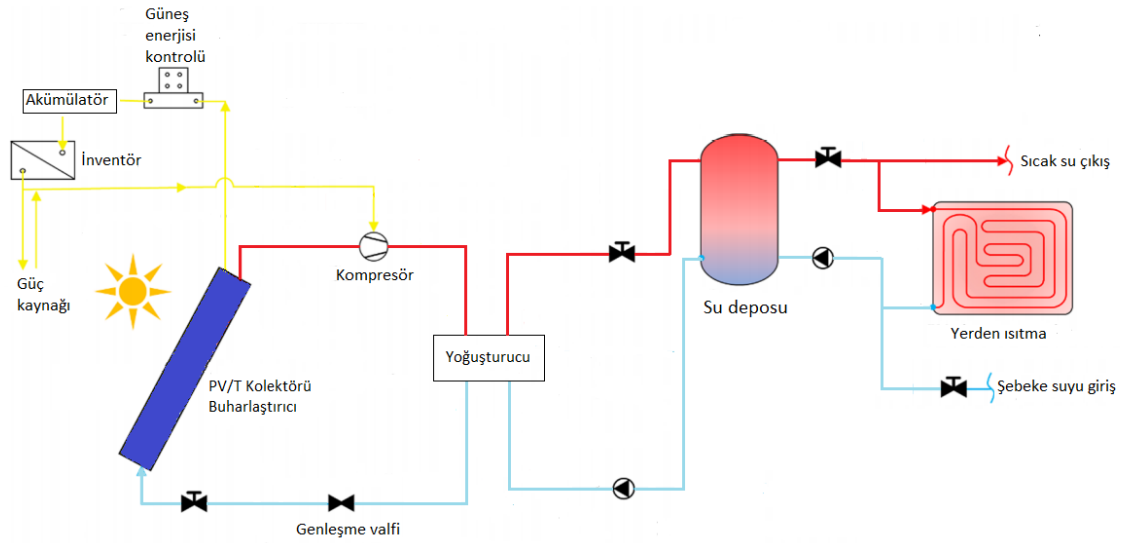
Eskişehir ili ısıtma sezonunda villada kullanım sıcak suyu için gerekli aylık ortalama enerji ihtiyacı 252,743 kWh olarak bulunmuştur. Villanın sıcak su ve ısıtma ihtiyacı için gerekli enerji miktarı Çizelge 6.13'de verilmiştir. Buradan hareketle villanın ısıtma sezonunda gerekli ortalama enerji miktarı 2.579,84 kWh olarak bulunmuştur.

Çizelge 6.13. Villanın sıcak su ve ısıtma ihtiyacı için gereken enerji miktarı

Ay	Villanın Sıcak Su ve Isıtma İhtiyacı İçin Gereken Enerji Miktarı (kJ)	Villanın Sıcak Su ve Isıtma İhtiyacı İçin Gereken Enerji Miktarı (kWh)
Ocak	13.949.442,24	3.877,944
Şubat	12.957.675,36	3.602,234
Mart	8.835.233,28	2.456,195
Nisan	4.134.233,28	1.149,317
Mayıs	1.788.191,04	497,117
Haziran	825.132	229,387
Temmuz	752.400	209,167
Ağustos	709.764	197,314
Eylül	732.336	203,589
Ekim	3.558.213,6	989,183
Kasım	8.742.786,24	2.430,494
Aralık	12.782.518,08	3.553,540
Toplam	69.767.925,12	19.395,483

6.5. Tasarım

Eskişehir ili iklim şartlarına göre yalıtımı yapılmış olan 2 katlı villanın ısıtılması ve villada sıcak su elde edilmesi için gerekli olan enerji miktarı hesaplanmıştır; elde edilen veriler dahilinde ortaya bir tasarım konulmuştur. Tasarlanan sistemde hem sıcak su hem ısıtma için en uygun kolektör olan PV/T kolektörü seçilmiştir. Isıtma ve sıcak su elde etmek için bir devre hazırlanmış, depolamak için 500 litre su tankı kullanılmıştır. Çok soğuk iklimlerde su tankı yerine boyler kullanılabilir. Çalışma sıvısı olarak soğutucu akışkan R-134a seçilmiştir. Sistemde kırmızı hat yüksek sıcaklık (gidiş) hattı, mavi hat düşük sıcaklık (dönüş) hattı, sarı hat PV/T kolektöründen inventör yardımıyla kompresöre verilen gücü göstermektedir. Çok düşük sıcaklıklarda buharlaşan soğutucu akışkan kompresörde sıkıştırılarak basıncı ve sıcaklığı artırılır. Yüksek sıcaklık ve basınca sahip olan soğutucu akışkan yoğuşturucuya girer. Bu durumda soğutucu akışkanın sıcaklığı çevre sıcaklığının çok üzerinde olup, yoğuşturucudan elde edilen ısı sıcak su elde etmek ve yerden ısıtma yapılması için su tankına verilir. Gerekli ısı elde edildikten tam tersi bir çevrimle çevrim tamamlanır. Tasarlanan sistemin şematik diyagramı Şekil 6.5'te verilmiştir.



Şekil 6.5. Tasarlanan sistemin şematik diyagramı

6.6. Hesaplamalar

Güneş enerjisi destekli ısı pompası tasarımına yönelik hesaplamalar villanın enerji ihtiyacı verileri dikkate alınarak ortaya konulmuştur. Hesaplamalar yapılırken villanın ısıtma sezonunda (ekim-nisan ayları arası) ortalama enerji ihtiyacı göz önünde bulundurulmuştur. Çizelge 6.13'de yer alan bilgiler dikkate alındığında villanın ısıtma sezonunda aylık ortalama enerji ihtiyacı 2.579,84 kWh olarak bulunmuştur. Bu bilgiler doğrultusunda $39,5^\circ$ enlem açısına sahip Eskişehir ilindeki bir sistemin kış ve yaz uygulamasına göre optimum panel eğim açısı Eş.6.26 ve Eş.6.27'de verilmiştir.

$$OPA_{kış} = \text{Bölge Enlem Derecesi} + 15^\circ \quad (6.26)$$

$$OPA_{yaz} = \text{Bölge Enlem Derecesi} - 15^\circ \quad (6.27)$$

Güneş enerjisi kolektörlerinin yatayla yaptığı açı, bölgenin enlem derecesinden 15° eksik alınırsa yaz uygulamasında, 15° fazla alınırsa kış uygulamasında maksimum verim

elde edilmektedir. Ayrıca kolektörlerin yatayla yaptığı açı arttıkça kar yağan bölgelerde kolektörlerin üstünün karla kaplanması sorunu ortadan kalkmaktadır.

Optimum eğim açısı hesaplanan kolektörlerin üzerine düşen toplam radyasyon miktarı Eş.6.28'de verilen bağıntıyla hesaplanır (Abuşka,2016).

$$TRA = (4,18)[((DİR)(DİRRAF) + (DİF)(DİFAF) + (YYRA)(YAO)(YAF))] \quad (6.28)$$

TRA : Kolektör yüzeyine gelen toplam radyasyon miktarı

DİR : Direkt radyasyon miktarı

DİRRAF : Direkt radyasyon açı faktörü

DİF : Difüz radyasyon miktarı

DİFAF : Difüz radyasyon açı faktörü

YYRA : Yeryüzü radyasyonu

YAO : Yansıtma oranı

YAF : Yansıtılmış açı faktörü

Difüz radyasyon miktarının bulunmasıyla ilgili bağıntı Eş.6.29'da verilmiştir.

$$DİF = [(1-(1,097(BUF)))YYRA] \quad (6.29)$$

BUF : Bulanıklık faktörü

YYRA : Yeryüzü radyasyon değeri

Bulanıklık faktörünün bulunmasıyla ilgili bağıntı Eş.6.30'da verilmiştir.

$$BUF = \frac{YYRA}{AÖRA} \quad (6.30)$$

AÖRA : Atmosfer öncesi radyasyon değeri

Bazı şehirlerin YYRA ve AÖRA değerleri Çizelge 6.14'de verilmiştir. Çizelge 6.14'den yola çıkılarak ısıtma sezonu boyunca bulanıklık faktörü (BUF) Eş.6.31'den

hesaplanarak 0,3091 ile 0,4999 arasında değişiklik gösterdiği bulunmuştur. Sezon içerisinde ortalama bulanıklık faktörü 0,4132 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6.14. Bazı şehirlerin YYRA ve AÖRA değerleri (Abuşka,2016)

	Ankara	Eskişehir	İstanbul	İzmir
Ocak	1266	1219	1099	1625
	3657	3681	3442	3848
Şubat	2007	1960	1792	2342
	4923	4923	4732	5091
Mart	3035	2987	2629	3322
	6547	6549	6381	6668
Nisan	4138	3919	3943	4350
	8222	8222	8126	8293
Mayıs	5258	5138	4947	5449
	9393	9393	9369	9417
Haziran	5855	5712	5401	5712
	9871	9871	9871	9871
Temmuz	6094	5903	5186	5760
	9632	9632	9608	9632
Ağustos	5425	5213	4613	5330
	8652	8677	8604	8723
Eylül	4278	4182	3561	4302
	7146	7146	7003	7242
Ekim	2916	2700	2414	2964
	5377	5401	5210	5545
Kasım	1816	1673	1482	1912
	3943	3967	3752	4135
Aralık	1051	1027	1677	1458
	3322	3322	3107	3513

Difüz radyasyon miktarı (DİF) Eş.6.30'dan hesaplanarak ısıtma sezonu boyunca 677,82 kcal/m²gün ile 1869,36 kcal/m²gün arasında değiştği bulunmuştur. Sezon içerisinde ortalama difüz radyasyon miktarı 1.148,58 kcal/m²gün olarak hesaplanmıştır.

Direkt radyasyon değerinin bulunmasıyla ilgili bağlantı Eş.6.31'de verilmiştir.

$$DİR = YYRA - DİF \quad (6.31)$$

Direkt radyasyon değerinin Eş.6.32'den hesaplanarak 349,18 kcal/m²gün ile 2.049,64 kcal/m²gün arasında değiştii bulunmuştur. Sezon içerisinde ortalama direkt radyasyon miktarı 1.063,55 kcal/m²gün olarak hesaplanmıştır.

Direkt radyasyon açı faktörü kış uygulamasına göre Çizelge 6.15'te yer alan enlem değerlerinde 39,5° enleme sahip Eskişehir ili için enterpolasyon yapılarak okunmaktadır.

Çizelge 6.15. Kış uygulamasına göre direkt radyasyon (DİRAF) değerleri (Abuşka,2016)

	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°
Ocak	2.174	2.248	2.322	2.396	2.470	2.544	2.618
Şubat	1.702	1.744	1.786	1.828	1.870	1.912	1.954
Mart	1.270	1.290	1.310	1.330	1.350	1.370	1.390
Nisan	0.926	0.932	0.938	0.944	0.950	0.956	0.962
Mayıs	0.722	0.724	0.726	0.728	0.730	0.732	0.734
Haziran	0.640	0.640	0.640	0.640	0.640	0.640	0.640
Temmuz	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680	0.680
Ağustos	0.831	0.838	0.842	0.846	0.850	0.854	0.858
Eylül	1.320	1.144	1.156	1.168	1.180	1.192	1.204
Ekim	1.554	1.588	1.622	1.656	1.690	1.724	1.758
Kasım	2.044	2.108	2.172	2.236	2.300	2.364	2.428
Aralık	2.338	2.426	2.514	2.602	2.690	2.778	2.866

Difüz açı faktörü (DİFAF) ve yansıtılmış açı faktörü (YAF) Çizelge 6.16'dan 54,5° enlem açına göre enterpolasyon yapılarak hesaplanır. Çizelge 6.16'dan hareketle difüz radyasyon açı faktörü 0,7885 yansıtılmış radyasyon açı faktörü ise 0,2115 olarak bulunur.

Çizelge 6.16. Kış uygulamasına göre difüz ve yansıtılmış açı faktörü (Abuşka,2016)

Kolektör Eğim Açısı °	Difüz Açı Faktörü (DİFAF)	Yansıtılmış Açı Faktörü (YAF)
0	1.00	0.00
10	0.99	0.01
20	0.97	0.03
30	0.93	0.07
40	0.88	0.12
50	0.82	0.18
60	0.75	0.25
70	0.67	0.33
80	0.59	0.41
90	0.50	0.50

Yansıtıcılık oranı Çizelge 6.17'den elde edilmiş olup Eskişehir ili için yansıtıcı yüzey Ekim, Kasım, Nisan aylarında bina yüzeyi; Ocak, Şubat, Mart, Aralık aylarında taze kar olarak seçilmiştir.

Çizelge 6.17. Yansıtıcılık oranı değerleri (Abuşka,2016)

Yüzey	Yansıtıcılık Oranı (YAO)
Taze Kar	0.75
Su Yüzeyi	0.07
Toprak	0.14
Kara Yolu	0.04
Kozalaklı Orman (Kışın)	0.07
Sonbahar Ormanı	0.26
Asfalt Kaplı Zemin	0.10
Beton Kaplı Zemin	0.22
Ölü Yapraklar	0.30
Kuru Çim	0.20
Yeşil Taze Çim	0.26
Bitümlü Kumlu Çatı	0.13
Kırılmış Taş Yüzeyler	0.20
Bina Yüzeyleri (Koyu)	0.27
Bina Yüzeyleri (Açık)	0.60

Yapılan hesaplamalar sonucunda PV/T kolektörlerin metrekare başına düşen günlük toplam radyasyon değeri (TRA) ısıtma sezonu boyunca ortalama 2815,786 kcal/m²gün olarak bulunmuştur. Toplam radyasyon değeri aylara göre değişeceğinden, ısıtma sezonundaki aylar için ayrı ayrı bulunmuş ve Çizelge 6.18'de verilmiştir.

Çizelge 6.18. Aylara göre toplam radyasyon miktarı (kcal/m²gün)

Isıtma sezonu ayları	Toplam radyasyon miktarı
Ocak	1882,434
Şubat	2763,878
Mart	3563,057
Nisan	3638,793
Ekim	3592,795
Kasım	2558,247
Aralık	1621,298

Eskişehir ilinin aylık ortalama sıcaklık değerleri ve güneşlenme süreleri Çizelge 6.19'da verilmiştir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2021).

Çizelge 6.19. Eskişehir ilinin aylık ortalama sıcaklık değerleri ve güneşlenme süreleri

ESKİŞEHİR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yillik
Ölçüm Periyodu (1928 - 2020)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	0.1	1.8	5.4	10.7	15.5	19.2	21.9	21.8	17.8	12.4	7.0	2.3	11.3
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.4	3.3	4.6	5.9	7.9	9.6	10.7	10.2	8.2	5.8	3.7	2.2	6.2

Çizelge 6.19'da da görüldüğü gibi Eskişehir ilinin ısıtma sezonunda etkin güneşlenme süresi 2,4 saat ile 5,9 saat arasında değişkenlik göstermektedir. Böylece Eskişehir'in günlük etkin güneşlenme süresi ortalama 4 saattir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü,2021).

Bu verilerle Eskişehir ilinde PV/T kolektörün birim alanına düşen güneş ışınımı 2942,49 kJ/saat olarak bulunmuştur. Gerekli kolektör yüzeyinin bulunması için gerekli bağıntı 6.32'de verilmiştir.

$$F_k = \frac{Q}{(TRA)\eta_k} \quad (6.32)$$

F_k = Kolektör yüzeyi

Q = Enerji ihtiyacı

η_k = Kolektör verimi (Kolektörlerde ortalama verim %55-65 arasında alınabilir)

Çizelge 6.13'de hesaplanan villanın sıcak su ve ısıtma ihtiyacı için gerekli ortalama enerji ihtiyacı olan 2.579,84 kWh değeri kullanılarak, kolektör verimi %60 seçilerek gerekli hesaplamalar Eş.6.32'e göre yapılmış olup, ortalama bir kolektör yüzeyi bulunmuştur. Gereken kolektör yüzeyi yaklaşık 40 m²'dir. Sistemde 20 adet PV/T kolektörü kullanılmıştır.

Buharlaştırıcıda güneş enerjisi ile çevrime aktarılan ısı enerjisi Eş.6.32'den yola çıkılarak kolektör yüzeyi sabit 40 m² olarak alınmış ve aylara göre ısı pompası sisteminin buharlaştırıcıdan çekilen ısı (Q_L) değeri her ay için hesaplanmıştır. Çizelge 6.20'de verilmiştir.

Çizelge 6.20. Aylara göre buharlaştırıcıdan çekilen ısı değerleri

	Q_L (buharlaştırıcıdan çekilen ısı)
Ocak	13,1356 kW
Şubat	19,2863 kW
Mart	25,491 kW
Nisan	25,3915 kW
Ekim	25,0705 kW
Kasım	17,85 kW
Aralık	11,3134 kW

Tasarlanan sistemde kompresör gücü 10 kW olarak belirlenmiştir. Soğutucu akışkan olarak ise R134a gazı termodinamik ve fiziksel özelliklerinin iyi olması, çevreye dost olması sebebiyle uygun görülmüştür. Isı pompası denklemleri aşağıda verilmiştir.

Güneş enerjisi sayesinde buharlaştırıcıda çekilen ısı;

$$Q_L = m(h_1 - h_4) \quad (6.33)$$

Yoğuşturucudan su deposuna aktarılan enerji;

$$Q_H = m(h_2 - h_3) \quad (6.34)$$

Kompresör işi;

$$W = m(h_2 - h_1) \quad (6.35)$$

$$W = Q_H - Q_L \quad (6.36)$$

COP;

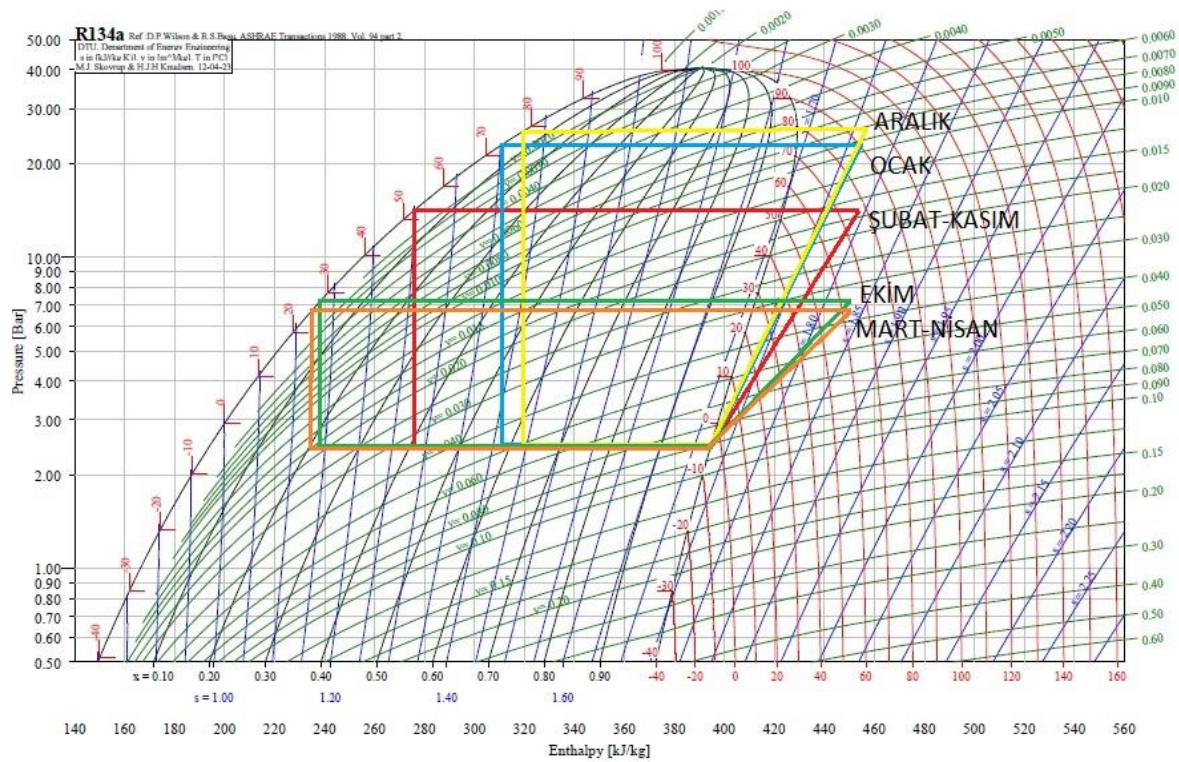
$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (6.37)$$

$$COP = \frac{Q_H}{W} \quad (6.38)$$

Su tankında suyun ilk sıcaklığı 15 °C kabul edilmiş, suyun ulaşabileceği en fazla sıcaklık;

$$T_s = \frac{Q_H}{mc_s} + T_i \quad (6.39)$$

Tasarımda ısı pompası sistemindeki soğutucu akışkanın buharlaşması için en düşük sıcaklığa sahip olan Aralık ayı esas alınarak, buharlaştırıcı sıcaklığı -4 °C olarak seçilmiştir. Ayrıca buharlaştırıcıdan çekilen ısı aylara göre dikkate alınmış sistemdeki akışkan debisini hesaplamak için Şubat ayı değerleri esas alınmış, yoğusturucu sıcaklığı 50 °C olarak seçilmiş ve diğer aylara göre kıyaslama yapılmıştır. Aylara göre R134a'nın bulunan verilerle olan P-h diyagramı Şekil 6.6'da, hesaplanan veriler Çizelge 6.21'de verilmiştir.



Şekil 6.6. Aylara göre bulunan sistemin P-h diyagramı

Çizelge 6.21. Tasarlanan sistemin verileri

Aylar	Q _L	Q _H	W	T _s	COP
Ocak	13,1356 kW	23,1356 kW	10 kW	54,85 °C	2,31
Şubat	19,2863 kW	29,2863 kW	10 kW	65,45 °C	2,92
Mart	25,491 kW	35,491 kW	10 kW	76,13 °C	3,54
Nisan	25,3915 kW	35,3915 kW	10 kW	75,96 °C	3,53
Ekim	25,0705 kW	35,0705 kW	10 kW	75,40 °C	3,50
Kasım	17,85 kW	27,85 kW	10 kW	62,97 °C	2,78
Aralık	11,3134 kW	21,3134 kW	10 kW	51,71 °C	2,13

Villada buharlaştırıcının PV/T kolektöründen beslendiği anlarda, 4 saat/gün kompresör tarafından tüketilen elektrik enerjisinin bulunmasıyla ilgili bağıntı Eş.6.35'de verilmiştir.

$$E_{comp} = Wt \quad (6.40)$$

Eş.6.40'dan hareketle kompresör tarafından tüketilen elektrik enerjisi aylık 1.200 kWh olarak bulunmuştur. Villanın alan ısıtma ve sıcak su elde edilmesi için gerekli enerji ihtiyacı ısıtma sezonunda ortalama 2.579,84 kWh olduğundan doğalgaz destekli ek ısıtıcının çalıştığı anlarda sistem ayda 1.379,84 kWh enerji tüketecektir.

Doğalgaz ile çalışan ısıtıcılarda kullanılması gereken doğalgaz miktarını veren bağıntı Eş.6.41'da verilmiştir.

$$V = \frac{E_{tüketim}}{(AID)\eta_{yanma}} \quad (6.41)$$

$E_{tüketim}$: Villada ısıtma için tüketilen enerji miktarı (kcal)

AID : Doğalgazın alt ısı değerini (kcal/m³)

η_{yanma} : Doğalgaz yanma verimi

Eskişehir ili için doğalgazın alt ısıl değeri 8250 kcal/m^3 olup ortalama yanma verimi %93'tür (ESGAZ, 2021). Hesaplama yapılırken PV/T kolektörlerin 4 saat devrede olduğu göz önüne alınarak, kolektörler devrede olmadığı zaman 24 saatlik, kolektörler devrede olduğu zaman 20 saatlik doğalgaz ihtiyacı hesaplanmıştır. Eskişehir ilinde aylık doğalgaz satış fiyatı 1.63 TL/m^3 'dür (ESGAZ, 2021). Kolektörler devrede olduğu zaman ve olmadığı zaman kullanılan doğalgaz miktarı, elde edilen kar oranı ve elde edilen kazanç Çizelge 6.22'de verilmiştir.

Çizelge 6.22. Aylara göre doğalgaz miktarı kullanımı, elde edilen kazanç

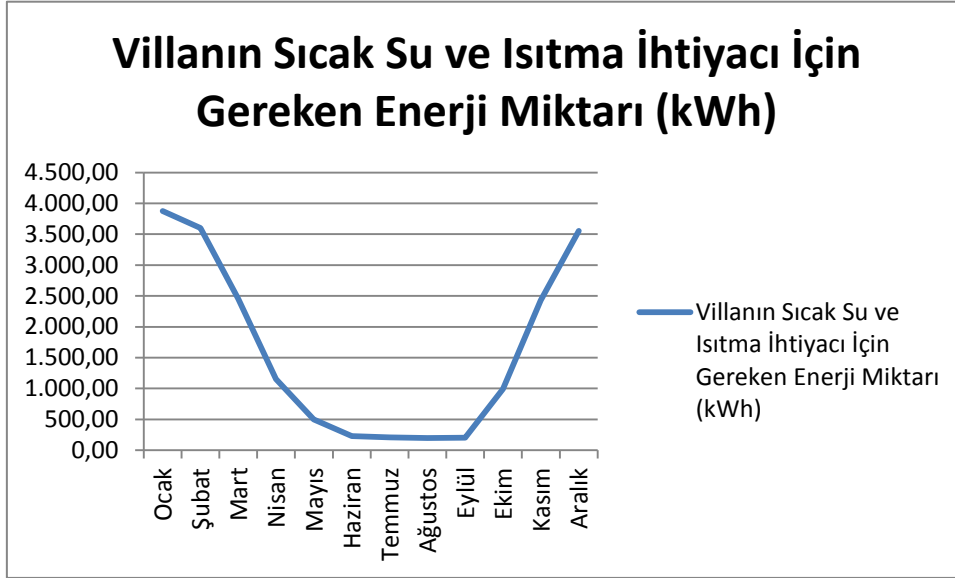
Aylar	Kolektörler devrede olmadığı zaman harcanan doğalgaz miktarı (m^3)	Kolektörler devrede olduğu zaman harcanan doğalgaz miktarı (m^3)	Elde edilen kar oranı	Elde edilen kazanç
Ocak	434,33	310,11	%28	202 TL
Şubat	403,44	270,60	%33	216 TL
Mart	275,09	149,7	%45	204 TL
Nisan	128,70	28	%93	195 TL
Ekim	110,77	13,75	%87,57	158 TL
Kasım	272,21	164,46	%39	175 TL
Aralık	397,98	289,92	%28,66	186 TL

Ayrıca senede 821 m^3 doğalgaz tasarrufu ile $1,746 \text{ ton/yıl CO}_2$ salınımının önüne geçilmiştir.

7. BULGULAR VE TARTIŞMA

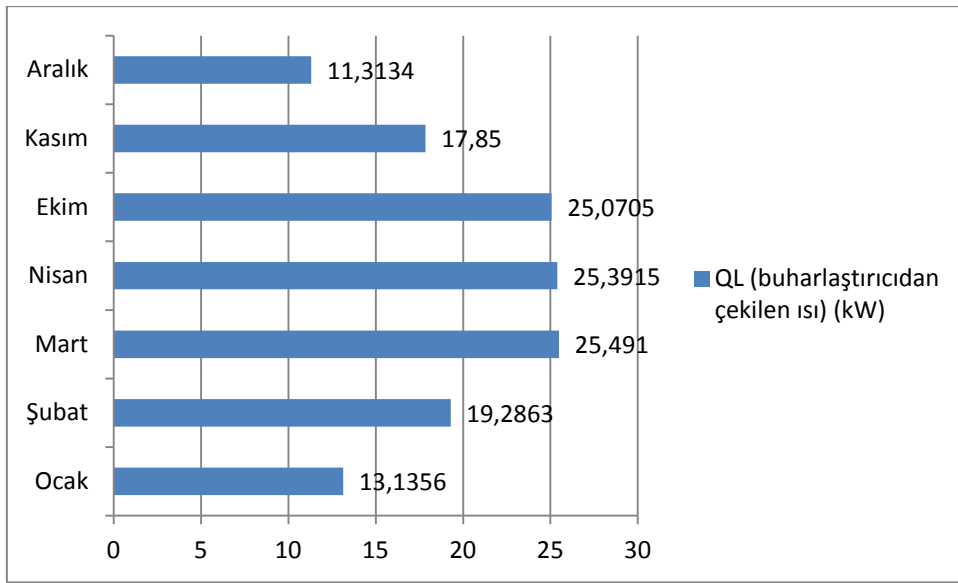
Eskişehir ilinde bulunan iki katlı bir villanın ısı kaybı, yıllık ısıtma enerji ihtiyacı ve yıllık sıcak su ihtiyacı hesaplanmıştır. Hesaplanan verilerle villanın ısıtılması ve kullanım sıcak su ihtiyacı için güneş enerjisi destekli ısı pompası kullanılarak bir tasarım gerçekleştirilmiştir.

Villanın sıcak su ve ısıtma ihtiyacı için gerekli enerji miktarı yıllık 19.395,483 kWh olarak bulunmuştur. Aylara göre villanın ısıtma ve sıcak su ihtiyacını içeren ısıl enerji talebi Şekil 7.1'de verilmiştir. Villanın ısıtma ve sıcak su ihtiyacı bulunduktan sonra en çok ısıya duyulan aylar Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Ekim, Kasım ve Aralık olduğu görülmüş ve hesaplamalarda ısıtma sezonu ayları olarak bu aylar seçilmiştir.



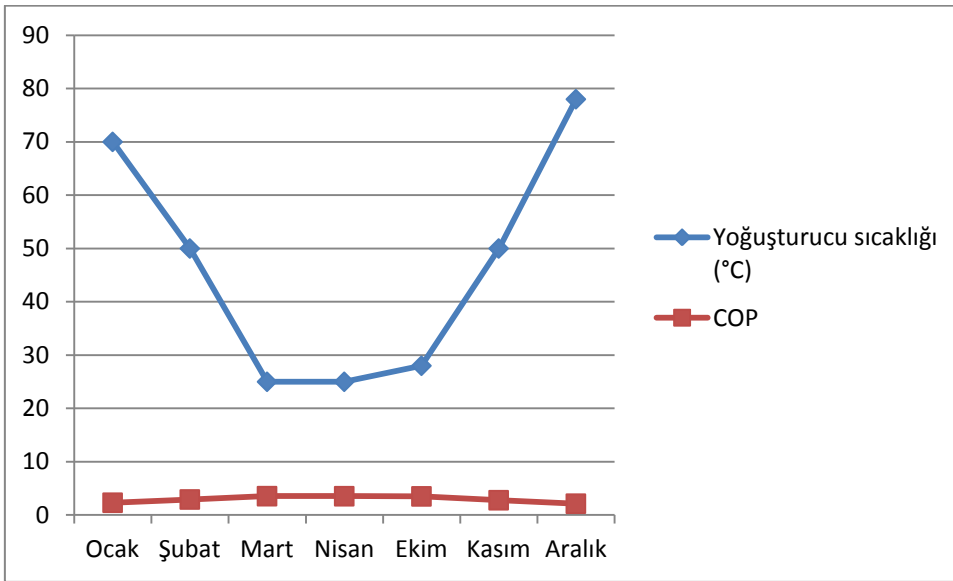
Şekil 7.1. Villanın toplam ısıl enerji talebinin aylara göre değişimi

Villanın ısı kaybı ve enerji ihtiyacı hesaplandıktan sonra bir tasarım gerçekleştirilmiştir. Aylara göre güneş ışınım şiddeti değiştiğinden dolayı, her ayın ayrı ayrı kolektörlere düşen güneş ışınım değerleri hesaplanmış, tasarlanan sistemde buharlaştırıcıdan çekilen ısı bulunmuştur. Şekil 7.2'de verilmiştir. Buradan harekete Eskişehir ili için en soğuk olan Aralık ayında buharlaştırıcıdan çekilen ısının en düşük olduğu, Ekim, Mart, Nisan aylarında ise buharlaştırıcıdan çekilen ısı en yüksektir.



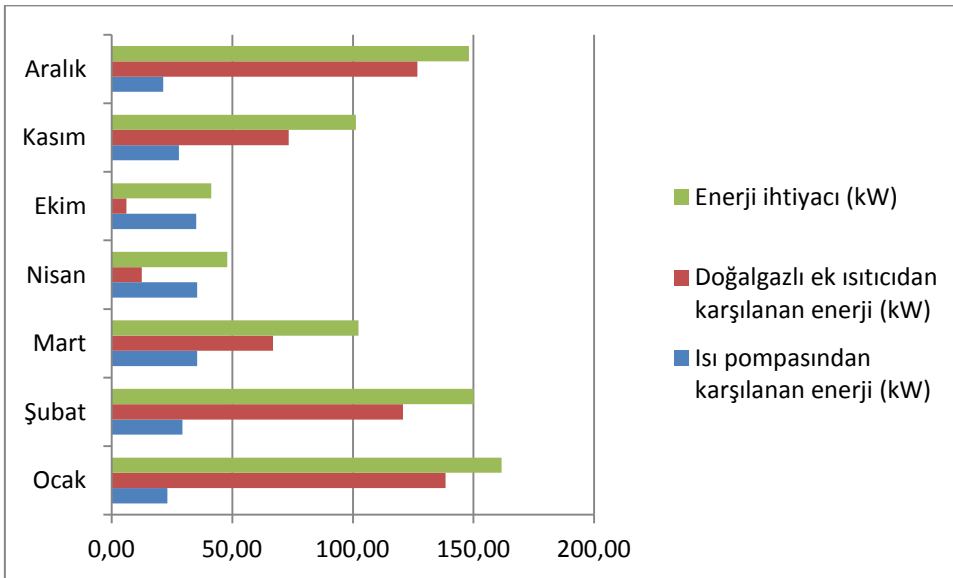
Şekil 7.2. Aylara göre buharlaştırıcıdan çekilen ısı

Hesaplanan değerler sonucunda aylara göre ısı pompasının yoğuşturucu sıcaklıkları ve COP değerleri bulunmuş Şekil 7.3'de verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı üzere, yoğuşturucu sıcaklığı düşükçe sistemin COP değeri artmakta olduğu bulunmuştur. COP değerinin en soğuk ay olan Aralık'ta en düşük olduğu, Mart ve Nisan aylarında en yüksek olduğu bulunmuştur.



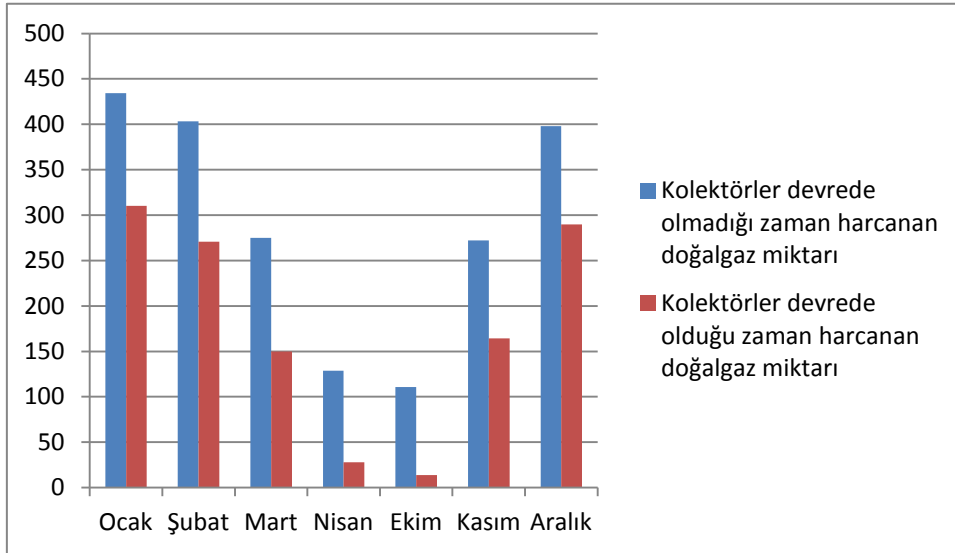
Şekil 7.3. Sistemin yoğuşturucu sıcaklığı-COP ilişkisi

Villanın enerji ihtiyacı bulunmuş, enerji ihtiyacının ısı pompası tarafından ve doğalgazlı ek ısıtıcı tarafından karşılanan enerji diyagramı Şekil 7.4'de verilmiştir.

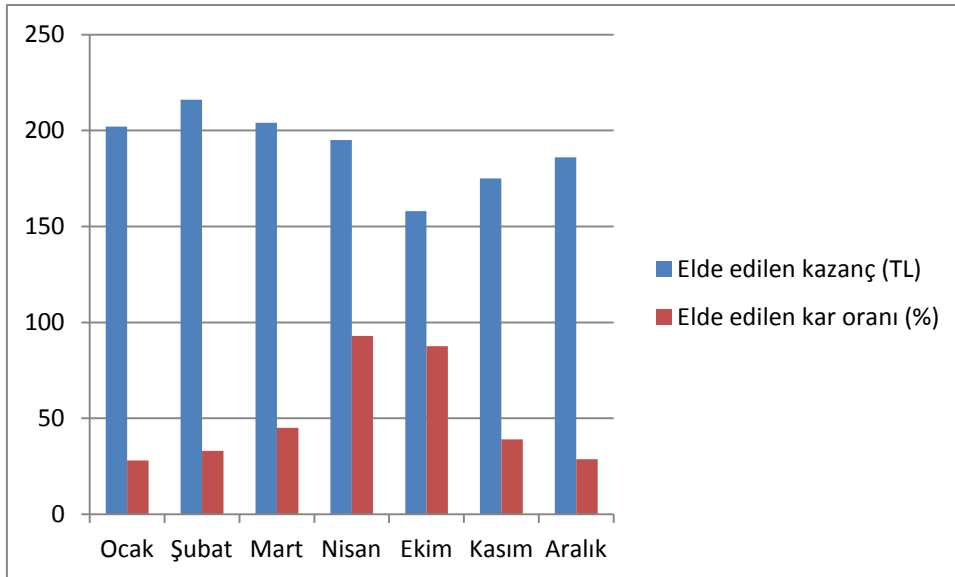


Şekil 7.4. Villada doğalgazlı ek ısıtıcı ve ısı pompası tarafından karşılanan enerji

Villanın PV/T kolektörleri devrede olduğu ve devrede olmadığı zamanki doğalgaz ihtiyacı Şekil 7.5'de verilmiştir. Buradan hareketle senede 821 m³ doğalgaz tasarrufu bulunmuştur. Villada PV/T kolektörleri sayesinde elde edilen tasarruf ve kar oranı Şekil 7.6'da verilmiştir.



Şekil 7.5. Kolektörler devrede olduğu ve olmadığı zaman harcanan doğalgaz miktarı (m³)



Şekil 7.6. Villanın ısıtma sezonu boyunca elde edilen tasarruf

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen çalışmada Eskişehir ilinde bir villanın TS 825 " Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardına uygun olarak ısı yalıtımı yapılmış, alan ısıtma ve sıcak su elde etmek için gerekli enerji ihtiyacı miktarı hesaplanmıştır. Binanın ısı kaybını hesaplayabilmek için TS 2164 "Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları" standardı kullanılarak ısı kaybı hesabı yapılmıştır. Yapılan hesaplamaların ardından PV/T kolektör kullanılarak güneş enerji destekli ısı pompası tasarımı yapılmış, gerekli sıcak su ve alan ısıtma ihtiyacının karşılanması sağlanmaya çalışılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- Tasarıma konu olan villada ısı kaybı hesaplanarak hesap cetveli oluşturulmuş, villanın toplam ısı kaybı 13.474,74 W olarak bulunmuştur.
- Villanın alan ısıtması amacıyla yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanarak tablo oluşturulmuştur. Villanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı 16.362,559 kWh olarak bulunmuştur.
- Villanın sıcak su elde etmek amacıyla gerekli enerji ihtiyacı hesaplanmış ve 3.032,924 kWh olarak bulunmuştur.
- Villanın ısıtma sezonu olarak Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Ekim, Kasım, Aralık ayları seçilmiş olup sıcak su elde etmek ve ısıtma sağlayabilmek için gereken enerji miktarı 2.579,84 kWh olarak bulunmuştur.
- Isıtma sezonu ortalamasında etkili güneşlenme süresinin 4 saat olduğu ve kış şartlarına göre 54,5° eğimli yerleştirilen PV/T panellerinin üzerine metrekare başına düşen günlük toplam radyasyon değeri (TRA) ısıtma sezonu boyunca ortalama 2815,786 kcal/m²gün olarak bulunmuştur.

- Yapılan hesaplamalar sonucunda PV/T kolektörlerinin alanı yaklaşık 40 m² bulunmuş, 20 adet PV/T kolektörü kullanılması uygun bulunmuştur.
- Güneş enerji destekli ısı pompasının buharlaştırıcı sıcaklığı -4 °C olacak şekilde aylara göre yoğuşturucu sıcaklıkları hesaplanmış, sistemin COP değerleri bulunmuştur. Bulunan veriler aylara göre R134a'nın psikrometrik diyagramında gösterilmiştir. Buradan hareketle yoğuşturucu sıcaklığı düştükçe COP değerinin arttığı bulunmuştur.
- PV/T kolektörleri sayesinde ısıtma sezonunda doğalgazdan aylık elde edilen tasarruf oranlar bulunmuş, Nisan ayında %93 ile en yüksek tasarruf edilmiştir.
- PV/T kolektörleri sayesinde ısıtma sezonunda aylara göre hesaplamalar yapılmış, yılda 1.333 TL tasarruf sağlandığı bulunmuştur.
- Tasarlanan sistem sayesinde senede 821 m³ doğalgaz tasarrufu ile 1,746 ton/yıl CO₂ salınımının önüne geçilmiştir.

Gerçekleştirilen çalışmada amaçlanan; villada enerji verimliliğinin sağlanması, yenilenebilir enerji kaynakları sayesinde tasarruf edileceğinin gösterilmesi, karbon salınımının azaltılması, ısıtma faaliyetlerinde fosil yakıtların önüne geçilmesidir.

Gerçekleştirilen çalışmada yapılan araştırmalar neticesinde yapılan öneriler aşağıda sunulmuştur.

- Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin bir ülke konumunda olup, bu kaynaklara daha fazla yönelim sağlanmalıdır.
- Binalarda ısı yalıtımı uygulamalarıyla konutlarda ısınma ve sıcak su elde etmek için fosil yakıt tüketiminin sınırlandırılması ve ısı pompaları kullanımı teşvik edilmelidir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abuşka, M., 2021, Güneş enerjisi ve uygulamaları ders notları, <https://docplayer.biz.tr/1889157-Yrd-doc-dr-mesut-abuska-gunes-enerjili-su-isitma-sistem-projelendirmesi.html>, erişim tarihi: 19.05.2021
- Anonim, 2021, Yeni Enerji Dergisi, <http://yenienerji.com/haberler/tureb-den-turkiye-ruzgar-enerjisi-istatistik-raporu>, erişim tarihi:05.04.2021
- Anonim, 2020, <http://dunya.com/sektorler/enerji/turkiye-avrupanin-hes-sampiyonu-olacak-haberi-471903>, erişim tarihi: 07.04.2021
- Anonim,2021, <http://myenerjisolar.com/dunyadaki-ve-turkiye-gunes-enerjisinin-gelisimi-fotovoltaik-fv-sistemler/>, erişim tarihi: 08.04.2021
- Anonim, 2016, <http://enerjiportali.com/gunes-kollektoru-nedir/>, erişim tarihi: 15.04.2021
- Anonim, 2021, <http://tekus.com.tr/isi-pompasinin-tarihcesi>, erişim tarihi: 25.04.2021
- Anonim, 2021, <http://www.maxen.com.tr/tr/m/isi-pompasi/isi-pompasi-nedir.html>, erişim tarihi: 26.04.2021
- Anonim, 2021, <http://alvaenerji.com/urunler.asp?id=113>, erişim tarihi: 05.05.2021
- Anonim, 2021, http://www.yazicilargrup.com/enerji/3_isi-pompasi, erişim tarihi: 08.05.2021
- Bellos, E., Tzivanidis, C., Nikolaou, N., 2019, Investigation and optimization of a solar assisted heat pump driven by nanofluid-based hybrid PV, Energy Conversion and Management, 198, 1-19.
- Bulut, H., 2017, Soğutma ve klima tekniği ders notları, <http://www.eng.harran.edu.tr/~hbulut/SKT.pdf>, s.77., erişim tarihi:30.04.2021
- Büker, D., 2017, Temel mekanik soğutma, <https://silo.tips/download/blm-2-temel-mekank-soutma>, erişim tarihi:30.04.2021

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ceylan, T., 2010, İki katlı bir binanın güneş enerjisi destekli hava kaynaklı ısı pompasıyla ısıtılması ve sıcak su eldesinin analizi, Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, s.82
- Chaturvedi, S.K., Chata, F.B.G., Almogbel A., 2004, Analysis of a direct expansion solar assisted heat pump using different refrigerants, Energy Conversion and Management, 46, 2614-2624.
- Çengel, Y. A., Boles M.A., 2008, Mühendislik yaklaşımıyla termodinamik, Güven kitabevi, s.528-529.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2021, <http://iklim.csb.gov.tr>, erişim tarihi: 02.05.2021
- Demircan, R.K., Gültekin, A.B., 2017, Binalarda Pasif ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi, Türk Bilim Araştırma Vakfı, 10-1, s.36-51.
- Demircioğlu, A., 2010, R22 ve alternatifleri R407C ile R410A soğutucu akışkanlarının ısı pompasındaki performanslarının teorik olarak incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, s.45
- Devlet Su İşleri (DSİ), 2020, Faaliyet Raporu, <http://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Konulcerik/759/1107/DosyaGaleri/DSI%202020-yili-faaliyet-raporu.pdf#page=57>, erişim tarihi: 08.04.2021
- Dikici, A., Akbulut A., 2007, Performance characteristics and energy-exergy analysis of solar-assisted heat pump system, Building and Environment, 43, 1961-1972.
- Dinçer, İ., Kanoğlu, M., 2010, Refrigeration systems and applications second edition, Wiley, p.278-279.
- Duarte, W.M., Paulino, T.F., Pabon, J.J.G.,Sawalha, S., Machado, L., 2019, Refrigerants selection for a direct expansion solar assisted heat pump for domestic hot water, Solar Energy, 184, 527-538.
- ESGAZ (Eskişehir Doğalgaz Dağıtım A.Ş.), 2021, <http://www.esgaz.com.tr/>, erişim tarihi: 25.05.2021

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020, <http://enerji.gov.tr>, erişim tarihi:22.04.2021

Genceli, F.O., Parmaksızoğlu, C., 2012, Kalorifer tesisatı, MMO, 352-7, s.78

Günerhan, G.G., 2021, Güneş Enerjisinin Aktif Sistemlerle Isıtma Amaçlı Kullanımı, http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/5cc2c8205a05d73_ek.pdf?dergi=160, erişim tarihi: 10.04.2021

IEA, 2021, <http://dunyaenerji.org.tr/2020-yenilenebilir-enerji-raporu/>, erişim tarihi:15.04.2021

İlleez, B., 2020, Türkiye'nin enerji görünümü, http://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TEG-202013_%20Biyokütle%20Enerjisi%20_Bülent%20İlleez.pdf, erişim tarihi: 05.04.2021

Jeotermal Elektrik Santral Yatırımcıları Derneği (JESDER), 2021, <http://jesder.org>, erişim tarihi: 07.04.2021

Ji, W., Cai, J., Ji, J., Huang, W., 2019, Experimental study of a direct expansion solar-assisted heat pump (DX-SAHP) with finned-tube evaporator and comparison with conventional DX-SAHP, *Energy and Buildings*, 1-30.

Jie, J., Keilang, L., Gang, P., Hanfeng, H., Aiguo, J., Jichun, Y., Tin-tai, C., 2009, Performance study of a photovoltaic solar assisted heat pump with variable-frequency compressor-A case study in Tibet, *Renewable Energy*, 34, 2680-2687.

Kara, O., Ulgen, K., Hepbasli, A., 2006, Exergetic assessment of direct-expansion solar-assisted heat pump systems: Review and modeling, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12, 1383-1401.

Kong, X., Sun, P., Li, Y., Jiang, K., Dong, S., 2018, Experimental studies of a variable capacity direct-expansion solar-assisted heat pump water heater in autumn and winter conditions, *Solar Energy*, 170, 352-357.

Koyun, T., Koyun, A., Acar, M., 2005, Soğutma sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkanlar ve bu akışkanların ozon tabakası üzerine etkileri, *Tesisat mühendisliği dergisi*, 88, s.46-53

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Kuang, Y.H., Wang, R.Z., 2005, Performance of a multi-functional direct-expansion solar assisted heat pump system, *Solar Energy*, 80, 795-803.

Ma, J., Fung, A.S., Brands, M., Juan, N., Moyeed, O.M.A., 2020, Performance analysis of indirect-expansion solar assisted heat pump using CO₂ as refrigerant for space heating in cold climate, *Solar Energy*, 208, 195-205.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2021, <https://www.mgm.gov.tr/>, erişim tarihi: 25.05.2021

Mohanraj, M., Belyayev, Ye., Jayaraj, S., Kaltayev, A., 2017, Research and developments on solar assisted compression heat pump systems- A comprehensive review (Part A: Modeling and modifications), *Renewable and sustainable energy reviews*

Özsoy, A., Galip, M., 2018, Vakum tüplü u-borulu güneş kolektörünün güneş simülatöründeki test sonuçlarının analizi, *Politeknik dergisi*, 21-1, s.229-236.

Rabelo, S.N., Paulino T.F., Machado, L., Duarte, W.M., 2019, Economic analysis and design optimization of a direct expansion solar assisted heat pump, *Solar Energy*, 188, 164-174.

Şenel, M.C., Koç, E., 2015, Dünyada ve Türkiye'de rüzgar enerjisi durumu genel değerlendirme, *Mühendis ve Makina Dergisi*, 56-663, s.50.

Taşkın, O., Korucu, T., 2014, Kahramanmaraş ili Güneş enerjisi potansiyeli ve kullanım olanakları, *KSÜ Doğa Bilim Dergisi*, 17-4.

TS 2164, 1983, Kalorifer tesisatı projelendirme kuralları, <http://blog.aku.edu.tr/ceyhunyilmaz/files/2019/02/B%C3%B6l%C3%BCm-4.pdf>, erişim tarihi: 09.05.2021

TS 825, 2008, Binalarda ısı yalıtım kuralları, http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/cf3e258fbdf3eb7_ek.pdf, erişim tarihi: 09.05.2021

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Xi, C., Lin, L., Hongxing, Y., 2011, Long term operation of a solar-assisted ground coupled heat pump system for space heating and domestic hot water, *Energy and Buildings*, 43, 1835-1844.

Yang, W., Zhu, J., Shi, M., Chen, Z., 2011, Numerical simulation of the performance of a solar-assisted heat pump heating system, doi: 10.1016/j.proenv.2011.12.121 (in press).

EK AÇIKLAMA-C

ZEMİN KAT ISI KAYBI HESAP CETVELİ															
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	İşletme Zammı	Kat Zammı	Yön Zammı	Toplam Isı Kaybı
		cm	m	m	m ²		m ²	m ²			watt				Watt
Z01 SALON 20															
DD1	B	20	7,35	3	22,1	1	9,5	13	0,266	32	107	7	0	0	114,3
DK1	B	25	0,3	3	0,9	3	0	2,7	0,429	32	37,1	7	0	0	39,66
DK1	B	25	7,35	0,5	3,68	2	0	7,4	0,429	32	101	7	0	0	107,96
ÇP	B	5	1,9	2,5	4,75	2	0	9,5	2,1	32	638	7	0	0	683,09
DD1	B	20	3,1	3	9,3	1	4,8	4,6	0,266	32	38,7	7	0	0	41,441
DK1	B	25	0,3	3	0,9	2	0	1,8	0,429	32	24,7	7	0	0	26,44
DK1	B	25	3,1	0,5	1,55	2	0	3,1	0,429	32	42,6	7	0	0	45,536
ÇP	B	5	1,9	2,5	4,75	1	0	4,8	2,1	32	319	7	0	0	341,54
DD1	G	20	5	3,5	17,5	1	7,8	9,8	0,266	32	83	7	0	-5	84,652
DK1	G	25	0,5	3,5	1,75	2	0	3,5	0,429	32	48	7	0	-5	49,009
DK1	G	25	5	0,5	2,5	2	0	5	0,429	32	68,6	7	0	-5	70,013
ÇP	G	5	3,1	2,5	7,75	1	0	7,8	2,1	32	521	7	0	-5	531,22
DD1	D	20	7,35	3	22,1	1	0	22	0,266	32	188	7	0	0	200,83
DK1	D	25	0,3	3	0,9	3	0	2,7	0,429	32	37,1	7	0	0	39,66
DK1	D	25	7,35	0,5	3,68	2	0	7,4	0,429	32	101	7	0	0	107,96
DD1	D	20	3,1	3	9,3	1	0	9,3	0,266	32	79,2	7	0	0	84,703
DK1	D	25	0,3	3	0,9	2	0	1,8	0,429	32	24,7	7	0	0	26,44
DK1	D	25	3,1	0,5	1,55	2	0	3,1	0,429	32	42,6	7	0	0	45,536
Top.	-	12	-	-	60	1	0	60	0,317	20	380	7	0	0	407,03
Tav.	-	12	-	-	43,8	1	0	44	0,269	32	377	7	0	0	403,24
Qs= w A a R H T Ze												Toplam Q 0		3450,3	
Qs= 3,5 22 2,4 0,7 0,48 32 1,2												Enfiltrasyon		2384,4	
												TOPLAM Q		5834,6	
Z02 MUTFAK 20															
DD1	B	20	3,25	3	9,75	1	3	6,7	0,266	32	57,1	7	0	0	61,114
DK1	B	25	0,3	3	0,9	2	0	1,8	0,429	32	24,7	7	0	0	26,44
DK1	B	25	3,25	0,5	1,63	2	0	3,3	0,429	32	44,6	7	0	0	47,739
ÇP	B	5	1,9	1,6	3,04	1	0	3	2,1	32	204	7	0	0	218,59
DD1	K	20	1,1	3	3,3	1	1,4	1,9	0,266	32	15,8	7	0	5	17,732
DK1	K	25	0,5	3	1,5	1	0	1,5	0,429	32	20,6	7	0	5	23,063
DK1	K	25	1,1	0,5	0,55	2	0	1,1	0,429	32	15,1	7	0	5	16,913
ÇP	K	5	0,9	1,6	1,44	1	0	1,4	2,1	32	96,8	7	0	5	108,38
DD1	D	20	3,2	3	9,6	1	0,8	8,8	0,266	32	74,6	7	0	0	79,785
DK1	D	25	0,3	3	0,9	2	0	1,8	0,429	32	24,7	7	0	0	26,44
DK1	D	25	3,2	0,5	1,6	2	0	3,2	0,429	32	43,9	7	0	0	47,005
ÇP	D	5	0,6	1,4	0,84	1	0	0,8	2,1	32	56,4	7	0	0	60,399
Top.	-	12	-	-	21,3	1	0	21	0,317	20	135	7	0	0	144,49
Qs= w A a R H T Ze												Toplam Q 0		878,09	
Qs= 3,5 5,3 2,4 0,7 0,48 32 1,2												Enfiltrasyon		576,58	
												TOPLAM Q		1454,7	
Z03 GİRİŞ HOLÜ 18															
DD1	K	20	3,4	3	10,2	1	4,8	5,5	0,266	28	40,6	7	0	5	45,463
DK1	K	25	0,5	3	1,5	2	0	3	0,429	28	36	7	0	5	40,36

EK AÇIKLAMA-C (devam)

ZEMİN KAT ISI KAYBI HESAP CETVELİ															
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	İşletme Zammı	Kat Zammı	Yön Zammı	Toplam Isı Kaybı
		cm	m	m	m ²		m ²	m ²			watt				Watt
DK1	K	25	3,4	0,5	1,7	2	0	3,4	0,429	28	40,8	7	0	5	45,742
ÇP	K	5	1,9	2,5	4,75	1	0	4,8	5	28	665	7	0	5	744,8
DD1	B	20	2,35	3	7,05	1	0,9	6,1	0,266	28	45,7	7	0	0	48,932
DK1	B	25	0,3	3	0,9	2	0	1,8	0,429	28	21,6	7	0	0	23,135
DK1	B	25	2,35	0,5	1,18	2	0	2,4	0,429	28	28,2	7	0	0	30,204
ÇP	B	5	1,3	0,7	0,91	1	0	0,9	2,1	28	53,5	7	0	0	57,254
İD	D	10	3,1	3	9,3	1	0	9,3	0,537	6	30	7	0	0	32,062
İK	D	5	0,9	2,1	1,89	1	0	1,9	4	6	45,4	7	0	0	48,535
Top.	-	12	-	-	14	1	0	14	0,317	16	71	7	0	0	75,979
Qs= w A a R H T Ze											Toplam Q 0		1192,5		
Qs= 3,5 5,7 2,4 0,7 0,48 32 1,2											Enfiltrasyon		613,43		
											TOPLAM Q		1805,9		

EK AÇIKLAMA-D

1. KAT ISI KAYBI HESAP CETVELİ															
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	İşletme Zammı	Kat Zammı	Yön Zammı	Toplam Isı Kaybı
101 ODA 20															
DD1	B	20	3,1	3	9,3	1	4,8	4,6	0,266	32	38,7	7	0	0	41,441
DK1	B	25	0,3	3	0,9	2	0	1,8	0,429	32	24,7	7	0	0	26,44
DK1	B	25	3,1	0,5	1,55	2	0	3,1	0,429	32	42,6	7	0	0	45,536
ÇP	B	5	1,9	2,5	4,75	1	0	4,8	2,1	32	319	7	0	0	341,54
DD1	D	20	3,1	3	9,3	1	0,9	8,4	0,266	32	71,5	7	0	0	76,506
DK1	D	25	0,3	3	0,9	2	0	1,8	0,429	32	24,7	7	0	0	26,44
DK1	D	25	3,1	0,5	1,55	2	0	3,1	0,429	32	42,6	7	0	0	45,536
ÇP	D	5	0,6	1,5	0,9	1	0	0,9	2,1	32	60,5	7	0	0	64,714
DD1	G	20	5	3	15	1	0	15	0,266	32	128	7	0	-5	130,23
DK1	G	25	0,5	3	1,5	2	0	3	0,429	32	41,2	7	0	-5	42,008
DK1	G	25	5	0,5	2,5	2	0	5	0,429	32	68,6	7	0	-5	70,013
Tav.	-	12	-	-	20	1	0	20	0,269	23	124	7	0	0	132,4
Qs= w A a R H T Ze													Toplam Q 0		1042,8
Qs= 3,5 5,7 2,4 0,7 0,48 32 1,2													Enfiltrasyon		612,35
													TOPLAM Q		1655,2
102 ODA 20															
DD1	B	20	3,25	3	9,75	1	4,8	5	0,266	32	42,6	7	0	0	45,539
DK1	B	25	0,3	3	0,9	2	0	1,8	0,429	32	24,7	7	0	0	26,44
DK1	B	25	3,25	0,5	1,63	2	0	3,3	0,429	32	44,6	7	0	0	47,739
ÇP	B	5	1,9	2,5	4,75	1	0	4,8	2,1	32	319	7	0	0	341,54
DD1	K	20	1,1	3	3,3	1	1,4	1,9	0,266	32	15,8	7	0	5	17,732
DK1	K	25	0,5	3	1,5	1	0	1,5	0,429	32	20,6	7	0	5	23,063
DK1	K	25	1,1	0,5	0,55	2	0	1,1	0,429	32	15,1	7	0	5	16,913
ÇP	K	5	0,9	1,6	1,44	1	0	1,4	2,1	32	96,8	7	0	5	108,38
Tav.	-	12	-	-	14	1	0	14	0,269	23	86,6	7	0	0	92,681
Qs= w A a R H T Ze													Toplam Q 0		720,03
Qs= 3,5 6,2 2,4 0,7 0,48 32 1,2													Enfiltrasyon		670,87
													TOPLAM Q		1390,9
103 ANTRE 20															
DD1	K	20	1,3	3	3,9	1	0	3,9	0,266	32	33,2	7	0	5	37,18
DK1	K	25	0,5	3	1,5	1	0	1,5	0,429	32	20,6	7	0	5	23,063
DK1	K	25	1,3	0,5	0,65	2	0	1,3	0,429	32	17,8	7	0	5	19,988
DD1	D	20	3,2	3	9,6	1	0,9	8,7	0,266	32	74,1	7	0	0	79,238
DK1	D	25	0,3	3	0,9	2	0	1,8	0,429	32	24,7	7	0	0	26,44
DK1	D	25	3,2	0,5	1,6	2	0	3,2	0,429	32	43,9	7	0	0	47,005
ÇP	D	5	1,5	0,6	0,9	1	0	0,9	2,1	32	60,5	7	0	0	64,714
İD	D	10	3	3	9	1	0	9	0,537	10	48,3	7	0	0	51,713
İK	D	5	0,9	2,1	1,89	1	0	1,9	4	10	75,6	7	0	0	80,892
Tav.	-	12	-	-	11	1	0	11	0,269	23	68,1	7	0	0	72,821
Qs= w A a R H T Ze													Toplam Q 0		503,05
Qs= 3,5 1,9 2,4 0,7 0,48 10 1,2													Enfiltrasyon		64,012
													TOPLAM Q		567,07
104 BANYO 24															
DD1	K	20	2,2	3	6,6	1	0	6,6	0,266	36	63,2	7	0	5	70,786
DK1	K	25	0,5	3	1,5	1	0	1,5	0,429	36	23,2	7	0	5	25,946
DK1	K	25	2,2	0,5	1,1	2	0	2,2	0,429	36	34	7	0	5	38,054

EK AÇIKLAMA-D (devam)

1. KAT ISI KAYBI HESAP CETVELİ																	
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Adet	Çıkarılan	Hesaba Giren	K	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	İşletme Zammı	Kat Zammı	Yön Zammı	Toplam Isı Kaybı		
		cm	m	m	m ²		m ²	m ²			watt				Watt		
DD1	B	20	2,35	3	7,05	1	1,7	5,4	0,266	36	51,3	7	0	0	54,92		
DK1	B	25	0,3	3	0,9	2	0	1,8	0,429	36	27,8	7	0	0	29,745		
DK1	B	25	2,35	0,5	1,18	2	0	2,4	0,429	36	36,3	7	0	0	38,834		
ÇP	B	5	1,3	1,3	1,69	1	0	1,7	2,1	36	128	7	0	0	136,71		
Tav.	-	12	-	-	7,95	1	0	8	0,269	23	49,2	7	0	0	52,63		
Döş	-	12	-	-	7,95	1	0	8	0,371	4	11,8	7	0	0	12,624		
Qs=	w	A	a	R	H	T	Ze									Toplam Q 0	460,25
Qs=	3,7	1,7	2,8	0,9	0,48	36	1									Enfiltrasyon	306,13
	3,7	1,9	2,8	0,9	0,48	4	1									TOPLAM Q	766,37

EK AÇIKLAMA-E

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Değeri W/mK	Isı İletkenlik Direnci R (m2K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m2K)	Isı Kaybeden Yüzey A (m2)	Isı Kaybı A * U (W/K)
DIŞ DUVAR: AÇIK HAVA				0,266	147,21	39,158
	İç yüzeyin yüzeyel ısı iletkenlik direnci	0	0	0,13		
4.4	Sadece alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	0,015	0,51	0,029		
7.3.2.1	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m3'ün altında olan harç kullanılarak veya özel yapıştırıcısıyla yerleştirilmiş (blok uzunluğunun en az 500 mm olması şartıyla) gaz beton bloklarla yapılan du	0,25	0,11	2,273		
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,03	1	0,03		
10.5.2	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü, taş yünü vb.) TS 901 EN 13162 10) 'ye uygun (8-500)	0,05	0,04	1,25		
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,003	1	0,003		
	Dış yüzeyin yüzeyel ısı iletkenlik direnci	0	0	0,04		
KOLON - KİRİŞ: AÇIK HAVA				0,48	68,75	33
	İç yüzeyin yüzeyel ısı iletkenlik direnci	0	0	0,13		
4.4	Sadece alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	0,015	0,51	0,029		
5.1.1	Donatılı	0,25	2,5	0,1		
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,03	1	0,03		
10.5.2	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü, taş yünü vb.) TS 901 EN 13162 10) 'ye uygun (8-500)	0,07	0,04	1,75		
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,003	1	0,003		
	Dış yüzeyin yüzeyel ısı iletkenlik direnci	0	0	0,04		
TOPRAK TEMASLI TABAN				0,317	101,01	16,01
	İç yüzeyin yüzeyel ısı iletkenlik direnci	0	0	0,17		
1.1.	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (mozaik vb.)	0,005	2,3	0,002		
4.6	Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036		
9.2.2.1.4	Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran	0,004	0,19	0,021		
10.3.2.1.2	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164'e uygun	0,1	0,035	2,857		
5.1.1	Donatılı	0,12	2,5	0,048		
9.2.2.1.4	Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran	0,004	0,19	0,021		
	Dış yüzeyin yüzeyel ısı iletkenlik direnci	0	0	0		
ÇATILI TAVAN				0,269	67,34	14,492
	İç yüzeyin yüzeyel ısı iletkenlik direnci	0	0	0,13		
4.4	Sadece alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	0,015	0,51	0,029		
5.1.1	Donatılı	0,12	2,5	0,048		
10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü, taş yünü vb.) TS 901 EN 13162 10) 'ye uygun (8-500)	0,12	0,035	3,429		

EK AÇIKLAMA-E (devam)

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Değeri W/mK	Isı İletkenlik Direnci R (m2K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m2K)	Isı Kaybeden Yüzey A (m2)	Isı Kaybı A * U (W/K)
Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0	0	0,08			
ÇATI: Isı Yalıtımlı Levhalar				Malzeme Toplamları >>>	0,278	37
İç yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0	0	0,13			
11.2.4 Alüminyum	0,002	204	0			
10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü, taş yünü vb.) TS 901 EN 13162 10) 'ye uygun (8-500)	0,12	0,035	3,429			
11.2.4 Alüminyum	0,002	204	0			
Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0	0	0,04			
PENCERE DIŞ				Malzeme Toplamları >>>	2,1	52,42
				Malzeme Toplamları >>>	5,5	3,6
Yapı elemanlarının iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı (HT) =						242,828
$\Sigma AU = U_D A_D + U_p A_p + 0,8 U_T A_T + 0,5 U_i A_i + U_s A_s + \dots$ $\Sigma AU = 242,828 \text{ W/K}$ <p>Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$</p> <p>İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı; HT Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h$ $H = H_T + H_v = 242,828 + 115,581 = 358,409 \text{ W/K}$</p>						

EK AÇIKLAMA-F

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları					
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi İhtiyacı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
Ocak	358,409	19,3	6.917,29	875,616	1130	2.006	0,29	0,97	12.886.050,24
Şubat		18,9	6.773,93		1464	2.340	0,35	0,94	11.856.663,36
Mart		14,9	5.340,29		1886	2.762	0,52	0,85	7.756.793,28
Nisan		8,9	3.189,84		2179	3.055	0,96	0,65	3.121.001,28
Mayıs		4,6	1.648,68		2662	3.538	2,15	0,37	880.295,04
Haziran		0,5	179,20		2830	3.706	20,68	0,05	0,00
Temmuz		Fie Yüksek	0,00		2743	3.619	0,00	0,00	0,00
Ağustos		Fie Yüksek	0,00		2501	3.377	0,00	0,00	0,00
Eylül		1,8	645,14		1982	2.858	4,43	0,20	0,00
Ekim		7,4	2.652,23		1503	2.379	0,90	0,67	2.743.113,60
Kasım		13,4	4.802,68		1080	1.956	0,41	0,91	7.834.890,24
Aralık		17,7	6.343,84		979	1.855	0,29	0,97	11.779.318,08
Qyıl (kj) =								58.858.125,120	

$$Q_{ay} = [H (\theta_i - \theta_e) - \eta (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t \text{ (J)} \quad (1k J = 0,278 \times 10^{-3} \text{ kWh})$$

$$\text{Toplam ısı kaybı } Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \cdot 58.858.125,120 \text{ (kj)} = 16362,559 \text{ kWh}$$

$$\text{Konutlar için iç ısı kazancı } \phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$$

$$\text{Güneş enerjisi kazancı } \phi_{g,ay} = \sum \Gamma_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$$

$$\text{Kazanç kayıp oranı } KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$$

$$A_{\text{toplam}} = 477,33 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{brüt}} = 547,26 \text{ m}^3$$

$$A_n = 0,32 \cdot V_{\text{brüt}} = 175,123$$

$$\text{Kazanç kullanım faktörü } \eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$$

Yıllık birim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı:

$$Q = 29,899 \text{ kWh/m}^3$$

Atop / Vbrüt oranına ve derece gün bölgesine göre olması gereken en büyük ısı kaybı bulunur.

$$Q' (\text{TSE}) = 32,977$$

29,8991 < 32,9770 olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının olması gereken en büyük değer in altında olduğu görülmektedir. O halde bu proje bu standardda verilen hesap metoduna göre uygundur!

EK AÇIKLAMA-G

ZEMİNDEN ISITMA ELEMANLARI HESAP CETVELİ														
Mahale Ait Bilgiler					Zemine Ait Bilgiler									
No	Adı	Sıcaklık	Hacim	Hesap Edilen Isı Kaybı	Döşeme Alanı	İhtiyaç Olan Isı Akısı	Boru içi ortalama su sıcaklığı	Döşeme Yüzey Sıcaklığı	Alınan Maksimum Isı Akısı	Zone Sayısı	Modülasyon	Toplam Boru Boyu	Zone Başı Boru Boyu	Zone Başı Isı Gücü
		°C	m ³	Watt	m ²	W/m ²	°C	°C	W/m ²	Adet	cm	m	m	W
ZEMİN KAT														
Z01	Salon	20		5835	57,00	102,36	50,00	31,00	115,00	2	30,0	190	95	3278
Z02	Mutfak	20		1455	16,38	88,81	50,00	33,00	105,00	1	35,0	47	47	1720
Z03	Giriş Holü	18		1806	9,57	188,70	50,00	33,00	200,00	1	20,0	48	48	1914
1. KAT														
101	Oda	20		1655	18,86	87,76	50,00	31,00	115,00	1	30,0	63	63	2169
102	Oda	20		1391	12,90	107,82	50,00	31,00	115,00	1	30,0	43	43	1484
103	Antre	20		567	9,21	61,57	50,00	28,00	95,00	1	40,0	23	23	875
104	Banyo	24		766	6,12	125,22	50,00	32,00	135,00	1	30,0	20	20	826