



**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI KULLANILAN
BİR YEŞİL EV ANALİZİNİN UYGULANMASI**

Uğur BAYAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2016

Uğur BAYAR tarafından hazırlanan “YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI KULLANILAN BİR YEŞİL EV ANALİZİNİN UYGULANMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. İbrahim ATILGAN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Haşmet TÜRKOĞLU

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. Cemil YAMALI

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 19/01/2016

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Metin GÜRÜ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Uğur BAYAR

19.01.2016

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI KULLANILAN
BİR YEŞİL EV ANALİZİNİN UYGULANMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Uğur BAYAR

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2016

ÖZET

Günümüzde, enerji ihtiyacının çok büyük bir kısmı fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Fosil yakıtların sınırlı olması insanları farklı enerji üretim metotları aramaya yönlendirmiştir. Bu doğrultuda çevreye zarar vermeyen ve tamamen doğal olan yenilenebilir enerjinin kullanımı her geçen gün artmaktadır. Tüketilen fosil yakıtların yaklaşık %40'ının binalarda kullanıldığı düşünüldüğünde yenilenebilir enerji kaynaklarından evlerde de yararlanılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılarak tasarlanan yeşil evlerde %50-70 oranlarında enerji tasarrufu yaşandığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada; yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılarak Ankara şartlarında bir konutun enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla yapılan tasarım incelenmiştir. Konutun, yeşil bina özelliklerini taşıyabilmesi için gereken ısı yalıtımının yapılmasına, düşük enerji sınıfında yer alan elektrikli ev aletlerinin kullanımına, geri dönüşümü olan ve çevreye zarar vermeyen malzemelerden faydalanılmasına dikkat edilmiştir. Elektrik enerjisi için fotovoltaik güneş panelleri, ısıtma-soğutma ve sıcak su eldesi için toprak kaynaklı ısı pompası ve güneş kolektörleri, kullanım suyu için ise yağmur suyu depolama sistemleri kullanılmıştır. Sağlanan enerji tasarrufunun ortaya çıkardığı maliyet belirlenmiş, yeşil evde kullanılan sistemlerin geri ödeme süreleri hesaplanmış ve bu sürelerin makul olup olmadığı incelenerek sistemler ekonomik yönden analiz edilmiştir. Yapılan analiz neticesinde, yeşil evin tasarımının doğru olduğu ve yeşil ev kurulumunun uygulanabilir olduğu izah edilmiştir.

Bilim Kodu : 914.1.038

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, yeşil ev, çevreci bina, enerji tasarrufu

Sayfa Adedi : 179

Danışman : Yrd. Doç. Dr. İbrahim ATILGAN

IMPLEMENTATION OF A GREEN HOUSE ANALYSIS
USED RENEWABLE ENERGY SOURCES

(M. Sc. Thesis)

Uğur BAYAR

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2016

ABSTRACT

Today, the vast majority of energy needs are provided by fossil fuels. People have been led to seek different methods of energy production because of limited fossil fuels. In this context, use of renewable energy, which it does not harm the environment and all natural, is increasing day by day. When considering that approximately %40 of the consumption of fossil fuels has been using in buildings, it has emerged benefiting requirements from renewable energy sources in homes. Green houses that designed by utilizing renewable energy sources have been observed energy saving at about %50-70 rate. In this article, a design work which aimed to fulfill residential energy demand with benefiting from renewable energy sources in Ankara conditions was investigated. In order to have the green building features of this residential house; making the necessary heat insulation, using of electrical appliances in the low-energy class, utilization of materials that recycling and do not harm the environment have been paid attention. Fotovoltaic solar panels were used for electric power, ground source heat pumps and solar collectors were used for heating-cooling and hot water supply, rain water storage system was used for water. It was determined the cost of providing energy saving, estimated payback period of systems in green house and the systems were analysed economical perspective by examining whether this period is reasonable or not. The analysis concluded that the green home design has been right and it has been described as feasible of green house construction.

Science Code : 914.1.038

Key Words : Renewable energy, green house, environmental building, energy saving

Page Number : 179

Supervisor : Assist. Prof. Dr. İbrahim ATILGAN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca önemli yardım ve katkılarıyla bana yol gösteren, bilgi ve önerileriyle bana destek olan danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. İbrahim ATILGAN'a teşekkür ederim.

Bana her durumda destek olan anneme ve babama teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışma sürecinde yanımda olan tüm arkadaşlarıma ise teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI	3
3. YEŞİL EV UYGULAMASINDAKİ SİSTEMLER.....	13
3.1. Güneş Enerjisi Sistemleri.....	13
3.1.1. Güneş enerjisi ile su ısıtma sistemleri	14
3.1.2. Güneş enerjisinden yararlanılarak konut ısıtılması.....	15
3.1.3. Güneş enerjisinden elektrik elde etmek için kullanılan sistemler.....	19
3.2. Isı Pompası Sistemleri.....	22
3.2.1. Isı pompasının mantığı ve çalışma prensibi	22
3.2.2. Isı pompası ile soğutma	24
3.2.3. Toprak kaynaklı ısı pompası (TKIP)	26
3.3. Yağmur Suyu Depolama Sistemleri.....	29
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	33
4.1. Materyal	33
4.2. Yöntem.....	34

Sayfa

5. PROJELENDİRME	37
5.1. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi	37
5.2. Güneş Enerjisi ile Sıcak Su Eldesi	43
5.3. Isı Kaybı Hesabı	45
5.4. Isı Kazancı Hesabı.....	57
5.4.1. Camlardan gelen ısı kazancı.....	57
5.4.2. Dış duvar ve çatıdan gelen ısı kazancı.....	58
5.4.3. İç bölmeler, tavan ve döşemeden gelen ısı kazancı	59
5.4.4. İnsanlardan gelen ısı kazancı.....	59
5.4.5. Aydınlatmadan gelen ısı kazancı	60
5.4.6. Cihazlardan gelen ısı kazancı.....	60
5.4.7. Binanın ısı kazancı hesabı	60
5.5. Isı Pompası Seçimi ve Hesabı	66
5.5.1. Isı pompası tasarım bilgileri.....	69
5.6. Yerden Isıtma ve Soğutma Sistemi	84
5.7. Sıcak Su Kullanım Miktarı ve Boyler Hesabı	86
5.8. Güneş Kolektörü Sayısının Belirlenmesi	88
5.9. Yağmur Suyu Depolama	93
6. ENERJİ VE MALİYET ANALİZİ.....	95
6.1. Kurulum Maliyetleri.....	95
6.1.1. Güneş enerjisinden elektrik eldesi sistemi kurulum maliyeti.....	95
6.1.2. Güneş enerjisinden sıcak su eldesi sistemi kurulum maliyeti	97
6.1.3. Toprak kaynaklı ısı pompası sistemi ve yerden ısıtma soğutma sistemi kurulum maliyeti	97

	Sayfa
6.1.4. Yağmur suyu depolama sistemi kurulum maliyeti	98
6.1.5. Toplam kurulum maliyeti	98
6.2. İşletme Maliyeti	99
6.2.1. Elektrik işletme maliyeti.....	99
6.2.2. Isıtma – soğutma ve sıcak su eldesi işletme maliyeti	101
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	105
KAYNAKLAR	109
EKLER.....	113
EK-1. Yeşil evin mimari projesi	114
EK-2. Isı kaybı hesabında kullanılan tablolar (TS 825)	122
EK-3. Pencere, iç ve dış kapıların ısı geçiş katsayıları tabloları (TS 2164)	129
EK-4. Yeşil evin yapı bileşenleri, yapı bileşenlerinin kalınlıkları ve ısı iletim katsayıları	130
EK-5. Hava sızıntısı ısı kaybı hesabı tablosu.....	137
EK-6. Isı kaybı hesabı tabloları	138
EK-7. Ankara ili için dış hava proje şartları	149
EK-8. İklimlendirme iç proje şartları.....	150
EK-9. Isı kazancı için dış ve iç sıcaklıklar.....	151
EK-10. Camdan geçen toplam güneş radyasyonu	152
EK-11. Camdan geçen güneş ısı kazancı için gölgeleme faktörü.....	155
EK-12. Güneşe maruz ve gölgedeki koyu renkli duvarlara ait ısı kazancının hesaplanması için eşdeğer sıcaklık farkları tablosu	156
EK-13. Güneşe maruz ve gölgedeki koyu renkli çatılara ait ısı kazancının hesaplanması için eşdeğer sıcaklık farkları tablosu	158
EK-14. Isı kazancı hesabında iç ve dış sıcaklık farkları için düzenleme tablosu	159

	Sayfa
EK-15. İnsanlardan gelen ısı kazançları tablosu.....	160
EK-16. Davlumbazsız elektrikli cihazların verdiği ısı miktarları tablosu	161
EK-17. Isı kazancı hesabı tabloları	162
EK-18. Vitocal 300, su/su iki kademeli WW 216 ısı pompasına ait teknik veriler tablosu.....	173
EK-19. Isı pompasına ait boru hatları için basınç kayıpları tablosu	174
EK-20. OVplan yerden ısıtma-soğutma sistemi	176
EK-21. SOLARTEK UK-90-AL-206 Ultra Model güneş kolektörü teknik verileri	178
ÖZGEÇMİŞ	179

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Eser Yeşil Binası teknik verileri	3
Çizelge 2.2. 21 Haziran 2008 - Ocak 2009 arası Diyarbakır Güneş Evi farklı zaman aralıkları için elektrik enerjisi tüketim değerleri.....	5
Çizelge 2.3. Florida Sıfır Enerji Evi ve standart evin özellikleri	6
Çizelge 2.4. Nevada Sıfır Enerji Evi ile standart evin özellikleri	7
Çizelge 2.5. Harbeman Evi ile konveksiyonel evin karşılaştırılması	10
Çizelge 3.1. Isı pompalarının karşılaştırma tablosu	27
Çizelge 5.1. Kullanılan PV panelin teknik özellikleri	37
Çizelge 5.2. Evin temel cihazlarının bir saatte sarf ettikleri enerji miktarı	38
Çizelge 5.3. Batarya sıcaklık katsayısı verileri	40
Çizelge 5.4. Kullanımı tasarlanan invertörlerin teknik özellikleri.....	41
Çizelge 5.5. Şarj regülatörünün teknik özellikleri	42
Çizelge 5.6. TS 2164 mahal iç sıcaklıkları	46
Çizelge 5.7. Hesaplanmış yüzeysel ısı iletim (taşınım) direnç değerleri.....	47
Çizelge 5.8. Birleştirilmiş artırım katsayısı (Z_D) tablosu.....	48
Çizelge 5.9. Yön artırım katsayısı (Z_H) tablosu	49
Çizelge 5.10. Yüksek katlar ve yüksek kat artırımı (Z_W) tablosu.....	49
Çizelge 5.11. Birim aralık sızdırganlık değeri tablosu	50
Çizelge 5.12. (R) oda özelliği değerler tablosu.....	51
Çizelge 5.13. (H) yapı ısı özelliği değerler tablosu	52
Çizelge 5.14. Mutfığa ait ısı kaybı hesabı tablosu	56
Çizelge 5.15. Bina mahallerine ait toplam ısı kaybı verileri.....	57

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.16. İklimlendirme iç proje şartları	61
Çizelge 5.17. Mahal pencerelerinde pik yük hesabına ilişkin tablo	62
Çizelge 5.18. Isı kazancı hesabı tablosu	64
Çizelge 5.19. Mahallerde oluşan toplam ısı kazancı verileri	66
Çizelge 5.20. Isı pompası katalog değerleri	73
Çizelge 5.21. Toprak direnci tablosu	74
Çizelge 5.22. Topraktan çekilen spesifik ısı kapasiteleri	77
Çizelge 5.23. PE borulara ait veriler tablosu	77
Çizelge 5.24. Pratik sınır değer	79
Çizelge 5.25. Isıtma tipi katsayısı	81
Çizelge 5.26. Suyun genleşme katsayısı	82
Çizelge 5.27. Kullanma katsayısı (K)	83
Çizelge 5.28. Çeşitli kullanım yerleri için sıcak su ihtiyaç değerleri (lt/h)	87
Çizelge 5.29. Sıcak su kullanım tablosu	87
Çizelge 5.30. Enlem, mevsim, güneş zenit açısı ve kolektör açısına göre yüzey dönüşüm faktörü	89
Çizelge 5.31. Ankara için yüzey dönüşüm faktörü	89
Çizelge 5.32. Yatay düzleme gelen güneş ışınımı değerleri	90
Çizelge 5.33. Bazı iller için şebeke suyu sıcaklık değerleri (°C)	92
Çizelge 6.1. Elektrik ortalama birim fiyatları (vergiler dahil olmak üzere)	99
Çizelge 6.2. Klimaya ait teknik veriler	101
Çizelge 6.3. Kombiye ait teknik veriler	101
Çizelge 6.4. Isı pompası ve güneş kolektörü sisteminin maliyet analizi	102
Çizelge 6.5. Kombi sisteminin maliyet analizi	103

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.6. Klima sisteminin maliyet analizi	103

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Florida Sıfır Enerji Evi'nin enerji tasarruf oranları.....	6
Şekil 2.2. Nevada Sıfır Enerji Evi ve standart evin yıllık elektrik enerjisi tüketimi.....	8
Şekil 2.3. Nevada Sıfır Enerji Evi ve standart evin toplam enerji kullanımı.....	8
Şekil 3.1. Doğal dolaşımli güneş enerjili sıcak su sisteminin genel şeması	14
Şekil 3.2. Düzlemsel güneş kolektörünün yapısı	17
Şekil 3.3. Fotovoltaik sistemlerin oluşumu.....	20
Şekil 3.4. Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemlere ait kullanım şeması ve çalışma prensibi.....	21
Şekil 3.5. Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemlere ait kullanım şeması ve çalışma prensibi.....	22
Şekil 3.6. Isı pompası ile enerji dönüşümü şeması	23
Şekil 3.7. Isı pompasının çalışma prensibinin şematik gösterimi	24
Şekil 3.8. İki yönlü bir ısı pompasının ısıtma modundaki fonksiyon diyagramı.....	25
Şekil 3.9. İki yönlü bir ısı pompasının soğutma modundaki fonksiyon diyagramı.....	26
Şekil 3.10. Bivalent ısı pompası – güneş enerjisi destekli toprak kaynaklı ısı pompası	29
Şekil 3.11. Ev tüketiminde kullanılan su dağılımı	29
Şekil 3.12. Yağmur suyu kullanım şeması.....	30
Şekil 5.1. Kullanılan alüminyum seçici yüzeyli kolektörü oluşturan sistem parçaları ...	44
Şekil 5.2. Yıllık toprak altı sıcaklık değişimleri	67
Şekil 5.3. Yatay tip toprak kaynaklı ısı pompası şeması	69
Şekil 5.4. Toprak kaynaklı ısı pompası kapasitesi	72
Şekil 5.5. Toprak kaynaklı ısı pompası kapasite katsayısı (COP)	72

Şekil	Sayfa
Şekil 5.6. Yerden ısıtma soğutma sisteminin görünüşü	85
Şekil 5.7. Klasik sistem ile yerden ısıtma soğutma sistemi	85
Şekil 5.8. Yıllık yağış miktarı ve yatay depolama alanına karşılık toplanan ürün (yağmur suyu) miktarı.....	94
Şekil 6.1. Elektrik enerjisi sisteminin geri ödeme süresi grafiği	100
Şekil 6.2. Isıtma – soğutma ve sıcak su eldesi sisteminin geri ödeme süresi grafiği.....	104

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
a	Birim aralık sızdırganlığı
A	Amper
A	Toplam alan
A_d	Dış pencere yüzey alanı
A_i	İç pencere yüzey alanı
A_R/A	Pencerenin radyasyon geçirme oranı
°C	Santigrat derece
c_{su}	Suyun özgül ısısı
cm²	Santimetrekare
CO₂	Karbondioksit
COP_H	Isı pompasının ısıtma için performans katsayısı
COP_C	Isı pompasının soğutma için performans katsayısı
COP_H/COP_C	Kapasite katsayısı
D_i	Boru iç çapı
D_o	Boru dış çapı
d_n	Yapı bileşeninin kalınlığı
F_C	Soğutma çalışma faktörü
F_H	Isıtma çalışma faktörü
F_k	Gerekli toplayıcı yüzey alanı
ft	Feet
ft²	Feetkare
G	Pratik sınır değer
GJ	Gigajoule
h	Saat
h	Entalpi
H	Yapının ısı özelliği

Simgeler**Açıklamalar**

Hz	Hertz
K	Kelvin
K	Kullanma faktörü
K	Isı transfer katsayısı
kcal	Kilokalori
kg	Kilogram
KT (T_{kuru})	Kuru termometre sıcaklığı
kW	Kilowatt
k_p	Borunun ısı iletim katsayısı
l	Sızıntı aralık çevre uzunluğu
lt	Litre
L_C	Soğutma için gereken ısı değiştiricisi uzunluğu
L_H	Isıtma için gereken ısı değiştiricisi uzunluğu
m	Metre
m	Günlük sıcak su ihtiyacı
m²	Metrekare
m³	Metreküp
MJ	Megajoule
mm	Milimetre
m_{max}	Maksimum soğutucu akışkan miktarı
mSS	Metre su sütunu
m_{ss}	Konutun sıcak su ihtiyacı
n	Kişi sayısı
n_{boru/boyler}	Boru-boyler verimi
n_{kolektör}	Kolektör verimi
n_{toplam}	Toplam verim
Pa	Pascal
P_e	Maksimum çalışma basıncı
P_{si}	Emniyet ventili tahliye basıncı
P_{st}	Azot ön basıncı
P_{WP}	Elektrik güç sarfiyatı

Simgeler**Açıklamalar**

q_o	Zamsız ısı kaybı
q_G	Düzeltilme ve gölgeleme faktörü
q_h	Toplam ısı kaybı
q_i	Artırılmış ısı kaybı
q_s	Hava sızıntısı ısı kaybı
\dot{Q}_E	Toprakta çekilen spesifik ısı kapasitesi
Q_{1K}	Camlardan gelen ısı kazancı
Q_2	Dış duvar ve çatıdan gelen ısı kazancı
Q_3	İç bölmeler, tavan ve döşemeden gelen ısı kazancı
Q_4	İnsanlardan gelen toplam ısı kazancı
Q_{4d}	İnsanlardan gelen duyulur ısı kazancı
Q_{4g}	İnsanlardan gelen gizli ısı kazancı
$Q_{4d \text{ insan}}$	Kişi başına duyulur ısı kazancı
$Q_{4g \text{ insan}}$	Kişi başına gizli ısı kazancı
\dot{Q}_K	Isı pompasının soğutma gücü
\dot{Q}_{WP}	Isı pompasının ısıtma gücü
$Q_{t_{eğik}}$	Eğik düzleme gelen güneş ışınım değeri
$Q_{t_{faydalı}}$	Faydalı güneş ışınım değeri
$Q_{t_{gerekli}}$	Isıtma suyu ihtiyacı için gerekli toplam enerji
$Q_{t_{yatay}}$	Yatay düzleme gelen güneş ışınım değeri
R	Oda özelliği
R	Yüzey dönüşüm faktörü
R_p	Boru ısı direnci
R_s	Toprak ısı direnci
T	Ortalama yıllık hava sıcaklığı
T_{boyler}	Boyer suyu sıcaklığı
T_d	Dış sıcaklık
T_d	Minimum toprak sıcaklığı
$T_{EWT,max}$	Cihaza giren maksimum tasarım su – antifriz sıcaklığı
$T_{EWT,min}$	Cihaza giren minimum tasarım su – antifriz sıcaklığı

Simgeler**Açıklamalar**

T_i	İç sıcaklık
T_K	Komşu hacmin sıcaklığı
T_m	Toprak sıcaklığı
$T_{\text{şebeke}}$	Şebeke suyu sıcaklığı
$T_{\text{yaş}}$	Yaş termometre sıcaklığı
T_y	Maksimum toprak sıcaklığı
U	Yapı bileşeninin toplam ısı geçiş katsayısı
V	Volt
V_A	Sistemin toplam hacmi (antifriz)
V_{boyler}	Boylar hacmi
V_G	Genleşen suyun hacmi
V_{min}	Minimum oda hacmi
V_N	Genleşme tankı anma hacmi
V_R	Gerekli ısı taşıyıcı akışkan miktarı
V_S	Sistemin toplam su hacmi
V_V	Emniyet akışkanı (Tyfocor) hacmi
V_Z	Sistem ısıtıldığında artan hacim
w	Isıtma sisteminin tipine göre belirlenen katsayı
W	Watt
Z	Toplam artırım katsayısı
Z_A	Soğuk dış yüzey ısı kaybı artırımı
Z_D	Birleştirilmiş artırım katsayısı
Z_e	Köşe artırım katsayısı
Z_H	Yön artırım katsayısı
Z_W	Kat yüksekliği artırım katsayısı
Z_U	Kesintili ısıtma rejimi artırımı
$1/\alpha_d$	Dış yüzey ısı taşınım direnci
$1/\alpha_i$	İç yüzey ısı taşınım direnci
β	Genleşme katsayısı
Δp	Basınç kaybı
ΔT	Sıcaklık farkı

$\Delta T_{eş}$	Eşdeğer sıcaklık farkı
λ_n	Isı iletim katsayısı
μm	Mikrometre
ϕ	Özgül nem
\$	ABD Doları

Kısaltmalar

Açıklamalar

AC	Alternatif akım
B	Batı
ÇA	Çatı
ÇP	Çift pencere
D	Doğu
DC	Doğru akım
DD	Dış duvar
DK	Dış kapı
Dö	Döşeme
EPA	Amerikan Çevre Koruma Acentesi
FSEC	Florida Enerji Merkezi
G	Güney
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
HD	Yüksek çözünürlük
İD	İç duvar
İK	İç kapı
K	Kuzey
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
LCD	Sıvı kristal ekran
LED	Işık yayan diyot
PC	Kişisel bilgisayar
PE	Yüksek yoğunluklu poliüretan boru
PV	Fotovoltaik
PVC	Polivinil klorür

Kısaltmalar**Açıklamalar****PWM**

Sinyal genişlik modülasyonu

Ta

Tavan

TC

Türkiye Cumhuriyeti

TKIP

Toprak kaynaklı ısı pompası

TL

Türk Lirası

TMMOB

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği

TS

Türk Standardı

USD

Amerikan Doları

1. GİRİŞ

Günümüzde, enerji ihtiyacının çok büyük bir kısmı fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Enerji ihtiyacının her geçen gün artması fosil yakıtların ömrünü de aynı hızla kısaltmaktadır. Enerji üretiminde fosil yakıtlara bağımlılıktan kurtulmak, içinde bulunduğumuz yüzyıl içinde bir zorunluluğa dönüşmüştür. Bu sebeple, son yıllarda enerji alanında yapılan çalışmalar vasıtasıyla alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme olmuştur. Dünya’da tüketilen fosil yakıtların %35-40’ının binalarda kullanıldığı düşünüldüğünde binalarda kullanılan enerjinin azaltılması enerji tasarrufu ve enerji verimliliği açısından çok önemlidir. Bu doğrultuda binalarda yenilenebilir enerji kullanımının artırılması ve mümkün olduğunca bu kaynaklara yönlendirilmesi, yeşil ev uygulamaları üzerine çalışılmasını gerekli kılmıştır [1].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının gündelik yaşama daha fazla entegre edilmesi büyük önem taşımaktadır. Enerjide dışa bağımlılığı azaltmayı hedefleyen Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynaklara yönelmesi kaçınılmazdır. Üstelik ülkemiz bu kaynaklar açısından da oldukça zengin bir konumdadır. Bu kaynakların kullanılması ile evler için atıl durumda olan güneş, rüzgâr, jeotermal gibi doğal enerjilerden faydalanılarak hem yakıt tasarrufu edilecek hem de çevre daha az kirlenecektir.

Evlerde ısınma, aydınlatma, sulama gibi temel ihtiyaçların karşılanmasında kullanılacak uygulamalar ile her türlü yalıtım ve enerji tasarrufu uygulamalarının evin ilk yatırım maliyetini %5-10 arasında artırdığı gözlemlenmiştir. Ancak yeşil binaların enerji tasarrufunda %50-70’e varan sistemleri göz önüne alındığında önemli kazanımlar elde edildiği görülmektedir [1].

Genel olarak yeşil ev tasarım esasları; inşaat aşamasında ekolojik malzemelerin kullanılmasına özen gösterilmesi, alan ısıtma ve soğutması ve su ısıtma yüklerinin minimize edilerek enerji yüklerinin düşürülmesi, ısıtma ve soğutma sisteminin en yüksek verimde olması, evin enerji ihtiyacına uygun ideal fotovoltaik panel seçimi, sıcak su temini için güneş enerjili sıcak su sisteminin kurulumu, yağmur sularının depolanabileceği bir oluk sistemi ile temiz su eldesi, yüksek enerji verimine sahip elektrikli ev aletleri ve aydınlatma sistemlerinin kullanılması ile bu aletlerin ve aydınlatma sistemlerinin

kullanılmadıkları sürelerde kapatılması olarak sıralanabilir. Sadece enerji sistemlerinin dönüşümünü içermeyen bu esaslar aynı zamanda mimari projelerin ve kullanılan malzemelerin önemini de göstermektedir. Sarf edilen enerjinin minimize edilmesi için belirtilen tedbirler ile yeşil ev tasarımının ve kullanımının ne kadar detaylı bir çalışma gerektirdiği görülmektedir. Bu uygulamalar vasıtasıyla yeşil evlerin enerji verimliliği maksimum düzeye çıkarılmaktadır [1-3].

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın yayınladığı verilerde; Türkiye'de enerjinin %27'sinin konut ve hizmetler, %26'sının ise enerji ve çevrim ile %25'inin sanayi sektörlerinde kullanıldığı tespit edilmiştir. Türkiye'de konutlarda kullanılan enerjinin %33 doğalgaz, %26 elektrik, %11 taş kömürü, % 8,6 odun, %7,4 linyit, %3,2 petrol ve %1,6 güneş tarafından karşılandığı gözlemlenmiştir. Bu durum, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımında ülke olarak ne kadar geride olduğumuzun da bir göstergesidir [4].

Enerjiye olan talebin her geçen gün artması ile enerjide dışa bağımlılığın ve buna bağlı olarak cari açığın büyümesinin önlenmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması, fosil yakıtların çevreye verdiği zararların azaltılması ve enerji tasarrufu bilincinin yerleşmesi amacıyla yasal düzenleme yapılması gerekliliğinin ortaya çıktığı görülmüştür. Bu sebeple 2.5.2007 tarih ve 26510 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Enerji Verimliliği Kanunu" ile Türkiye'de; enerjinin daha etkin kullanılması, çevrenin korunması, enerji maliyetlerinin azaltılması, israfın azaltılarak enerjinin verimli kullanılmasının artırılması hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda ise 5.12.2008 tarih ve 27075 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" ile bazı istisnalar dışında her binanın "enerji kimlik belgesi"ne sahip olması zorunluluğu getirilmiştir. 1.1.2011 tarihi itibarıyla Türkiye'de yeni yapılan binaların yapı kullanım izni alabilmesi için enerji kimlik belgesinin çıkartılması gerekmektedir. Bu durum sonucunda, binalardaki enerji kayıpları azaltılabilecek ve Türkiye'de yenilenebilir enerji kullanımı ile yeşil bina teknolojisi teşvik edilecektir [5].

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile evlerin ihtiyacı olan enerjinin temini amaçlanmıştır. Evin tasarımı, yeşil bina kriterlerine uygun olarak gerçekleştirilmiş ve enerji verimliliği ile ilgili hususlara dikkat edilmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar ile yeşil ev ve standart evler arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Yapılan literatür araştırması sonucunda Türkiye’de ve Dünya’da inşa edilen ve kullanılan bazı yeşil binalar incelenmiş olup bu çalışma açısından değerlendirilmiştir.

Ankara’da yeşil bina modeli ile tasarlanan ve inşa edilen Eser Yeşil Binası toplam 7500 m² kapalı alana sahiptir. Binanın çatısında 120 mm, dış cepheye açık duvarların tamamında ise 80 mm yalıtım yapılarak ısı kaybının en az seviyede olması amaçlanmıştır. Kullanılan bütün camlarda üç cam (triple-glazed) ve yarı yansıtıcı özellik tercih edilmiştir. Binanın ısıtılması ve soğutulması için seçilmiş olan sistem “Su Soğutmalı VRV Sistemi”dir. Bu sistemde kullanılan gaz ise çevresel özelliklere en çok uyum gösteren R410 gazıdır. Islak hacimlerde ise döşemeden ısıtma sistemi tercih edilmiştir. Çizelge 2.1’de Eser Yeşil Binası’nda kullanılan sistemlere ait veriler mevcuttur.

Çizelge 2.1. Eser Yeşil Binası teknik verileri [6]

ELEKTRİK	6,126 kW kapasiteli güneş pilleri
	1 kW kapasiteli rüzgar türbini
SICAK SU ELDESİ	4 adet güneş kolektörü
ISITMA - SOĞUTMA	60 kW güce sahip ısı pompası
	90 kW güce sahip kojenerasyon ünitesi
	20 lt kapasiteli ısıtma ve soğutma su tankları
	1 adet buz tankı
SU	Yağmur suyu depolama
	Damla sulama sistemi
	Çift düğme sistemli klozetler, susuz pisuvarlar

Binada kullanılan tüm motorlar yüksek enerji verimli olarak tercih edilmiştir. Kullanılan pompa ve fanlar ise frekans kontrollü olmaları nedeniyle daha az enerji tüketmektedir. Binada kullanılan elektrik tüketim elemanlarının ise düşük enerji sınıfından olmasına dikkat edilmiştir. Bu amaçla aydınlatmada dali balastlı barisoller ve armatürler kullanılmıştır. Binada kullanılan sular, kullanım ardından arıtmakta ve her su içerdiği kirliliğe göre arıtma tesislerinden geçirilmektedir. Bu işlem sonrasında yapılan ikinci bir tesisat yardımıyla arıtılmış su tuvaletlere gönderilmekte olup böylece binadaki su tüketimi yarı yarıya azaltılmaktadır. Binada lavabolarda, duşlarda ve tuvaletlerde kullanılan bütün armatürler; muadillerine oranla yarı yarıya daha az su tüketmektedirler [6].

21 Haziran 2008 tarihinde kurulmuş olan Diyarbakır Güneş Evi ile ilgili teknik özellikler ve yapılan çalışmalar incelenmiştir. Toprak altında mevcut olan sabit bir sıcaklık vardır. Bina çevresinde yapılan ölçümlerde bu sıcaklığın yıl boyunca 12 - 17 °C aralığında olması nedeniyle bu enerjiden faydalanılmıştır. Eve eklenen sera, güneş duvarları vasıtasıyla kışın ısıtılmaktadır. Güneş duvarlarında altta ve üstte, iç mekana açılan hava menfezleri bulunmaktadır. Alttaki menfezden güneş duvarına giren serin hava, güneşin etkisi ile ısınmaktadır ve hafiflediği için yükselerek üstteki menfezden tekrar eve dönmekte ve iç mekanın süratle ısınmasını sağlamaktadır. Üstteki iç menfez kapanıp dışa bakan açılırsa bu defa, yine ısınıp yükselen yani baca etkisi ile sürüklenen hava, kuzey cephesindeki açıklıklardan, yani pencere ve menfezlerden ya da yer altı kanallarından gelecek olan serin havayı içeri çekmektedir. Böylece soğutma da yapılmaktadır. Evde bulunan venturi bacası ve rüzgar kepçesi yardımıyla ağız daraltılmış düzeneden geçen rüzgarın hızı artar. Düşey yöndeki kanal ile iç mekana temiz ve serin hava olarak girmesi sağlanırken yarattığı vakumun etkisi ile iç mekanda ısınıp yükselen pis hava dışarı atılması sağlanmaktadır. Evin tamamında çeşitli izolasyon yöntemleri ile gerekli yalıtım temin edilmiştir. Dış cephede yer alan doğramalarda çift cam kullanılmıştır. Evde ısınma sistemine yardımcı olmak maksadıyla akıllı şömine yerleştirilmiştir. Bu sayede çok az bir yakıtla, ortalama 10 °C altına düşmeyeceği hesaplanan iç hava gerçekleşen sıcaklık artışı nedeniyle 25°C ulaşmaktadır. Yörenin enlemine eşit olarak 40 derece eğimli olan güney çatısında ve yine güneye bakan 17 derece eğimli mutfak çatısında; her biri 162 Watt'lık, toplam 3,88 kW kurulu güce ulaşan 24 adet PV güneş paneli bulunmaktadır. Bu düzener, invertör, regülatör ve depolama amaçlı 16 adet 12 Volt 100 Amper özel aküler aracılığı ile elektrik ihtiyacını karşılamaktadır. Çatılardan alınıp su deposuna yönlendirilen yağmur suyu, yer altında saklanmaktadır. Evsel atık arıtmasından elde edilen su da karbon filtreden geçirilmesinin ardından depolanmaktadır. Elde edilen bu sular, bahçe sulamasında ve temizlik suyu olarak rezervuarlarda kullanılmaktadır. Güneş evinde kullanılan tüm iklimlendirme elemanlarının merkezi koordinasyon ile çalışmalarını sağlamak üzere bir otomasyon sistemi mevcuttur. Bu sistem ile ölçüm, değerlendirme ve kontrol tek noktadan sağlanabilmektedir [7].

Aykal ve diğerleri; yapmış oldukları çalışmada Diyarbakır Güneş Evi'nin enerji tasarrufu potansiyelini araştırmışlardır. Çizelge 2.2'de Diyarbakır Güneş Evi'ne ait farklı zaman aralıkları için elektrik enerjisi tüketim miktarları gösterilmiştir [8].

Çizelge 2.2. 21 Haziran 2008-Ocak 2009 arası Diyarbakır Güneş Evi farklı zaman aralıkları için elektrik enerjisi tüketim değerleri [8]

T1 (05:00 - 17:00)	T2 (17:00 - 22:00)	T3 (22:00 - 05:00)	TOPLAM
984 kWh	579 kWh	691 kWh	2255 kWh

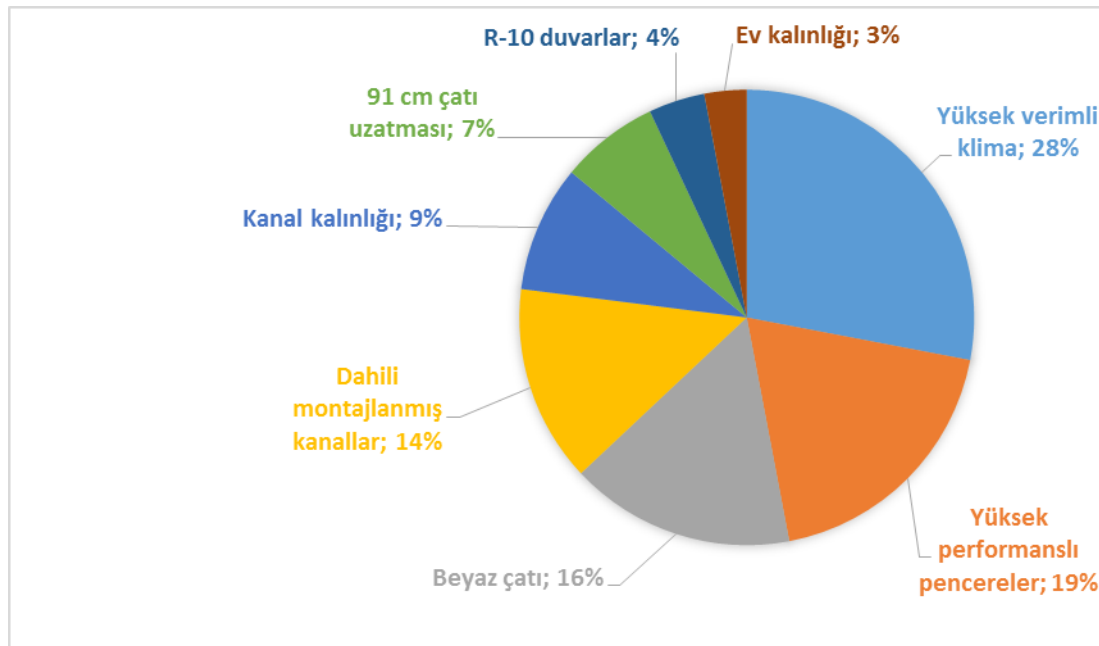
Diyarbakır Güneş Evi'nin elektrik üretme kapasitesi daha büyük olmasına rağmen depolama alanının kısıtlı olması sebebiyle bu miktar sınırlanmıştır. Bunun yanında evin iklimlendirmesi için gerekli olan tüm enerjiyi doğal yollardan elde edildiği düşünüldüğünde iklimlendirme için gerekli enerjiden de tasarruf edildiği görülmektedir. Diyarbakır için eşit büyüklükte bir yapının hesaplanan ısıtma ve soğutma enerji tüketim değerleri için yıllık ısıtma enerji ihtiyacı 2142 kWh, yıllık soğutma enerji ihtiyacı ise 2071 kWh olarak tespit edilmiştir. Bu yaklaşımla güneş evinden yılda ortalama 8078 kWh enerji tasarruf edilmektedir [8].

2011 yılında Mazlum ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada yeşil evlerin tasarım esasları ile bu alanda yapılan örnek uygulamalar aşağıda gösterilmiştir [3].

Florida Sıfır Enerji Evi: Lakeland Belediyesi ve Florida Energy Center (FSEC) tarafından enerji verimliliğinin etkisini gözlemlemek açısından aynı plan ve yerleşim düzenine sahip 225 metrekarelik iki farklı ev inşa edilmiştir. Birinci ev, yerel ev yapım koşullarına göre, ikincisi ise enerji verimli ev koşullarına göre tasarlanmıştır. Bu evlere ait tasarım özellikleri Çizelge 2.3'te yer almıştır. Şekil 2.1'de ise Florida Sıfır Enerji Evi'ne ait sistemlerin sağladığı enerji tasarruf oranlarına verilmiştir.

Çizelge 2.3. Florida Sıfır Enerji Evi ve standart evin özellikleri [3]

ÖZELLİK	ENERJİ-VERİMLİ EV	STANDART EV
Dış Duvarlar	Yalıtımlı konsantre blok sistemi (R-10)	İç tarafının üzeri yalıtımlı konsantre blok duvarlar (R-4)
Çatı	Yansıtıcı beyaz kiremit, R-30 artıklı fiberglas kaplamalı, 91 cm saçaklı	Gri/kahverengi asfalt sacı çatı, R-30 artıklı fiberglas kaplamalı, 45 cm saçaklı
Pencere	Solar kontrollü, çift camlı	Alüminyum çerçeveli, tek camlı
Klima	Küçük boy SEER-15, değiştirilebilir hızlı, iki ton hava kapasiteli	SEER-10 ısı pompası, standart verimli, 4 ton hava kapasiteli
Kanallar	Büyük boy, dahili monte edilmiş	R-6, tavan arasına yerleştirilmiş
Buzdolabı	Yüksek enerji sınıfı	Standart enerji sınıfı
Aydınlatma	Kompakt florasan lambalar	Standart lambalar
Diğerleri	Programlanabilir termostat, 4 kW PV sistemi, 2 kW güneş enerji su ısıtma sistemi	-----



Şekil 2.1. Florida Sıfır Enerji Evi'nin enerji tasarruf oranları [3]

Şekil 2.1'de Florida Sıfır Enerji Evi'nde gerçekleştirilen enerji tasarruflarına ait oranlar yer almaktadır. Evler bir yıl boyunca incelenmiş olup standart evin 22600 kWh, sıfır enerji evinin ise 6960 kWh elektrik enerjisi tükettiği görülmüştür. Bu durum, sıfır enerji evinin %70 enerji tasarrufu sağladığının bir göstergesidir. Ayrıca, kurulan 4 kW'lık PV sistemi

ile 5180 kWh elektrik enerjisinin üretimi sağlanmıştır. Üretilen bu enerji, sıfır enerji evinin yıllık enerji ihtiyacının %92'sine karşılık gelmektedir.

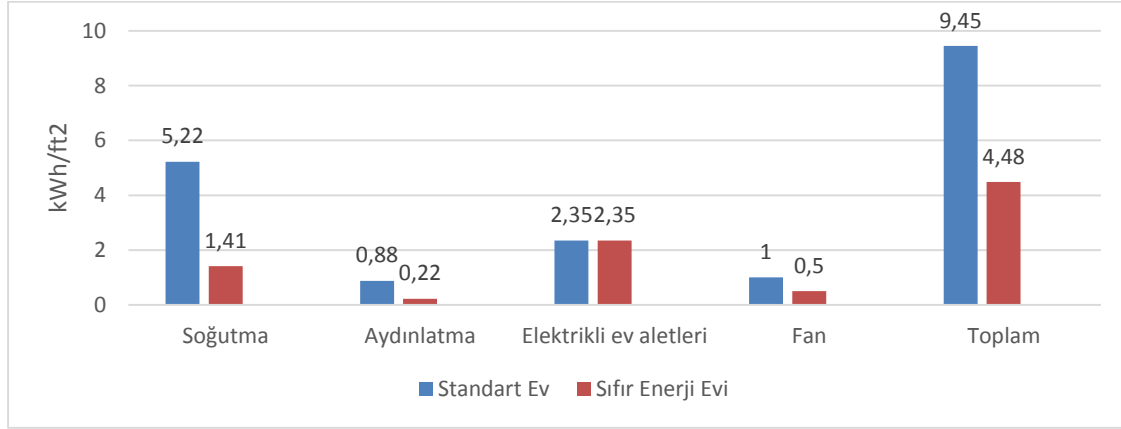
Nevada Sıfır Enerji Evi: Yerel inşaat uygulamalarına örnek teşkil etmek amacıyla kurulan Nevada Sıfır Enerji Evi, bir klasik aile evi olarak tasarlanmıştır. 150 metrekarelik yapı, kuzey cephele olup iki arabalık garaja sahiptir. Çizelge 2.4'te Nevada Sıfır Enerji Evi ile standart evde kullanılan malzemelerin karşılaştırmalı tablosu verilmiştir.

Çizelge 2.4. Nevada Sıfır Enerji Evi ile standart evin özellikleri [3]

ÖZELLİK	ENERJİ-VERİMLİ EV	STANDART EV
Dış duvarlar	R-36 T mass köpük, 3/8'' giydirmе sıva (dış cephe), 0,5'' alçı kaplama ve boya (iç cephe)	2x4 ağaç çerçeve (boşluklar R-13 fiberglass dolgulu), 1'' polyester köpük (dış cephe), 0,5'' alçı kaplama ve boya (iç cephe)
Çatı/tavan arası	Tavan arası R-50 selüloz fişkırtma, 0,5'' kremit kaplı (dış cephe), 0,5'' alçı kaplama (iç cephe)	Tavan arası R-30 selüloz fişkırtma, 0,5'' kremit kaplı (dış cephe), 0,5'' alçı kaplama (iç cephe)
Pencere	Vinil çerçeve, Çift Low-e cam, U=0,26; SGHC=0,65; VT=0,75	Alüminyum ısı korumasız, Çift açık cam, U=0,49; SGHC=0,77; VT=0,81
Isıtma/soğutma	%92 verimli gazlı kombi, EER=16 klima	%78 verimli gazlı kombi, Direkt yoğuşmalı kompresör
Aydınlatma	Floraslan lambalar	Normal lambalar
PV	4,8 kW	-----
Tabla	4'' kalınlığında tam izolasyonlu beton tabla	4'' kalınlığında izolasyonsuz beton tabla
Diğer	Deposuz güneş enerjili sıcak su ısıtıcısı	-----

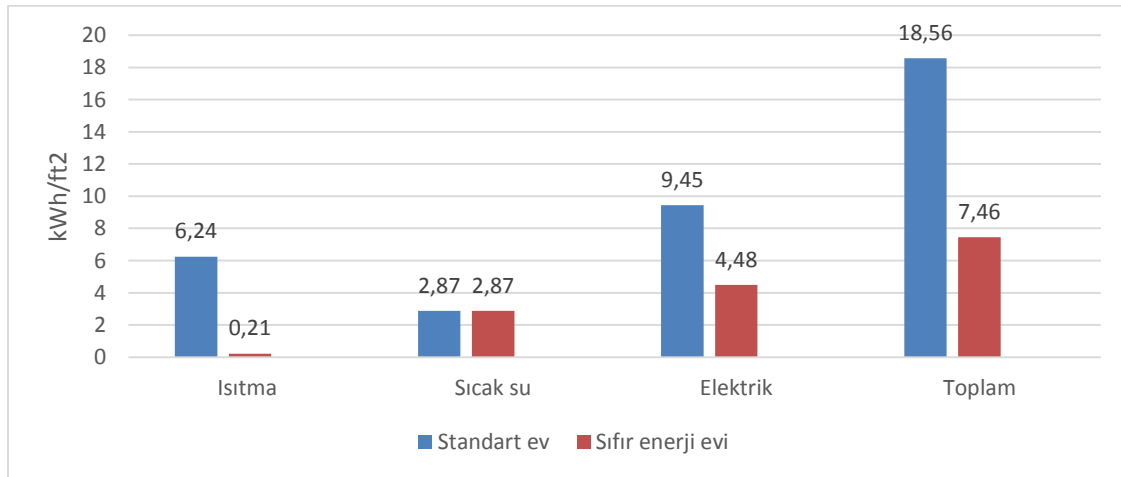
Şekil 2.2'de Nevada Sıfır Enerji Evi ile standart evin yıllık elektrik enerjisi tüketimi grafiksel olarak gösterilmiştir. Burada soğutma için harcanan enerji farkı $3,81 \text{ kWh}/ft^2$, aydınlatma için $0,66 \text{ kWh}/ft^2$, fan için $0,5 \text{ kWh}/ft^2$ olmak üzere toplamda $4,97 \text{ kWh}/ft^2$ olarak tespit edilmiştir. Elektrikli ev aleti kullanımı iki ev için de ortaktır. Şekil 2.3'te ise Nevada Sıfır Enerji Evi ile standart evin yıllık toplam enerji kullanımı hakkındaki

veriler paylaşılmaktadır. Nevada Sıfır Enerji Evi ile standart ev arasında ısıtmada $6,03 \text{ kWh/ft}^2$, elektrikte ise $4,97 \text{ kWh/ft}^2$ enerji farkı oluşmuş olup sıcak su eldesinde ise fark oluşmamıştır. Toplamda ise $11,1 \text{ kWh/ft}^2$ yıllık enerji farkı ortaya çıkmıştır.



Şekil 2.2. Nevada Sıfır Enerji Evi ve standart evin yıllık elektrik enerjisi tüketimi [3]

Nevada Sıfır Enerji Evi ile standart ev yıllık bazda kıyaslandığında %59,8'lik enerji tasarrufu elde edildiği, elektrik enerjisi özelinde bakıldığında ise %52,6 oranında düşüş yaşandığı görülmektedir. Kullanılan enerji miktarları; alan ısıtmada %96, alan soğutmada ise %72 oranlarında azalmıştır. Tüm enerji tasarrufu uygulamaları ile %105 oranında elektrik enerjisinden tasarruf edilebileceği bu inceleme sonunda gözlemlenmiştir.



Şekil 2.3. Nevada Sıfır Enerji Evi ve standart evin toplam enerji kullanımı [3]

Saitoh ve Fujino, yaptıkları çalışma vasıtasıyla Harbeman Evi ile konvansiyonel bir ev arasındaki farkı kıyaslamışlardır [9]. Harbeman Evi; Japonya'nın Sendai şehrinde olup

enlemi $38^{\circ}17'00''$ kuzey, boylamı $140^{\circ}50'14''$ doğu, rakımı ise 124 m'dir. Evin toplam taban alanı 260 m^2 'dir.

Harbeman Evi'nin iki ana özelliğinden biri, $30\text{-}60 \text{ m}^3$ arası enerji depolamaya yarayan büyük bir ısıtma soğutma tankının bulunmasıdır. Depolama kapasitesinin azaltılabilmesi için yüksek sıcaklık değişimine izin verilmesi ve yardımcı ısıtıcı etkisinin artırılması gerekir. Depolama süresi 3 aydan uzun bir dönemse, depolama kapasitesi yeterince büyük olabilmektedir. Diğer ana özelliği, mevsimsel olarak "Sky Radiation" ile soğutmadır. Bilindiği gibi "Sky Radiation" soğutma düşük bağıl nem ve düşük rüzgâr hızlarının bulunduğu temiz hava koşullarında etkilidir. "Sky Radiator" yer altı tankındaki suyu serinletmek amacıyla kullanılır. Ana tanktaki su çatının kuzey tarafına yerleştirilmiş olan sky radiatorlara pompalanır ve sky radiatorlar tarafından 10 dereceye düşürülür. Bu noktadan sonra düşük kapasiteli ısı pompası (600 W) devreye girer ve suyun sıcaklığını 4 derece düşürür. Elde edilen soğuk su evi soğutmada kullanılır. Güneş kolektörü evin çatısında yatayla 45 derece açı yapacak şekilde konumlandırılmıştır. Sıvı tipli olup $30,4$ metrekarelik bir alanı kapsar. Kolektörün azimut açısı, doğudan 20 derecedir. Evin dış cephesi cam yünü ile izole edilmiştir (yoğunluğu 10 kg/m^3 , kalınlığı 100-350 mm). Ayrıca bodrum katında $1,6 \text{ m}^3$ 'lük bir yardımcı tank, 600 W ısı pompası bulunur. Yardımcı tanktan soğutma amaçlı enerji depolama modunda, evi ısıtma ve ev içi sıcak su kullanımı amacıyla faydalanılır. Yağmur suyu, yeraltındaki 2 m^3 kapasiteli tankta biriktirilir ve tuvalet ihtiyacı, bahçe sulama ve araba yıkama için kullanılır.

Evin işletimi ve kontrolünde 128 mikroprosesör ve bir bilgisayar kullanılır. Ev içi ısıtma, soğutma, sıcak su sağlama ve yağmur suyu için toplam gereken maksimum enerji, yılda yaklaşık 117 GJ olarak belirlenmiştir. Bu durumda yılda yaklaşık 6300 dolar kar edildiği görülmüştür. $1,5 \text{ kW}$ 'lık fotovoltaik hücreler çatının güney kısmına çatı kaplaması olarak yerleştirilmiştir. Yıllık 1000 kWh'lik elektrik bu PV sistemler tarafından üretilmektedir. Fazla elektrik yerel elektrik şirketine 19 cent/kWh ücretle satılmıştır. Eğer yardımcı ısıtma, kış ortasında lazım olursa hava gazı kullanan yardımcı kazan devreye girmektedir.

Çizelge 2.5'te Harbeman Evi ile konveksiyonel evdeki farklılıklar incelenmiştir. Burada yıllık enerji talebi Harbeman Evi'nde konveksiyonel eve nazaran 43,9 GJ daha fazla olsa da maksimum kullanılabilir enerji seviyesinde yıllık 293 MJ/m^2 bir azalma

gözlemlenmiştir. Isıtma, soğutma, sıcak su ve doğalgaz için yıllık 6361 dolar daha az ödenmiştir. Fosil yakıt tüketimindeki $4771 \times 10^3 m^3$ yıllık azalma ile karbondioksit emisyonu da %84 oranında azalma göstermiştir. Evdeki ilk enerji gereksinimi ve karbondioksit emisyonu standart bir evin onda biri kadardır. Ev, karbondioksit emisyonunun azalması amaçlıdır ve küresel ısınmanın azaltılmasına katkı sağlar.

Çizelge 2.5. Harbeman Evi ile konveksiyonel evin karşılaştırılması [9]

Ev	Öncelikli Enerji Talebi (GJ/Yıl)	Öncelikli Enerji (MJ/m ² yıl)	Isıtma-Soğutma-Sıcak su-Doğalgaz için Yıllık Hesap (USD/Yıl)	Fosil Yakıt Tüketimi (Petrol, $\times 10^3 m^3$ /Yıl)	Karbondioksit Emisyonu Değişimi (%)
Konveksiyonel Ev	73,3	874,9	7549	5647	-
Harbeman Evi	117,2	581,9 (maksimum kullanılabilir enerji)	1188	876 (PV'ler tarafından üretilen elektrik)	84,0

Terry Galloway tarafından Berkeley Evi ile ilgili yapılan çalışmalar TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası'nın derlemesiyle 'Tasarımcılar İçin Güneş Evi' ismiyle kitaplaştırılmıştır. Berkeley Kaliforniya'da yapılan bu evle alakalı veriler incelenmiştir [10].

Evin yapılacağı yerin boş olması nedeniyle ağaç gölgeleri için çalışma yapılmamıştır. Binanın asıl cephesi için yapılan tasarım; 45° eğimli, uzun ve geniş çatılı, güneye bakacak şekilde konumlanmış şekilde belirlenmiştir. Çatıdaki eğim sayesinde iki sıra güneş kolektörü için yeterli alan bırakılmıştır. Kullanılan fayanslarda kayganlaşma ve halılarda nemlenmeye yol açan yoğunlaşmayı önlemek için zeminden borular ile soğutma yapılmamış olup bunun yerine her odaya havalandırma delikleri yapılmıştır. İkinci kat ile çatı arasına yerleştirilen havalandırma fanlarının yüksek kapasiteli olması gerekmiştir. Seranın, yaz aylarında evin fazla ısınmasına yol açması nedeniyle bazı pencerelere güneş enerjisini engellemek amacıyla gölgeleme elemanları tasarlanmıştır. MicroPas 2.0 bilgisayar simülasyonu sayesinde evin ısı kazanımı her an hesaplanabilmekte, sistem performansı incelenerek gereken iyileştirmeler yapılabilmektedir. 45° eğimli çatıya 6 adet ASE-300 PV

kolektör yerleştirilmiştir. Yapılan hesaplamalar, evdeki yıllık elektrik giderinin vergiler dahil 296,78 \$ olduğunu göstermiştir. PV panellerinden üretilen elektrik, güneşli bir günde yaklaşık 7,2 kWh/gün olarak belirlenmiştir. Evin çatısında kışın ısınmayı sağlamak amacıyla 25 adet PV/T kolektör (Fotovoltaik-Isıl Hibrit Sistem) kullanılmıştır. Böylece 50°C 'ta ve %8,35 verimle çalışacak olan normal PV'nin yerine 20°C 'ın altında %13,99 verimle elektrik üretilmektedir. Evin ısıtılması istendiğinde plakadan glikol ısı pompasının kaynak tarafı beslenerek ısı pompasındaki termodinamik çevrim harekete geçirilir ve hacim ısıtması için sıcaklık $48,9^{\circ}\text{C}$ 'a yükseltilir. Güneş ışığının yeterli olmadığı kapalı havalarda veya gece saatlerinde; çok iyi yalıtılmış olan, çapı 2 m ve yüksekliği 2,43 m olan $7,5\text{ m}^3$ hacmindeki tankta sıcak su depolanmaktadır. Isı pompası çevrimi tersine çevrildiğinde ise evin soğutulması sağlanmaktadır.

3. YEŞİL EV UYGULAMASINDAKİ SİSTEMLER

3.1. Güneş Enerjisi Sistemleri

Güneş enerjisi sistemlerinin avantaj ve dezavantajları aşağıda irdelenmiştir [11].

Avantajları;

- Güneş enerjisi; tükenmeyen ve temiz bir enerji kaynağıdır. Gaz, toz, karbon veya kükürt gibi emisyonlara neden olmaz.
- Yerel uygulamalara elverişli olması sebebiyle enerjiye ihtiyaç duyulan her yerde güneş enerjisinden yararlanılabilir. Bu nedenle; güneş, tüm dünya ülkelerinin yararlanabileceği bir enerji kaynağı olup ülkelerin enerji sıkıntılarını ve dışa bağımlılıklarını azaltacak bir kaynaktır.
- Güneş enerjisi, hiçbir karmaşık teknolojiye gereksinim duymaz. İşletme masrafları çok azdır.
- Güneş enerjisinin, ulaşım masrafı olmaması da ekonomik açıdan oldukça önemli bir fayda olarak görülmektedir.

Dezavantajları;

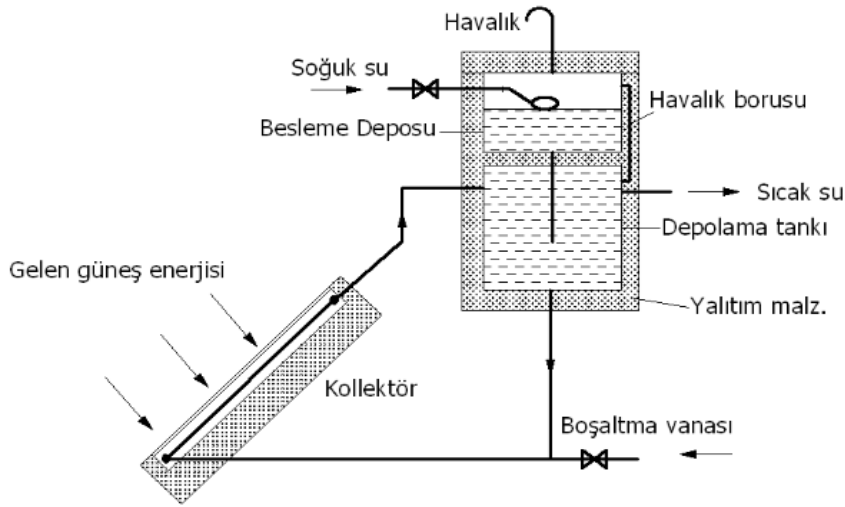
- Güneş ışınımının birim yüzeye gelen kısmının az olması sebebiyle daha çok enerji için daha geniş yüzeylere ihtiyaç vardır.
- Güneş enerjisinin sürekli olmaması buna karşılık enerji ihtiyacının devamlılığı sebebiyle enerjinin depolanması gerekmekte olup bu durum ise sınırlıdır. Enerji ihtiyacının çok olduğu kış aylarında güneş ışınımının az olması önemli bir sıkıntıdır.
- Güneş enerjisinin yoğunluğunun az ve süreksiz olması istenilen zamanda yeterli enerjiye sahip olamama durumunu doğurabilir.
- Güneş enerjisinden yararlanma amaçlı kurulan sistemlerin ilk yatırım maliyeti görece fazladır. Ekonomik olmayan sistemlerde tercih edilme oranı azalmaktadır.
- Su ısıtma sistemlerinde %60 civarında verim sağlanırken güneş pillerinde bu oran %15 dolaylarında olması güneş enerjisinin verimli bir şekilde kullanılması açısından sıkıntı yaratmaktadır.

3.1.1. Güneş enerjisi ile su ısıtma sistemleri

Güneş enerjisi su ısıtma sistemleri genel olarak ikiye ayrılır:

Doğal dolaşımli sistemler

Isı taşıyıcı akışkanın kendiliğinden dolaştığı sistemlere denir. Isınan suyun yoğunluğunun azalarak yükselmesi ilkesi, doğal dolaşımli sistemlerin çalışma prensibini oluşturur. Soğuk su, deponun alt seviyesinden alınır ve toplayıcıda ısınır. Böylece hafifleyerek deponun üst seviyesine geçer. Az miktarda su kullanımı için uygulanabilen sistemde hareketin yoğunluk farkı ile olmasından dolayı boru hatlarındaki sürtünme kayıplarını ve dinamik kayıpları büyük bir özenle hesaplamak gerekir. Şekil 3.1’de doğal dolaşımli sistemlere ait düzenek şemasına yer verilmiştir [12-13].



Şekil 3.1. Doğal dolaşımli güneş enerjili sıcak su sisteminin genel şeması [13]

Cebri dolaşımli ve basınçlı sistemler

Isı transferi akışkanının pompa yardımıyla dolaştırılması ile meydana gelen sistemlerdir. Akışkanın hareketi pompa ile sağlandığından deponun yüksekte yer almasına ihtiyaç yoktur. Bu tip sistemlerde otomatik kontrol devresi bulunmaktadır. Toplayıcı çıkışına ve depo tabanına yerleştirilen termostatlar ile suyun sıcaklığı ölçülür ve pompa bu şekilde

çalıştırılır veya durdurulur. Toplayıcıdaki su, depodaki sudan 10 santigrat derece fazlaysa pompa çalışır, fark 3 santigrat dereceye düşerse pompa durur [12].

Her iki sistem de ayrıca açık ve kapalı sistem olarak tasarlanabilir:

Açık devre sistemler

Kullanım suyu ile toplayıcılarda dolaşan suyun aynı olduğu sistemlere denir. Kapalı sistemlere nazaran verimleri yüksek olup maliyet bakımından daha uygundur. Açık devre sistemlerde görülen dezavantajlar ise; buharlaşma ve kireçlenmeye bağlı çap daralması, korozyon, hijyen, daha kısa ömürlü olması ve enerji kaybı şeklinde sayılabilir. Bu sistemler, don olaylarının görülmediği ve suyu kirecsiz olan yerlerde rahatlıkla kullanılmaktadır.

Kapalı devre sistemler

Kullanım suyu ile ısıtma suyunun birbirinden farklı olduğu sistemlere denir. Toplayıcılarda ısınan su, ısı değiştiricisi yardımıyla kullanım suyuna aktarılır. Açık devre sistemlere göre daha uzun ömürlü olup donma, kireçlenme ve korozyon problemlerine neden olmaz. Maliyeti daha yüksek olan kapalı devre sistemlerin, ısı değiştiricisi nedeniyle verimleri biraz daha düşüktür.

3.1.2. Güneş enerjisinden yararlanılarak konut ısıtılması

Güneş enerjisi kullanılarak konut ısıtılması, iki temel prensipte gerçekleşmektedir:

Pasif ısıtma sistemleri

Pasif ısıtma, konutun kendini toplayıcı olarak konumlandırması ile başka herhangi bir mekanik sistem kullanılmadan güneş ışınlarından faydalanılması şeklinde özetlenebilir. En genel haliyle iki şekildedir:

Doğrudan kazançlı pasif sistemler

Güneş ışınları, doğrudan binanın içine güneye bakan cam yüzeylerden alınır. İç yüzeylere çarpan güneş ışınları, bu yüzeyler tarafından soğurulur ve açığa çıkan ısı ortamın ısınmasını sağlar. Taş, beton, tuğla, kerpiç ve su dolu varil gibi ısı kütellerin ısı depolama amacıyla kullanılması, gece saatlerinde de toplanan ısı enerjisinden faydalanılmasına yardımcı olur [12].

Dolaylı kazançlı pasif sistemler

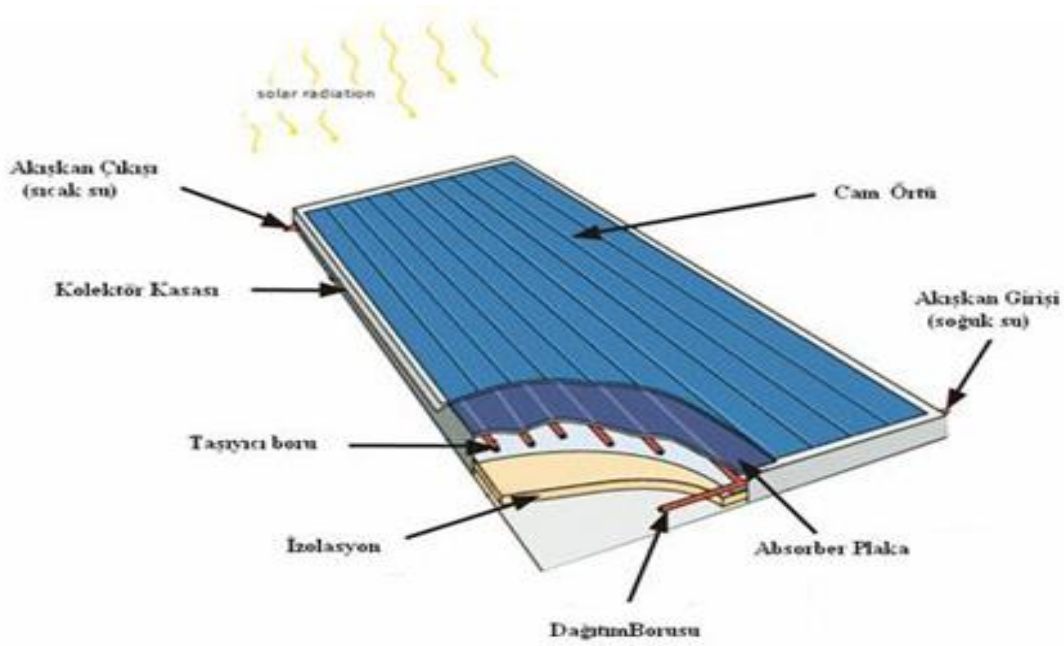
Trombe duvarı uygulaması olarak da bilinen sistem, duvar ve duvardan belli bir mesafeye yerleştirilmiş cam yüzeyden oluşmaktadır. Güneye bakan duvarın dış yüzeyi güneş ışınlarını absorplar. Genellikle siyah olan camdan geçen ışınlar, Trombe duvarı tarafından emilerek duvar içinde depolanır. Cam ile duvar arasında kalan havanın ısınması ile doğal konveksiyon sayesinde hava üst delikten iç ortama iletilir. Isınan hava genişmesi ile sıcaklığı artar ve yoğunluğu azalır. Böylece kanal içerisindeki hava; kaldırma kuvvetinin etkisiyle yükselir ve üst delikten odaya girerek, enerjisini aktarır. Gündüz, alt ve üst hava kanalları havanın devir daimi için açık tutulurken gece ise, havalandırma delikleri kapatılarak depolanan güneş ısı Trombe duvardan odaya iletim yoluyla aktarılır [12,14].

Aktif ısıtma sistemleri

Aktif ısıtma sistemlerinde; pasif ısıtmadan farklı olarak, mekanik sistemler kullanılarak güneş enerjisinden yararlanılır. Güneş enerjisinden sağlanan ısı, kolektörlerdeki akışkan vasıtasıyla depolama ünitesine ve ısıtılacak ortama aktarılır. Çalışma akışkanı olarak su veya hava tercih edilirken sistemde dolaşımı sağlaması için pompa, fan gibi elemanlardan faydalanılır. Güneş enerjisinden yararlanmak için kullanılan sistem elemanları ise şu şekildedir:

Toplayıcı (Kolektör)

Güneş'ten gelen ışınım enerjisini ısı enerjisini dönüştürerek güneş enerjisinin kullanılabilmesini sağlar. Şekil 3.2'de düzlemsel güneş kolektörünün yapısı ve bileşenleri gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Düzlemsel güneş kolektörünün yapısı [15]

Toplayıcı devresi

Toplayıcıda elde edilen ısıyı ısı deposuna taşıyan sisteme toplayıcı devresi denir. Sistemde pompa, fan gibi akışkanı hareket ettiren elemanlar ile borular ve vanalar vardır. Toplayıcı devreleri; toplayıcıdan geçen ve ısı deposunda bulunan akışkanın aynı veya farklı olmasına göre eşanjörlü veya eşanjörsüz olarak tasarlanabilir. Eşanjörlü sistemler, toplayıcı akışkanına antifiriz gibi özel amaçlı maddeler katılması ve kullanım suyunda bu maddelerin istenmemesi durumunda kullanılır.

Isı deposu

Güneş enerjisinden her zaman aynı düzeyde faydalanılamaması nedeniyle elde edilen enerjinin depolanması gerekmektedir. Gece güneş enerjisinin olmaması, kış aylarında veya kapalı havalarda güneş enerjisinin daha az olması, güneş enerjisi kullanımının en önemli sorunu olarak ısının depolanması gerekliliğini karşımıza çıkarmaktadır. Isı enerjisi aşağıdaki şekillerde depolanabilir.

Duyulur ısı depolama

Bu yöntemde, ısı depolayan materyalin sıcaklığının değişmesi sonucu açığa çıkan duyulur ısıdan faydalanılır. Duyulur ısı depolama yapan materyallerin büyük bir kısmı çok miktarda bulunup oldukça ucuzdur. Ayrıca mevcut teknoloji sayesinde bu materyallerden ısı depolama için etkin sistemler tasarlanabilmektedir. Bu sebeplerle kullanımı oldukça yaygındır. Duyulur ısı depolama amacıyla kullanılacak katı ve sıvı materyaller çok çeşitli olup sıvı olanlar tercih edildiği takdirde, ısı taşıyan akışkan ile ısı depolayan akışkanın farklı olması ısı değiştirici kullanımını zorunlu kılar. Katı materyaller açısından bu tip bir sıkıntı olmamakla beraber yüksek sıcaklıkta ısı depolama ve korozyon oluşturmama açısından da daha elverişlidirler [12].

Gizli ısı depolama

Isı depolama materyalinin iç enerjisinin ciddi oranda değişimi sonucu materyal faz değiştirir. Depolama materyalinin uygun sıcaklık koşullarında faz değiştirmesi ile açığa çıkan ısının depolanması gizli ısı depolama olarak adlandırılır. Isı depolama kapasitesi yüksek olan materyaller gizli ısı depolama için daha uygundur. Sabit sıcaklıkta ısı sağlanabilmesi ve ısı deposu hacminin küçük olması önemli avantajları olarak sayılabilirken, faz değişimi sırasındaki hacim değişikliği ve ergime ile donma arasında aşırı ısınma soğuma yaşanması sistemin gözlenen sakıncalarındandır [12].

Termokimyasal yöntemle ısı depolama

Isı enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürülmesi ile enerjinin uzun süre depolanabilmesi mümkün olur. Ekzotermik olarak tepkimeye girebilen iki veya daha fazla kimyasal bileşikteki kimyasal bağlarda ısı, tersinir tepkime süresince depolanır. Isı depolama kapasitesinin yüksekliği, ekonomik oluşu avantaj olarak görülürken gizli ısı depolamadan daha karmaşık olması ve korozyona sebebiyet vermesi de dezavantajlarındandır [12].

Kullanıcı devresi

Kolektörde toplanan ısıyı kullanıcıya ulaştıran ara sisteme denir. Amacı, depolama ünitesinden veya ek ısı kaynağından gelen ya da doğrudan toplaç ünitesinden gelen ısı enerjisinin istenen yere aktarımıdır. Kullanıcı devresinde ısı değiştiricisi kullanılmadığı zaman akışkan doğrudan kullanıcıya aktarılırken ısı değiştiricisi kullanıldığı takdirde kullanıcı devresinde farklı bir akışkan yer alabilmektedir.

Ek ısıtıcı

Güneş enerjisi toplayıcılarından ya da ısı deposundan yeterli düzeyde ısı enerjisi elde edilemediği zamanlar devreye giren sistem elemanıdır. Ek enerji ünitesi gerekli ısı enerjisini katı, sıvı, gaz yakıtlardan ya da elektrik enerjisinden elde eder. Ek ısıtıcı, kullanıcı devresine seri olarak da bağlanabilir. Depodan gelen ve yeterli sıcaklığa erişememiş akışkanı, ek ısıtıcı istenen sıcaklık düzeyine çıkartır. Seri bağlı ek ısıtıcılar başlangıç sıcaklığı düşük olan ısıtıcılarda ve açık sistemlerde kullanılır. Devreye paralel bağlanan ek ısıtıcılar ise sistemin ya güneş enerjisi ile ya da ısıtıcı ile tamamen kendi başına çalışmasını sağlamaktadır. Kapalı devreli güneş enerjisi sistemlerinde paralel ek ısıtıcı kullanılır.

Kontrol ünitesi

Güneş enerjisi sistemlerinin kullanımını ve çalışmasını düzenleyen ünedir. Elle kumandalı pompalı sistemlere nazaran otomatik kumandalı sistemlerde yüksek verim, dolaşım pompalarının ömrünün daha uzun oluşu ve toplayıcılarda kireçlenmenin önlenmesi daha fazla avantaj yaratmaktadır. Burada otomasyon genel olarak termostata bağlı olup depodaki akışkan ile toplayıcı çıkışındaki akışkan sıcaklıkları ölçülmekte ve buna göre sistemin açılıp kapanması sağlanmaktadır.

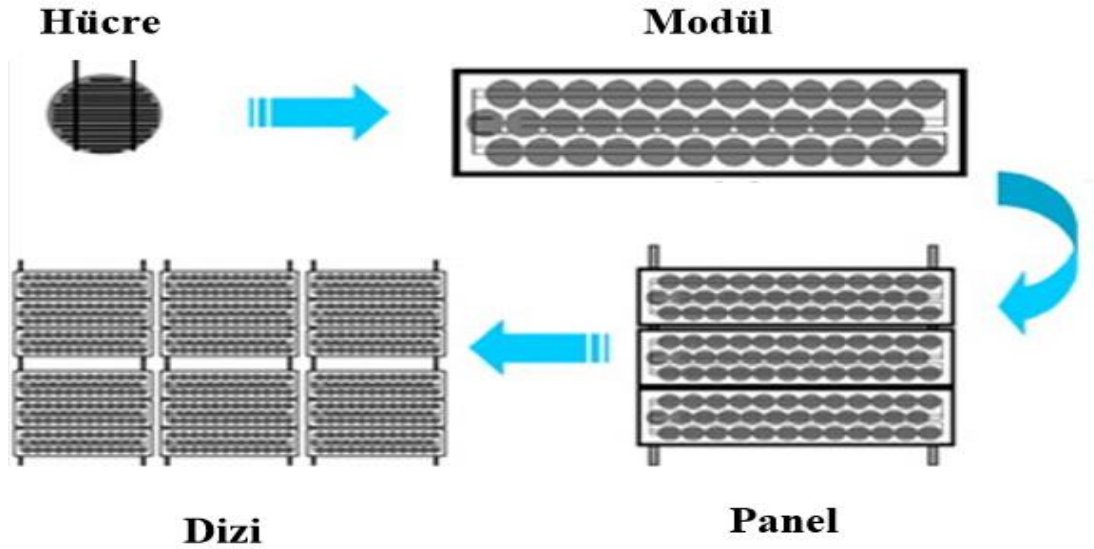
3.1.3. Güneş enerjisinden elektrik elde etmek için kullanılan sistemler

Fotovoltaik hücreler denen yarı iletken malzemeler, güneş ışığını elektriğe dönüştürürler. Güneş ışınlarındaki fotonların yarı iletken malzemelerin yüzeylerine çarparak atomlardan elektronları serbest bırakması ile ortaya çıkan elektrik enerjisine fotovoltaik etki denir. Bu

etkiyi yaratan hücreleri yüzeyleri genellikle dikdörtgen, kare veya daire şeklinde olup alanları $100 - 250 \text{ cm}^2$, kalınlıkları ise $0,1 - 0,4 \text{ mm}$ aralığındadır [12,16].

Güneş pillerinin yapımında sıklıkla kullanılan malzemeler; kristal silisyum, amorf silisyum, kadmiyum tellür, galyum arsenik, bakır indiyum diselenid ve optik yoğunlaştırıcı hücreler olarak sıralanabilir.

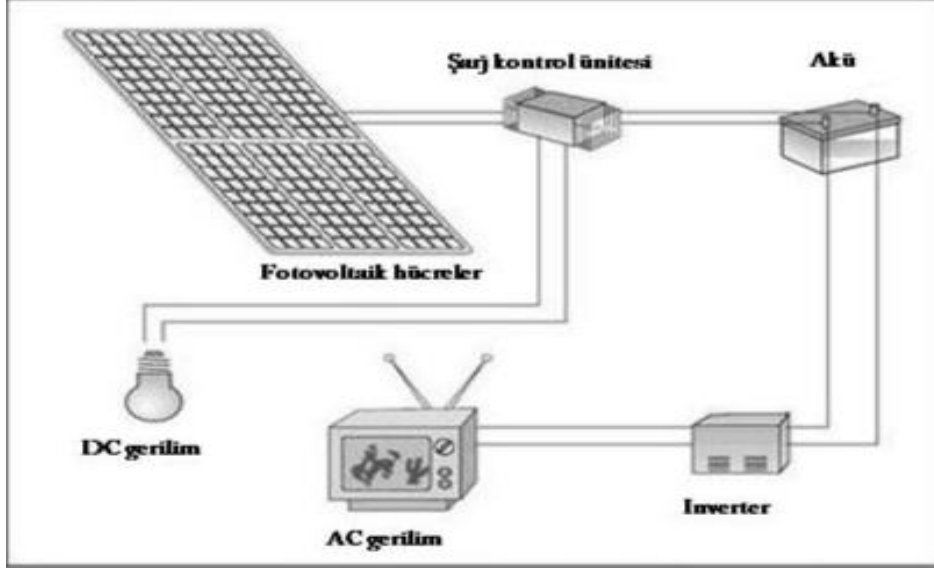
Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olmak koşuluyla %5 ile % 30 arasında verimle elektrik enerjisine dönüşmektedir. Çok sayıda güneş hücresinin birbirine paralel veya seri bağlanması ile oluşturulan yapıya güneş hücresi modülü (fotovoltaik modül) denilmektedir. Bu yapının kullanılmasındaki amaç güç çıkışının artırılmasıdır. Modüllerin birleşimi ile panel, onların birleşimi ile de dizi oluşmaktadır [12,16-17]. Şekil 3.3'te bu durum gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Fotovoltaik sistemlerin oluşumu [17]

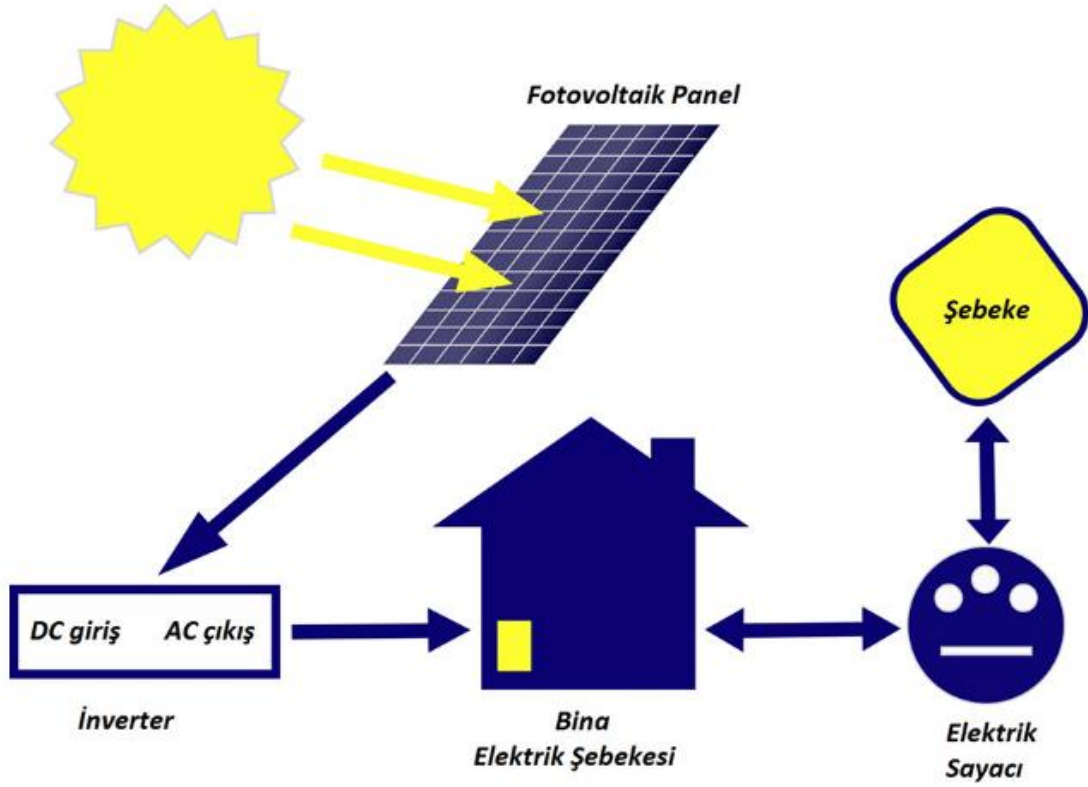
Fotovoltaik sistemler; şebekeye bağlı veya şebekeden bağımsız kullanılabilir. Yeterli sayıda fotovoltaik modülün, enerji kaynağı olarak kullanılması şebekeden bağımsız sistemlerde görülen uygulamadır. Güneşin yetersiz olduğu veya bulunmadığı zamanlarda genellikle sistemde akümülatör bulundurulur. Fotovoltaik modüller; gün içerisinde ürettiği elektrik enerjisini akümülatörde depolar, yüke gerekli olan enerji akümülatörden alınır.

Şekil 3.4'te şebekeden bağımsız sisteme ait (off grid) fotovoltaik hücrelerin ve diğer sistem elemanlarının genel çalışma düzeni gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemlere ait kullanım şeması ve çalışma prensibi [16]

Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu durumlarda, sisteme bir invertör eklenir ve akümülatördeki DC gerilim, 220 V - 50 Hz'lik sinüs dalgasına dönüştürülür. Çeşitli elektronik devreler, destek maksadıyla sisteme katılabilir. Şebeke bağlantılı (on grid) fotovoltaik sistemler; yüksek güç boyutunda olabileceği gibi binalarda küçük güçlü kullanımı şeklinde daha sık karşılaşılmaktadır. Bu tip küçük sistemlerde, bir konutun elektrik gereksinimi karşılanırken üretilen fazla enerji elektrik şebekesine verilir veya yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Bu nedenle, böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek olmayacağından oldukça avantajlıdır. Sistemin koşulu ise, üretilen DC elektriğin AC elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumlu olmasıdır. Şekil 3.5'te şebeke bağlantılı (on grid) fotovoltaik sisteme ait kullanım şeması ve çalışma prensibi gösterilmiştir.



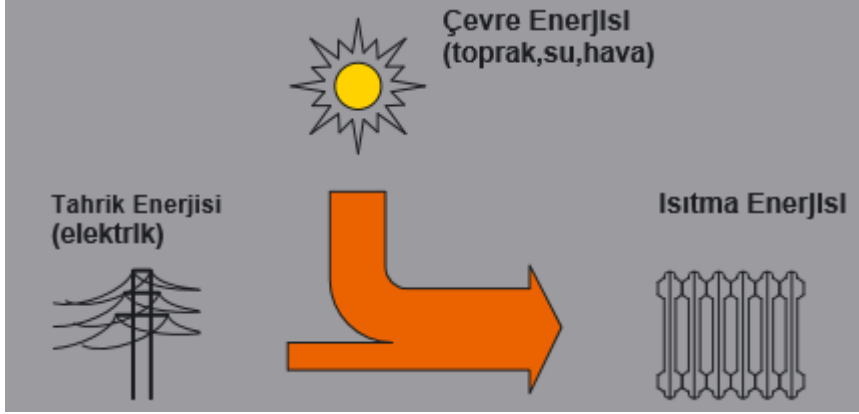
Şekil 3.5. Şebeke bağlantılı fotovoltaiik sistemlere ait kullanım şeması ve çalışma prensibi [18]

3.2. Isı Pompası Sistemleri

3.2.1. Isı pompasının mantığı ve çalışma prensibi

Isı pompası; ısı enerjisini, dışarıdan enerji verilmesi ile düşük sıcaklıktaki bir ortamdan, yüksek sıcaklıktaki ortama veren bir makine olarak tanımlanabilir. Isı pompaları; kışın ısıtma, yazın ise soğutma amacıyla kullanılabilir.

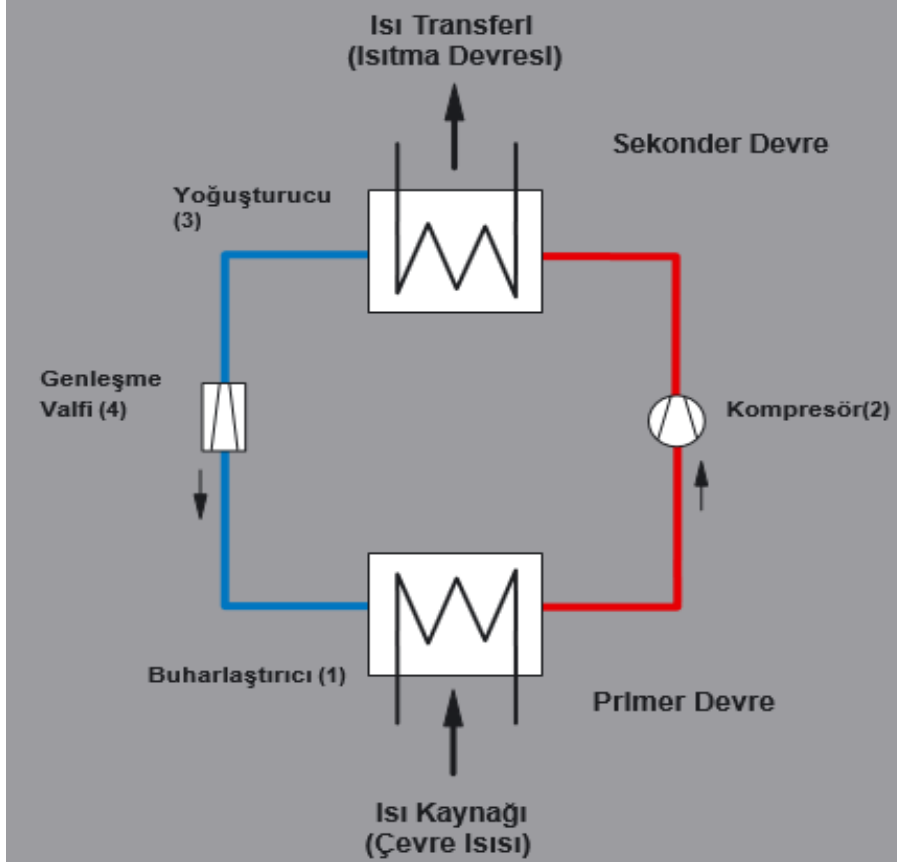
Isı pompaları; kullandıkları enerji kaynağı ve ısıyı ilettikleri ortam nedeniyle çeşitlilik göstermektedir. Genel olarak tümünün çalışma prensibi aynı olup doğada depolanmış güneş enerjisinden faydalanırlar. Isı pompası, elektrik enerjisi ile desteklenerek tahrik edilir. Şekil 3.6’da ısı pompasının kullandığı enerji türlerinin dönüşümü verilmiştir.



Şekil 3.6. Isı pompası ile enerji dönüşümü şeması [19]

Isı pompası; genel olarak dört ana elemandan oluşur. Bunlar; kondenser, genleşme valfi, buharlaştırıcı ve kompresördür.

Buharlaştırıcıdaki sıvı fazlı soğutucu akışkan, çevreden ısı alındığı esnada düşük basınç altındadır. Buharlaştırıcıdaki sıcaklık seviyesi, soğutucu akışkanın mevcut basıncındaki kaynama noktasının üzerindedir. Soğutucu akışkan, bu sıcaklık farkı sebebiyle buharlaşır ve çevreden ısı çeker. Sıcaklık 0°C 'ın altındadır. Akışkanın buharını çeken kompresör, buharı sıkıştırır ve sıkıştırma sırasında buhar fazındaki akışkanın basıncı ve sıcaklığı artar. Bu işlemin ardından buhar fazındaki akışkan yoğuşturucuya gelir. Yoğuşturucuyu çevreleyen ısıtma suyunun sıcaklığı, soğutucu akışkanın yoğuşma sıcaklığından düşüktür. Sıcaklık farkı nedeniyle, buhar fazındaki akışkan yoğuşur ve sıvı faza geçer. Buharlaştırıcının çevreden aldığı ısı ile kompresördeki sıkıştırma işlemi sırasında ilave edilen elektrik enerjisi, ısıtma suyuna aktarılmış olur. Genleşme valfinden geçen soğutucu akışkan tekrar buharlaştırıcıya döner. Bu esnada akışkanın, kompresörün yüksek basıncından buharlaştırıcının düşük basıncına genleşmesiyle çevrim tamamlanmış olur. Şekil 3.7'de ısı pompasının genel çalışma düzeni gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Isı pompasının çalışma prensibinin şematik gösterimi [19]

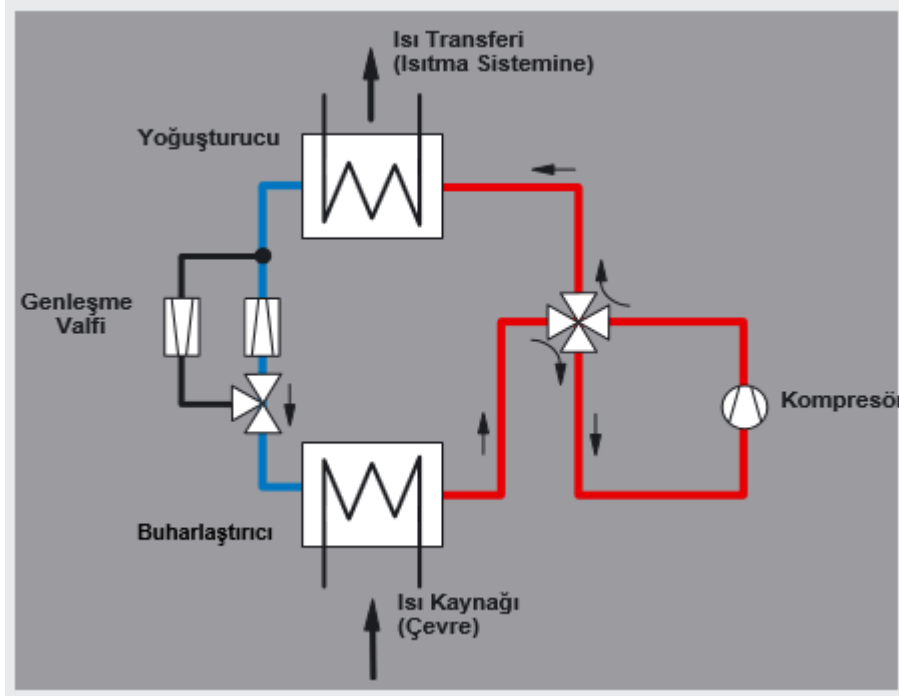
3.2.2. Isı pompası ile soğutma

Isı pompaları, ısıtma amacıyla kullanılmalarının yanında soğutma amacıyla da kullanılabilir. İki yönlü işletim şeklinde kurulan ısı pompalarında, ısı pompası fonksiyonu tamamen ters çevrildiği takdirde soğutma da yapılabilir.

Bir ısı pompasını soğutma amacıyla kullanmak için kompresör akış yönünün ve genleşme valfinin tersine çalıştırılması gerekmektedir. Bu durumda akışkan ve dolayısıyla ısı, ters yönde hareket edecektir. Teknik açıdan bakıldığında dört yollu vana ve ikinci bir genleşme valfinin soğutma çevrimine dâhil edilmesiyle yeterli olacaktır. Dört yollu vana tüm sistemin akış yönünü tersine çevirir. Dört yollu vana sayesinde sistemin ısıtma ya da soğutma modunda olduğuna bakılmaksızın kompresör akış yönünü korur.

Isıtma modunda, kompresör gaz fazındaki soğutucuyu ısıtma sistemindeki eşanjöre iletir. Soğutucunun yoğuşmasıyla enerjisini ısıtma sistemine verir ve bu enerji kullanma suyu

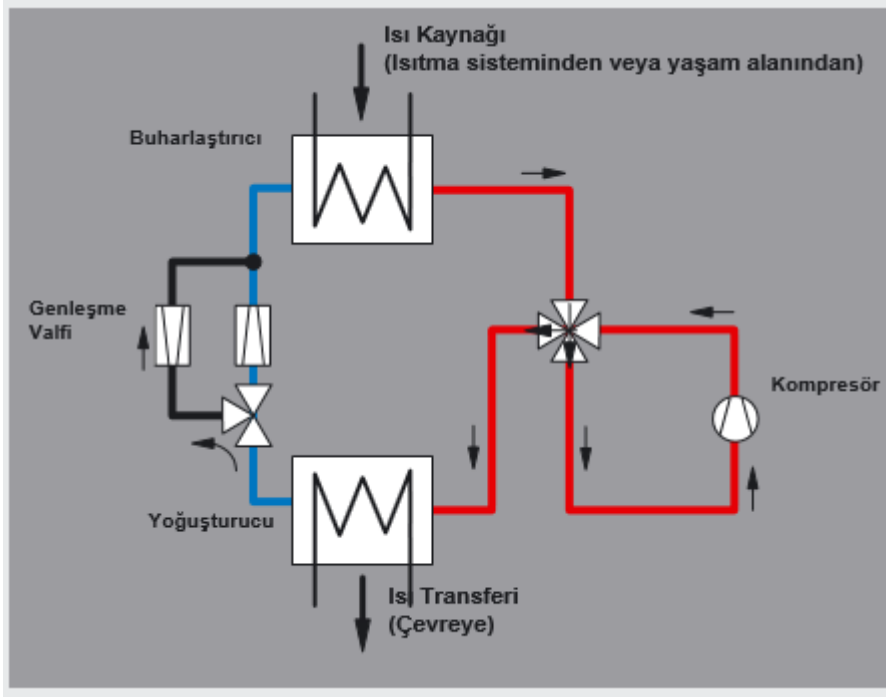
veya mekan ısıtması için kullanılır. Şekil 3.8'de ısı pompasının ısıtma modundayken çalışma sistemi şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.8. İki yönlü bir ısı pompasının ısıtma modundaki fonksiyon diyagramı [19]

Akım, soğutma işletimi için yönü dört yönlü vana yardımı ile tersine döndürülür. Orijinal yoğuşturucu şimdi buharlaştırıcı olmuştur ve ortamdaki ısıyı soğutucuya aktarır. Soğutucu akışkan gaz fazına geçer ve kompresöre dört yönlü vana yardımı ile getirilir. Ardından ısıyı dışarı atacak olan yoğuşturucuya ulaşır.

Ters işleme sahip ısı pompalarının ısıtma kapasiteleri her zaman soğutma kapasitelerinden daha yüksektir. Isıtma modunda kompresörü tahrik etmek için kullanılan elektrik enerjisi ısıtmaya dâhil olur. Kompresörün soğutma modunda da çalışması gerektiği için bu ısı yine açığa çıkar. Bu ısı kaçınılmaz olması sebebiyle soğutma kapasitesini negatif yönde etkiler. Bu nedenle; iki yönlü işleme sahip ısı pompaları için soğutma modu için ulaşılabilecek COP değerleri ısıtma modundakinden biraz daha düşük olmaktadır. Şekil 3.9'da ısı pompasının soğutma modundayken çalışma sistemi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.9. İki yönlü bir ısı pompasının soğutma modundaki fonkiyon diyagramı [19]

3.2.3. Toprak kaynaklı ısı pompası (TKIP)

Isı pompaları çok çeşitli olup farklı kategorilerde sınıflandırılabilir. Kullanılan ısı kaynakları için hava, su, toprak, güneş enerjisi ve atık ısılar ile diğer ısı kaynakları şeklinde yapılan sınıflandırma, ısının aktarım şekline göre; buhar sıkıştırmalı, absorpsiyonlu, gaz çevrimli, jet buhar püskürtmeli, stirling çevrimli, adsorpsiyonlu, resorpsiyonlu, Rankine-buhar sıkıştırmalı ve termoelektrik ısı pompaları şeklinde ayrılır [20].

En sık karşılaşılan ısı pompaları; toprak kaynaklı, su kaynaklı ve hava kaynaklı ısı pompalarıdır. Toprak kaynaklı ısı pompası kendi içersinde boruların yerleştirilme sistemine göre ikiye ayrılmaktadır. Yatay boru yerleştirme sistemine sahip olan yer kolektörü tipli, dikey boru yerleştirme sistemine sahip olan ise sondaj tipli olarak adlandırılmaktadır. Çizelge 3.1'de; su kaynaklı, hava kaynaklı, yatay ve dikey toprak kaynaklı ısı pompalarının uygulanabilirlik, verim ve maliyet açısından karşılaştırılmasına yer verilmiştir.

Çizelge 3.1. Isı pompalarının karşılaştırma tablosu [21]

Kriter	Toprak kaynaklı ısı pompası (sondaj)	Toprak kaynaklı ısı pompası (yer kolektörü)	Hava kaynaklı ısı pompası	Su kaynaklı ısı pompası
Uygulanabilirlik	Kolayca mümkün	Büyük bahçeye ihtiyaç var	Kolayca mümkün	Yer altı suyunun kalitesi ve devamlılığı zor bulunuyor.
Ortalama COP	COP = 4	COP = 4	COP = 3	COP = 5
Verim	Yüksek	Yüksek	Orta	En yüksek
Isı kaynağına bağlantı maliyeti	Sondaj ve borulama maliyeti yüksek	Hafriyat ve borulama maliyeti yüksek	Hava kanalları maliyeti düşük	Su kalitesi uygun değilse ilave pompa ve ara eşanjör maliyeti yüksek
Bakım maliyeti	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek
Doğal soğutma	Mümkün	Mümkün	Mümkün değil	Mümkün
Aktif soğutma	Mümkün	Mümkün	Mümkün	Mümkün

Çizelge 3.1’de görüldüğü üzere en yüksek verimli ısı pompası su kaynaklı ısı pompasıdır. Ancak yer altı suyuna her coğrafi alanda ulaşmak mümkün olmamakla birlikte bu suyun kalitesinin ve devamlılık arz etmesinin önemi uygulanabilirlik açısından karşılaşılan zorluklardandır. Hava kaynaklı ısı pompasının ise maliyeti düşük olmakla birlikte bazı önemli dezavantajları mevcuttur. En önemli dezavantajları ise; dış havanın oldukça değişken bir sıcaklığa sahip olması ve buzlanma problemidir. Kışın ısıtmaya ihtiyaç olduğu zaman havanın soğuk ve yazın soğutmaya ihtiyaç olduğu zaman ise havanın sıcak olması nedeniyle daha fazla hava dış ünitiden geçirilmelidir. Bu durum da daha büyük fan kullanılması ve daha fazla enerji tüketilmesi anlamına gelmektedir. Bu sebeplerle; uygulama, kullanım, verim ve maliyet açısından incelendiğinde, avantajları nedeniyle, en ideal ısı pompasının toprak kaynaklı ısı pompaları olduğu görülmüştür.

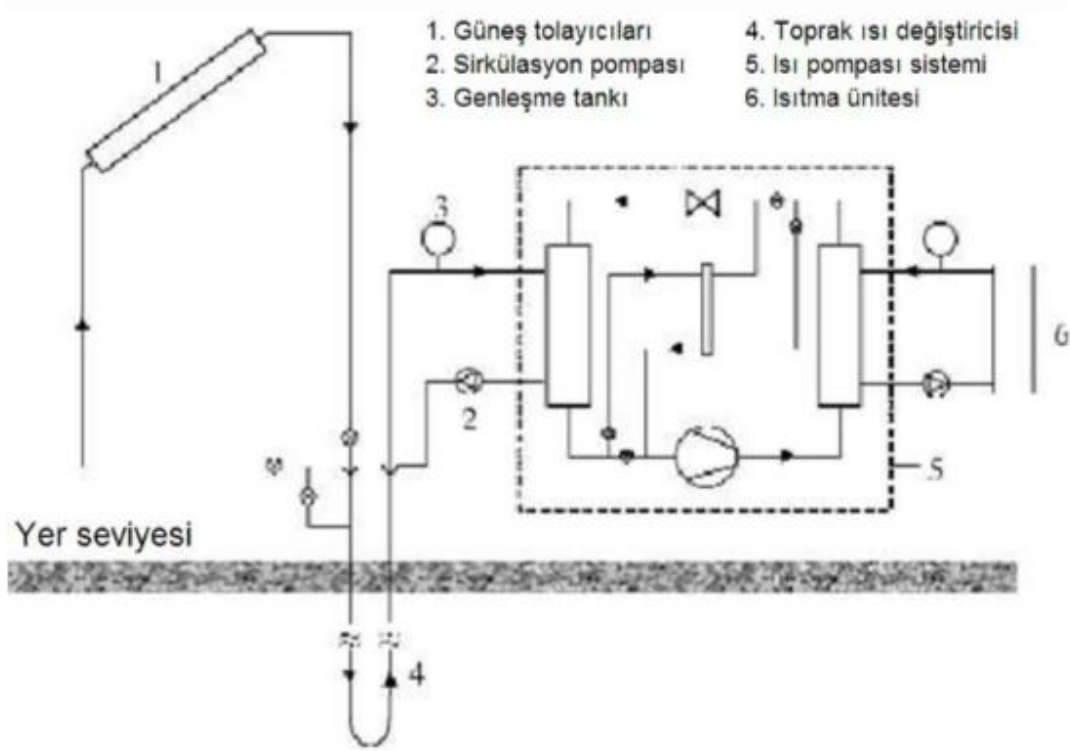
Toprak kaynaklı ısı pompaları incelendiğinde avantajları;

- TKIP, yeni binalarda gider bakımından etkindir. Diğer sistemlere göre daha verimli ve ekonomik olarak daha iyi sonuçlar verir. Isıtma yakıt maliyetine bağımlı olarak, diğer ısıtma sistemlerinden işletme giderleri bakımından daha uygundur.
- TKIP dış hava sıcaklıklarıyla fazla bağlantılı olmadığından kapasitelerinde kararlılık söz konusudur.
- TKIP’nin kullanıldığı ortamlarda konforlu bir ısıtma veya soğutma gerçekleşir ve bu durum hava kalitesini etkilemez.

- TKIP, toprak altına yerleştirildiğinden dolayı dış ortamdan etkilenmez. Dış ünite ekipmanı olmaması sebebiyle yer işgal etmez. Böylece, korozyon ve hava etkisiyle olan değişiklikler söz konusu değildir.
- Çevre kirliliğine neden olan zararlı madde emisyonları düşüktür. EPA (Amerikan Çevre Koruma Acentası) raporuna göre, TKIP'ler; “analiz edilen tüm teknolojilerin en düşük CO_2 emisyonları ve en düşük toplam çevre giderleri” olan sistemler olarak tanıtılmaktadır.
- Uygun bir şekilde tasarlandığında TKIP'ler, alışagelmış hava kaynaklı ısı pompası ve fosil yakıtlı düzeneklerden daha yüksek bir etki katsayısıyla ve daha ekonomik olarak işletilmektedir. Soğuk su, sıcak hava yerine ekipmanın kondenserine beslenir ve bu sayede kompresörde daha düşük güç ihtiyacı gerekerek düşük soğutucu akışkan basınç farklarında işletilir. Isıtma modunda ise, dış havadan daha fazla sıcak olan sıvılar, buharlaştırıcıdaki soğutucu akışkana ısı verirler. Bu durum, daha yüksek kapasite ve hava sıcaklığı elde edilmesine olanak yaratır [22].

Dezavantajları incelendiğinde ise; yüksek ilk yatırım maliyeti göze çarpmaktadır. TKIP sistemleri verimliliğinin toprak altında bulunan ısı taşıyıcı borulara bağlı olması nedeniyle bu alanda uzmanlaşmış kişilerce çok iyi tasarım yapılması gerekmektedir.

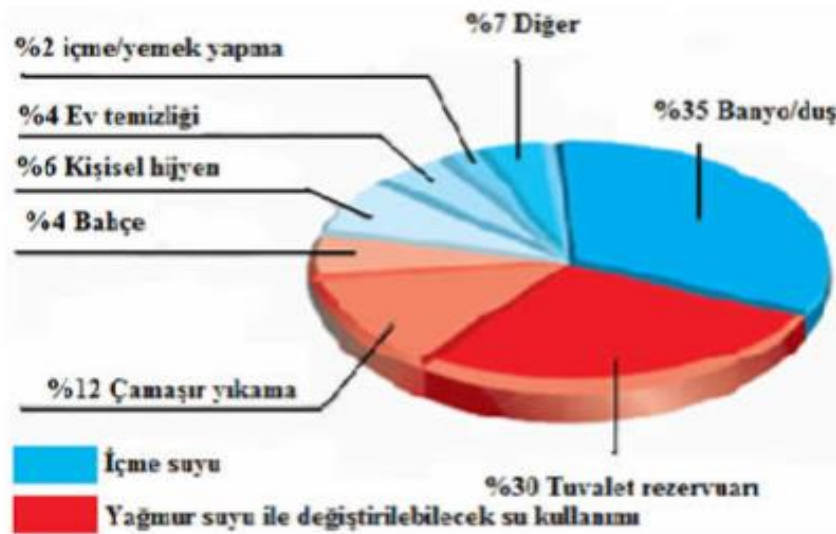
Isı pompaları, tek başına kullanıldıklarında “monovalent ısı pompası” olarak adlandırılırken, ek bir sistemle birlikte kullanıldığında ise “bivalent ısı pompası” olarak tanımlanır. Bivalent sistem ısı pompalarına en iyi örnek, ısı pompası – güneş toplayıcıları olarak verilebilir. Bivalent sistem ısı pompaları ısıtma yükünün %50 – 95'ini karşılayabilmektedir. Güneş kolektörlü sistemde dolaşım için sirkülasyon pompası kullanılmakta olup çekilen ısı, depolama tankında tutulmakta ve konut ihtiyacında kullanılmaktadır. Şekil 3.10'da yer alan bivalent ısı pompası örneğinde güneş enerjisi desteği bulunan toprak kaynaklı ısı pompasının çalışma prensibi ve ünite elemanları gösterilmiştir. Burada kullanılan güneş kolektörü yardımcı kaynak olup ısı pompası için gerekli sıcaklığı elde etmede faydalanıldığı tespit edilmiştir [20,23].



Şekil 3.10. Bivalent ısı pompası – güneş enerjisi destekli toprak kaynaklı ısı pompası [23]

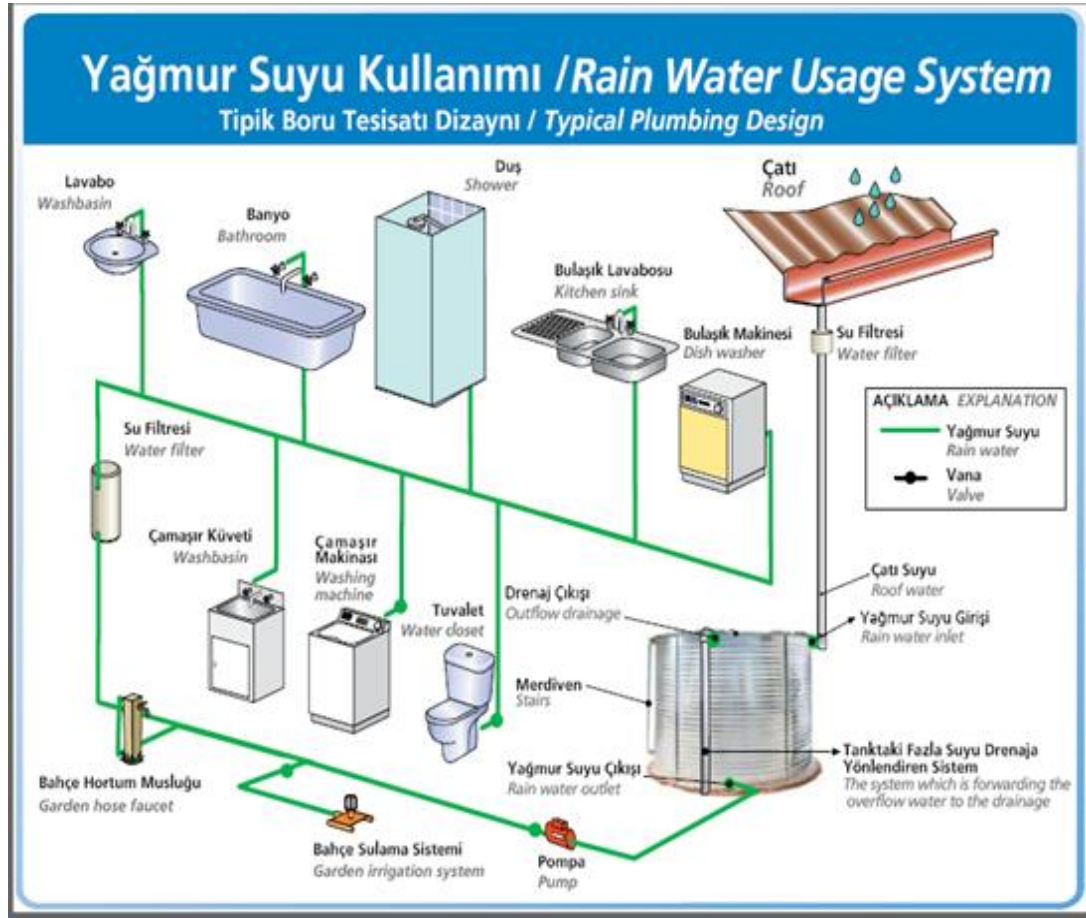
3.3. Yağmur Suyu Depolama Sistemleri

Konutlarda kullanılan suyun yaklaşık %50'si yağmur suları ile karşılanabilmektedir. Şekil 3.11'de bu durum gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Ev tüketiminde kullanılan su dağılımı [24]

Bu durum sebebiyle yağmur suyunun depolanması ve değerlendirilmesi hem çevre ve su kaynakları bakımından hem de ekonomik kazanım açısından en önemli yöntemlerden biridir. İçilebilir su kaynaklarının gün geçtikçe azaldığı göz önünde bulundurulduğunda yağmur suyu kullanımı bu tüketimi azaltmak için çok büyük potansiyele sahiptir. Şekil 3.12’de yağmur suyu depolama sistemi bulunan binaların yağmur suyu kullanımına ait genel bir şema gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Yağmur suyu kullanım şeması [25]

Yağmur suyu toplama sistemlerinin genelde içerdiği bileşenler şunlardır:

- Su toplama alanı: Birçok yağmur suyu toplama sisteminde su toplama alanı yapının çatısıdır. Yağmur suyu toplama sistemi için ideal çatı yüzeyi olarak mümkün olduğunca pürüzsüz olan tercih edilmelidir. Böylece çatı yıkama sistemleri ile çatı biriken kirlere kolayca arındırılır. Galvaniz metal en çok kullanılan çatı döşeme malzemesidir.
- Çatı yıkama sistemi: Çatıdaki toz ve kirden kurtulmak amacıyla kurulan bu sistem daha çok içilebilir su kaynağı olarak kullanılan yerlerde tercih edilmektedir. Buna

rağmen diğer yerler için de kullanılması tavsiye edilmektedir. Çatı yıkama sistemi yağışlı zamanlarda çatıdan akan suyun arındırılması için tasarlanmıştır.

- Depolama öncesi süzme: Büyük parçacıkları, yaprakları ve sarnıçtan gelen diğer döküntüleri tutmak için yuvarlak paslanmaz çelik bir ekran sarnıcın her girişinin üzerine yerleştirilmeli çok fazla döküntü ve yaprağın geldiği alanlarda oluklara yaprak tutucular eklenmelidir.
- Yağmur suyu nakli: Oluklar, yağmur suyu iniş boruları ve yağmur suyunu çatıdan sarnıca taşıyan borular yağmur suyu nakil elemanlarıdır.
- Sarnıç: Yağmur suyu toplama sistemleri için gereken tek büyük yatırımdır. Malzeme olarak genellikle galvaniz çelik, beton, betonarme, fiberglas, polietilen ve dayanıklı ağaç kullanılır. Bu malzemeler arasında fiyat ve beklenen ömürleri farklılıklar bulunmaktadır. Tanklar bodruma ya da yerüstü veya yeraltında gömülü olarak dış mekana yerleştirilmelidir ve alg büyümesini önlemek için güneşten uzak tutulmalıdır. Sarnıç kapasitesi beklenen ihtiyacı karşılayabilecek boyutta olmalıdır. Son 30 yılın yağış kayıtları göz önüne alınarak yılın hiç yağış almayan ya da az yağışlı zamanlarında ihtiyacı karşılayacak şekilde boyutları hesaplanmalıdır.
- Su dağıtımı: Sarnıçta depolanan suyu dağıtmak için genellikle bir merkezi yönetim sistemi gerekli olup bu nedenle uygun yer ve sistem bileşenleri ile su dağıtımı yerçekimi beslemeli şekilde tasarlanmalıdır.
- Su arıtma sistemi: Sıhhi tesisat ve sulama hatlarını korumak için su, tortu kartuşlarında filtre edilip parçacıklardan arındırılmalıdır. İçme suyu sağlama sistemlerinde güvenli su kaynağı elde etmek amacıyla ilave yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır [26].

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal

Bu tezde yapılacak olan, iki katlı müstakil bir binanın mevcut mimari projesi ile yeşil ev tasarımıdır. Binanın mevcut mimari projesinin incelenmesi için Autocad 2014 programından faydalanılmıştır.

Binada uygulanacak olan sistemler; elektrik enerjisi için fotovoltaik paneller, ısıtma ve soğutma için güneş kolektörü destekli toprak kaynaklı ısı pompası, yağmur suyundan faydalanmak için yağmur suyu depolama sistemleri şeklindedir. Yeşil ev tasarımında ayrıca faydalanılması gereken hususlar; ısı yalıtımı ve izolasyon malzemelerinden uygun olanların kullanımı, aydınlatma için tasarruflu ampul ve lambaların kullanımı, beyaz eşya ve diğer elektrikli ev aletlerinin yüksek dereceli enerji sınıfından temini ve çevre dostu malzemelerin kullanılmasına özen gösterilmesi olarak sıralanır.

14.06.1999 tarih ve 23725 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardının uygulaması 14.06.2000 tarihinden itibaren zorunlu hale gelmiştir. Binaların kolon giriş perdelerine ısı yalıtım zorunluluğu ile binaların ısı ihtiyacı kimlikli hale getirilmiş olup binaların yoğuşma analizi yapılmaya başlanmıştır. Bu standartta mevcut olan veriler ile ısı kaybına esas olan ısı geçiş katsayılarının elde edilmiştir.

Projeye esas binanın ısı kaybını hesaplayabilmek için TS 2164 “Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları” standardı kullanılmıştır. Meteorolojik veriler, mahal iç sıcaklıkları, ısı kaybına esas olan veriler ile enfiltrasyon esaslarına göre ısı kaybı hesabı yapılmıştır. Isıtma tesisatına ait olan seçimleri yapabilmek için ısı kaybına esas olan veriler vasıtasıyla TS 2164’e uygun olarak ısı kayıp cetvelleri düzenlenmiştir.

Yeşil evin ısıtma ve soğutma sistemlerinde kullanılan toprak kaynaklı ısı pompasına ait tasarım hesaplamaları yapılmıştır. Bu şekilde ısı pompasına ait tüm bileşenler için gereken veriler elde edilmiştir. Bu sisteme entegre olarak çalışan ve özellikle sıcak su temininde yararlanılan güneş kolektörlerine ait hesaplamalar da yapılarak evin bu alandaki enerji

ihtiyacı karşılanmıştır. TS 1258 “Temiz Su Tesisatı Hesap Kuralları” standardından, sıcak su temini hesaplamaları için faydalanılmıştır.

Yerden ısıtma ve soğutma tesisatı için “OVplan” isimli yazılım programından faydalanılmıştır. “OVplan”; boru ağını (ısıtma/soğutma) ve alan ısıtma sistemi devrelerinin hesaplanmasında kullanılan bir program olup vana ön ayar değerleri, boru anma çapları, tüketicilerin performansları, pompa basma yüksekliği, ısı veya soğuk üreticisinin performansı, malzeme listesi, devre tasarımı bu program vasıtasıyla elde edilmiştir.

Yeşil evde; elektrik temini amacıyla kullanılan sistemlere ait hesaplamalar yapılmıştır. Evin ihtiyacı doğrultusunda fotovoltaik güneş sisteminin şebekeye bağlı olup olmama durumuna göre fotovoltaik güneş paneli, şarj regülatörü, invertör ve akülerden kaç adet kullanılması gerektiği bu sistem elemanlarının teknik özelliklerinden de yararlanılmak suretiyle tespit edilmiştir. Ayrıca yeşil ev için tasarlanmış olan yağmur suyu depolama sistemine ait hesaplamalar da yapılmış ve evin bazı noktalarındaki su ihtiyacının yağmur suyundan sağlanması gerçekleştirilmiştir.

Yapılan hesaplamalar ve analizler neticesinde; yeşil ev tasarımı, uygulaması ve kullanımı irdelenerek sonuçları ve verileri hakkında gereken değerlendirmeler yapılmıştır. Bu doğrultuda yeşil evin kurulumu için gerekli maliyet bulunmuştur. Evde yer alan sistemlerin kendini amorti etmesi için gereken süreler ayrı ayrı tespit edilmiştir. Maliyet analizi yapılırken standart evlerde kullanılan sistemler ile kıyaslama yapılmıştır. Ortaya çıkan durum ise tezin son bölümünde değerlendirilmiştir.

4.2. Yöntem

Bu çalışmada, yukarıda belirtilen sistemlerin hesaplamaları esnasında bazı kabuller yapılabilmesi için birtakım bilgilere ihtiyaç duyulmuştur. Bu sebeple gereken bilgiler aşağıda özetlenmiştir:

- Bina Ankara ilinde, betonarme olarak inşa edilmiştir.
- Binanın bulunduğu arsanın eni 25 m boyu da 40 m olacak şekilde toplam alanı bir dönümdür.

- Villa; zemin kat ve birinci kat dahil olmak üzere iki katlı olup müstakil konumdadır. Bina içinin toplam kullanım alanı 100 metrekaredir. Binanın çatısı betonarme olup izolasyon bulunmaktadır.
- Binanın zemin katında bulunan ana giriş kapısının yönü kuzeybatı doğrultusundadır.
- Bölgede şehir şebekesi bağlantılı su, su deposu, basınçlandırma sistemi, kanalizasyon, ulaşım, trafo, elektrik, doğalgaz gibi altyapı imkanları mevcuttur.
- Isı yalıtım kurallarına uygun olan yapı elemanları ve ısı yalıtım bileşenleri kullanılarak enerjinin etkin tüketimi sağlanmaya uğraşılmıştır.
- Tesisatın otomatik kontrolü, kullanılan ısı pompası üzerindeki dış hava kompanzasyonlu panel vasıtasıyla yönlendirilmektedir. Buna ek olarak herhangi bir otomatik kontrol paneli kullanılmamıştır.

Binanın tasarımı yapılırken kullanılan her bileşen için piyasada satılmakta olan mamuller tercih edilmiştir. Bu şekilde yapılan fiyatlandırma ile ekonomik olarak tasarım gözlemlenmek istenmiştir. Ayrıca kullanılan bu bileşenlerin teknik verilerinden de hesaplamalar esnasında faydalanılmıştır.

5. PROJELENDİRME

5.1. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi

Yeşil evde elektrik üretimi amacıyla fotovoltaik panellerden yararlanılmıştır. Binada kullanılan fotovoltaik güneş panelinin ilk yıl için %90 olan verimin sonraki yıllarda ise %80'in üzerinde olacağı vurgulanmıştır. Çizelge 5.1'de tasarım için tercih edilen fotovoltaik güneş paneline ait teknik veriler verilmiştir.

Çizelge 5.1. Kullanılan PV panelin teknik özellikleri [27]

Maksimum Güç	250 W
Maksimum Gerilim	29,8 V
Açık Devre Gerilimi	36,9 V
Maksimum Akım	8,39 A
Kısa Devre akımı	9,09 A
Uzunluk	1662 mm
Genişlik	990 mm
Yükseklik	46 mm
Ağırlık	20 kg
Fiyat	958 TL

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü verileri incelendiğinde Ankara'nın yıllık ortalama güneşlenme miktarının $1476,5 \text{ kWh/m}^2$ ve yıllık ortalama güneşlenme süresinin 2616 saat olduğunu görülmüştür [28].

Güneş paneli; polikristal – çoklu kristal yapıda tercih edilmiştir. Çoklu kristal yapıli fotovoltaik modüllerin, tekli kristal yapıli modüllere göre verimlilik faktörleri biraz daha düşüktür. Ancak imalatı daha kolay ve üretimi daha ucuz olan çoklu kristal yapıli hücreler, fotovoltaik sektöründe en çok kullanılan teknolojidir.

Yeşil evde uygulanacak olan fotovoltaik sistemin, şebeke bağlantılı veya şebekeden bağımsız olması durumu için ayrı ayrı hesaplamalar ve maliyet analizleri yapılmış olup ortaya çıkan netice doğrultusunda karar verilmesi uygun bulunmuştur.

Çizelge 5.2’de ise yaşam alanı olarak kullanılan tüm mahallerin ihtiyaçlarını karşılamak maksadıyla faydalanılan ev aletlerinin elektrik tüketimine ait tabloya yer verilmiştir.

Çizelge 5.2. Evin temel cihazlarının bir saatte sarf ettikleri enerji miktarı

CİHAZ	ENERJİ TÜKETİMİ (Wh)
Buzdolabı	25
Çamaşır Makinesi	1000
Bulaşık Makinesi	1000
Bilgisayar (PC)	200
Elektrikli Fırın	1000
Ütü	1000
Televizyon (LCD)	135
Elektrik Süpürgesi	900
İç Aydınlatma	184
Dış Aydınlatma	35

Çizelge 5.2’de evde kullanılan elektrikle çalışan cihazların sarf ettikleri elektrik, piyasada satılmakta olan yüksek enerji sınıfına dahil cihazlar arasında yapılan inceleme sonunda tespit edilmiştir. Ankara şartlarında müstakil bir binada kullanılabilecek olan bu cihazlar ve bunların elektrik harcamaları dikkate alınarak sisteme entegre edilecek PV güneş panelleri hakkında değerlendirmeler yapılmıştır. Fotovoltaik güneş panellerinin evin temel ihtiyacı doğrultusunda, şebekeden bağımsız ve şebekeye bağlı olarak iki ayrı şekilde tasarlanması ve makul olanın tercih edilmesi uygun görülmüştür.

Evin; buzdolabı, aydınlatma, televizyon ve bilgisayardan kaynaklanan elektrik tüketimi toplamının bulunması gerekmektedir. Buzdolabının günde 24 saat, televizyonun günde 5 saat ve bilgisayarın günde 3 saat çalıştığı öngörülmüştür. İç aydınlatmada kullanılan 20 adet tasarruflu ampulün aynı anda en fazla 8 tanesinin (salonda 6 ve mutfakta 2 adet) kullanılacağı ve dış aydınlatmada yer alan 5 adet 7 Wh güce sahip LED enerjili ampulden ise aynı anda yararlanılacağı kabul edilmiştir. İç aydınlatma 6 saat, dış aydınlatma ise 12 saat kullanılmıştır. İç aydınlatma için; 23 Wh, beyaz ışıklı, A enerji sınıfı, ekonomi ampulleri seçilmiş olup bu ampuller, klasik 100 Wh güçteki ampullere eşdeğerdir. %80 oranında enerji tasarrufu sağlayabilen bu ampuller yeşil ev tasarımı için idealdir.

Elektrik tüketimleri yaklaşık aynı (1000 Wh) olan bulaşık makinası, çamaşır makinası, elektrikli fırın ile ütünün güneşlenme süresi içinde çalıştırılacağı ve aynı anda çalıştırılmayacağı düşünülmüştür. Haftalık çalışma günleri, bulaşık makinası için 3 gün,

çamaşır makinası için 2 gün, ütü için 1 gün ve elektrikli fırın için 1 gün olarak kabul edilerek günlük 2 saat çalışacakları öngörülmüştür. Bu durumda her gün bu makinelerin kullanılması nedeniyle 2000 Wh elektrik tüketimi gerçekleşir. Böylelikle elektrikli ev aletlerinin günlük elektrik enerjisi harcaması aşağıdaki şekilde gerçekleşir.

$$(25 \times 24) + (135 \times 5) + (200 \times 3) + (23 \times 8 \times 6) + (7 \times 5 \times 12) + 2000 = 5400 \text{ Wh/gün}$$

Yukarıda hesaplanan bu değer dışında bir de ısı pompası için kullanılacak olan elektrik enerjisi miktarı mevcuttur. Seçilen ısı pompasının elektrik sarfiyatının 3,6 kWh olduğu bilinmektedir. Isı pompasının; Ankara şartlarında kış aylarında toplam 1400 saat ısıtma amacıyla ve yaz aylarında da toplam 600 saat soğutma amacıyla olmak üzere yılda 2000 saat kullanılacağı kabul edilmiştir. Böylelikle bir günde ısı pompasının harcayacağı elektrik enerjisi miktarı aşağıda tespit edilmiştir.

$$(3600 \times 2000) / 365 = 19726 \text{ Wh/gün}$$

Bir günde fotovoltaik güneş panellerinden elde edilmesi istenilen güç miktarı elektrikli ev aletleri ile ısı pompasının elektrik sarfiyatı toplamı olarak kabul edilecek olup akü kaybı olarak 0,75 ve invertör kaybı olarak da 0,96 alınmasıyla bina için günlük gereken enerji miktarı aşağıda belirlenmiştir [29,30].

$$(5400 + 19726) / (0,75 \times 0,96) = 34897,3 \text{ Wh/gün}$$

Ankara'nın yıl boyu toplam güneşlenme süresi 2616 saat olduğu için günlük güneşlenme süresi ortalama 7,167 saat olarak tespit edilmiştir. Bir panelden saatte 250 Wh elektrik enerjisi elde edildiği düşünüldüğünde bir panelin elde edeceği toplam enerji miktarı aşağıda bulunmuştur.

$$250 \times 7,167 = 1791,75 \text{ Wh/gün}$$

Bir günde bina için gereken elektrik enerjisi miktarı bilindiğinden bu değeri karşılayabilecek PV panel sayısı aşağıda belirlenmiştir.

$$34897,3 / 1791,75 = 19,5 \cong 20 \text{ adet}$$

Bu sonuçla; şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem kurulumu halinde yeşil evde 20 adet PV güneş panelinin kullanılmasının yeterli olacağı görülmüştür. Sisteme ait diğer elemanların hesabı ise aşağıda incelenmiştir.

Güneş enerjisinin depolanması ve gerektiğinde kullanılabilmesi amacıyla kullanılacak olan akü; 12 V ve 150 Ah HD değerlerine sahip olup fiyatı 346 TL'dir [31]. Kullanılacak akü sayısının bulunması için enerjinin aküden sağlanacağı gün miktarının, deşarj derinliğinin, batarya sıcaklık katsayısının ve günlük batarya kapasitesi ihtiyacının belirlenmesi gerekir. Enerjinin aküden sağlanacağı gün sayısı, yeşil evler için önemlidir. Havanın tamamen kapalı olduğu veya güneş ışınlarının yeterli olmadığı dönemler de düşünüldüğünde Ankara için bu süre 2 gün olarak tercih edilmiştir [32]. Batarya sıcaklık katsayısı ise Çizelge 5.3'te gösterilmekte olup Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre Ankara'nın ortalama sıcaklığı 12 °C olarak görülmektedir [33]. Yapılan interpolasyon sonucunda bu değerin 1,16 olduğu belirlenmiştir. Deşarj derinliği ise; akünün % 100 dolu durumdan tam boşalma durumuna kadar olan deşarj edilme oranı olup batarya türüne göre değişim göstermektedir. Bu veri yapılan hesaplamalarda genellikle 0,5 olarak kabul edilmektedir.

Çizelge 5.3. Batarya sıcaklık katsayısı verileri [23]

SICAKLIK (°C)	KATSAYI
26,7	1
21,2	1,04
15,6	1,11
10,0	1,19
4,4	1,30
-1,1	1,40
- 6,7	1,59

Günlük batarya kapasitesi ihtiyacının belirlenmesinde günlük olarak gereken enerji ihtiyacı kullanılmakta olup bu da 34897,3 Wh olarak tespit edilmiştir. Kullanılacak olan bataryanın 12 V olduğu daha önce de belirtilmiştir. Bu veriler ile bir gün için gereken amper miktarı aşağıda bulunmuştur.

$$34897,3 \text{ W} / 12 \text{ V} = 2908,1 \text{ A}$$

Yukarıda bulunan değer ve diğer belirlenen değerlerin de kullanılmasıyla gerekli toplam batarya kapasitesi aşağıda bulunmuştur.

$$2908,1 \text{ A} \times 1,16 \times 2 \times 0,5 = 3373,4 \text{ A}$$

Yukarıda bulunan toplam kapasite ile bir adet akünün 150 A değerine sahip olduğu bilinmektedir. Böylece ihtiyacı karşılayabilecek olan akü miktarı aşağıda bulunmuştur.

$$3373,4 \text{ A} / 150 \text{ A} = 22,5 \cong 23 \text{ adet akü}$$

Akülerdeki doğru akımı, evde kullanılacak olan alternatif akıma çevirmek amacıyla invertör kullanılmaktadır. İntertörler; 12, 24 veya 48 V gerilim üreten güneş panelleri ile şarj edilen akülerdeki 12/24 V gerilimi elektrikli cihazlar için 220-230 V AC gerilime çıkararak kullanılabilir hale getirmektedir. Kare dalga ve tam sinüs dalga invertörler olarak iki ana gruba ayrılırlar. Kare dalga invertörlerin ucuz olmaları ve daha küçük aletler için kullanılmaları; tam sinüs dalga invertörlerin ise evdeki şebeke çıkışı benzeri olması, temiz, düzgün ve sorunsuz olması genel özellikleri olarak gözlemlenmiştir. Bu sebeple tam sinüs invertör kullanımı tercih edilerek 1 adet invertör, şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem için uygun görülmüştür. Şebekeye bağlı fotovoltaik sistem için kullanılacak olan invertör için ise, bu sistemin gereklerini sağlayan başka bir model tercih edilmiştir. Çizelge 5.4'te iki farklı sistem için tasarımda kullanılan invertörlere ait teknik veriler gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Kullanımı tasarlanan invertörlerin teknik özellikleri [30]

Özellikler - Off-Grid Sistem İntertör		Özellikler - On-Grid Sistem İntertör	
Giriş Voltajı	48 V DC	Maksimum PV Güç	3800 W
Çıkış Voltajı	230 V AC	Voltaj Aralığı	125 – 550 V DC
Güç	4000 W	Güç	3600 W AC
Ağırlık	13,5 kg	Ağırlık	20 kg
Ölçüler	140 x 295 x 540 mm	Ölçüler	390 x 417 x 165 mm
Fiyat	5640 TL	Fiyat	8700 TL

Güneş panelleri ile elektrik eldesinde kullanılması gereken şarj regülatörleri; güneş paneli ile üretilen elektriğin aküyü doğru bir şekilde şarj etmesini kontrol etmek için kullanılan ekipmandır. Akülerin maksimum 14,4 V ile şarj edilebilmeleri sebebiyle şarj regülatörleri bu değer üstünde geçişi engeller. Regülatör seçimindeki en önemli nokta, regülatörün gereken maksimum akıma dayanıklı olmasıdır. Regülatörler, akü durumunu devamlı kontrol ederek batarya ömrünü uzatmaya yardımcı olur.

Yapılan inceleme sonucunda tercih edilen şarj regülatörünün orta ve büyük güç aralıklarında (2400 WP'ye kadar) 3 voltaj seviyesinde (12 V, 24 V, 48 V) uygunluk gösterdiği gözlemlenmiştir. Ek olarak sıcaklık sensörü, veri kaydedici ve fotovoltaik sistemi yapılandırma ve izleme amaçlı uzaktan kumandalı düğme de bağlanabilmektedir. Isı kontrolünü sağlayan PWM regülasyon sistemi ile güvenlik ve rahat kullanım konusunda kolaylık sağlamaktadır.

8,39 A değerinde olan güneş panellerinden 20 adet kullanılması göz önünde bulundurulduğunda 4 adet şarj regülatörü kullanımının yeterli olacağı görülmüştür. Çizelge 5.5'te tercih edilen şarj regülatörüne ait teknik veriler belirtilmiştir.

Çizelge 5.5. Şarj regülatörünün teknik özellikleri [34]

Teknoloji	PWM
Sistem Voltajı	12/24 V
Maksimum Giriş Voltajı	90 V
Maksimum PV Giriş Akımı	45 A
Maksimum Çıkış Akımı	45 A
Boyutlar	187 x 128 x 49 cm
Fiyat	820 TL

Şebekeye bağlı fotovoltaik sistem tercih edilmesi durumunda ise elektrik depolama olmayacağından akü ve şarj regülatörü ihtiyacı bulunmamaktadır. İnvörtör ise bu sistemde de mevcut olup Çizelge 5.4'te yer aldığı şekilde kullanılmıştır. Şebekeye bağlı fotovoltaik sistem için gereken hesaplamalara aşağıda yer verilmiştir.

$$(5400 + 19726) / 0,96 = 26173 \text{ Wh/gün}$$

Yukarıda bulunan; yeşil evin günlük elektrik ihtiyacı yanında invertör verimi de göz önünde bulundurulduğunda ortaya çıkan tüketim değeridir. Ankara'nın günlük güneşlenme süresinin ortalama 7,167 saat olup bir panelden 250 Wh elektrik enerjisi elde edildiği bilinmektedir. Bu veriler doğrultusunda şebekeye bağlı sistemde ne kadar fotovoltaik panel gerekeceği aşağıda bulunmuştur.

$$26173 / (7,167 \times 250) = 14,6 \cong 15 \text{ adet panel}$$

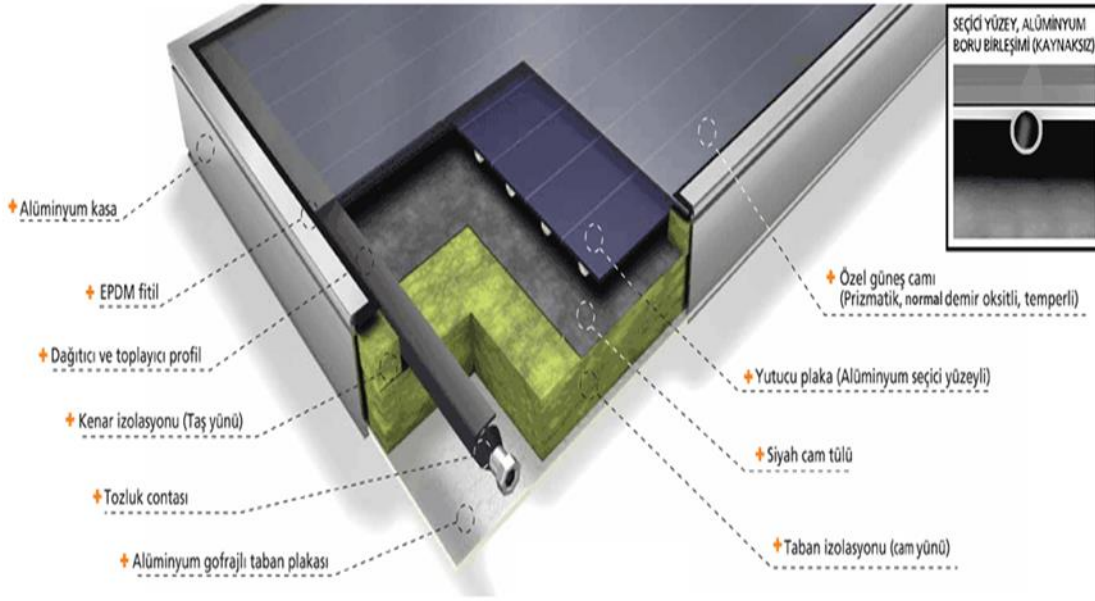
Yukarıda hesapları yapılmış olan bu veriler doğrultusunda yeşil evde kullanılması uygun olan elektrik sisteminin; şebekeye bağlı (on-grid) fotovoltaik sistem veya şebekeden bağımsız (off-grid) fotovoltaik sistem olması durumu yapılan maliyet analizi neticesinde sonuç bölümünde irdelenmiştir.

5.2. Güneş Enerjisi ile Sıcak Su Eldesi

Güneş enerjisinin en yaygın şekilde evlerde kullanımı, güneş enerjisinden sıcak su elde etmek şeklindedir. Bu yöntem; genellikle evlerin çatılarına yerleştirilen düzlemsel güneş kolektörleri ile açıklanmaktadır. Düzlemsel güneş kolektörlerinin tercih sebebinin; basit yapıları ile ekonomik ve pratik olmaları şeklinde özetlenmesi uygun bulunmuştur.

Sistemde kullanılacak düzlemsel kolektör olarak alüminyum seçici yüzeyli model belirlenmiştir. Şekil 5.1’de tasarımda kullanılan güneş kolektörüne ait görsele yer verilmiştir. Bu modelin seçiminde rol oynayan hususlar aşağıda belirtilmiştir [35]:

- Alüminyum yutucu plakanın ışın geri yama değeri bakır ve çeliğe göre daha fazla olmasına rağmen alüminyum üzerine yapılan nikel pigmentli alüminyum oksit kaplamanın derinliği daha büyüktür ve bu sayede yüzey alanı, görünür yüzey alanına göre oldukça fazladır. Bu sebeple, seçilen kolektörün verimi, bakır kolektör ile eşit veya daha yüksek olmaktadır.
- Alüminyum plakalar kimyasal havuzlarda kaplanmakta ve son aşamada temizleme banyolarında su ile yıkanmakta olup bu sayede atmosfer koşullarının kolektör içerisinde oluşturabileceği nemlenmenin kaplamaya zarar vermesi olasılığı çok düşüktür. Buna karşın bakır plaka üzerine uygulanan kaplama işlemi vakum altında yapılmakta olduğundan sonradan oluşabilecek nem ve su, bu kaplamaya ciddi zararlar verebilmektedir.
- Seçilen alüminyum yüzeyli kolektörün daha makul fiyatlarla sunulması tercih sebebi olmuştur.
- Seçilen plakada kullanılan profillerin ekstrüzyon yöntemiyle tek parça halinde üretilmesi ile hidrolik açıdan basınç kaybı değerleri minimize edilerek plakadan enerji emilmesi maksimum düzeye çıkarılmıştır.



Şekil 5.1. Kullanılan alüminyum seçici yüzeyli kolektörü oluşturan sistem parçaları [35]

- Seçilen kolektörde kullanılan camlar temperli olup güneş ışınları geçirgenlik değerleri oldukça yüksektir.
- Seçilen kolektörde ısı izolasyonu için yüksek yoğunlukta olan bir yüzü siyah camtülü kaplı taş yünü kullanılması ile bünyesinden kimyasal gaz çıkışı olması önlenmektedir. Bu madde; çok yüksek sıcaklıklara dayanıklı olup cam yününden farklı olarak nem itici özelliğe sahiptir. Montajda kullanılan diğer malzemeler de gaz çıkışı oluşturmaz. Buna örnek olarak silikonun nötr olup asit içermemesi verilebilir. Bu durumun sonucu olarak ise gaz çıkışı yoluyla cam altında film tabakası oluşması önlenmesi ile uzun bir zaman boyunca yüksek verimlilik sağlanmış olur.
- Ultrason kaynağı kullanılarak üretilen bakır kolektörlerde, su kanallarının seçici yüzeyle temas alanı oldukça küçük olması, lehimleme yoluyla üretilen bakır kolektörlerde ise yüksek sıcaklıklardaki işletim durumlarında kullanılan lehim malzemesinden kaynaklanan gaz çıkışı sebebiyle cam altında film tabakası oluşabilmektedir. Bakır kolektörlerin verimleri üzerinde olumsuz etki yapan bu durumlar seçilen kolektörün geçerli değildir.
- Seçilen güneş kolektörü tamamen geri dönüşümlü malzemedan üretilmekte olan çevreye saygılı bir ürün olması sebebiyle yeşil evlerde rahatlıkla kullanılabilir.

Seçilen güneş kolektöründe seçici yüzey (yutucu plaka) alüminyum olup yutucu plaka gövdesi yekpare alüminyum profillerden oluşmaktadır. Gövde profilleri; dağıtıcı ve toplayıcı boru profillerine yüksek basınç altında kenetlendirme ile tespit edilmiş olup kaynak kullanılmamıştır. Böylece, kaynak dikişi nedeniyle sebep olabilecek tüm sorunlar bertaraf edilmiştir. Yüksek basınçlara dayanıklı olan kolektör, sıvı dolaşımında türbülans oluşumu sağlayarak, sıvının her zerresinin yüzeyle teması ile enerjinin daha verimli aktarımına olanak sunmaktadır. Durağan halde, yani sıvı dolaşımı olmadığında, yüzey sıcaklığı 191 °C değerine çıkmaktadır.

Özel galvanik kaplama tekniği ile güneş ışınlarının ısı enerjisi verebildiği 0,2 µm ile 2 µm dalga boyu aralığındaki ışınımın % 93 ile % 97 arası bir oranda emilmesi sağlanmaktadır. Güneş enerjisi geçirgenlik değeri % 86,0 olan standart model kolektörde ise normal demirli cam ve izolasyon olarak taş yünü kullanılmakta olup cam ile ilgili düzeltme faktörleri ile yutucu plaka ışın emme değerleri dikkate alındığında absorber alanı optik verim değerleri % 76,4 ile % 83,1 arasında değişmektedir.

Nikel pigmentasyonlu alüminyum oksit kaplama ile atmosferik şartlara dayanıklılığı artırılmış olup yüzey özelliklerini yıllarca kaybetmeyecek şekilde geliştirilmiştir. Ekstrüzyon tekniğiyle elde edilmiş profillerden oluşan yutucu plakada ısı kanalları yüzeyle yekpare olması sayesinde yüzeyde toplanan enerji hiçbir engelle karşılaşmadan sıvı akışkana iletilmektedir [35].

5.3. Isı Kaybı Hesabı

Isı kaybı hesabı, binanın ısınması için gereken enerjinin hesaplanabilmesi maksadıyla yapılmakta olup geneli itibariyle iki aşamadan oluşmuştur. İlk aşamada ısı kaybını oluşturan verilerin açıklanması, ikinci aşamada ise bu verilerle oluşan ısı kaybının hesaplanması izah edilmiştir.

Isı kaybı hesaplaması yapılırken kullanılacak olan temel veriler, iç ve dış hava sıcaklıklarıdır. TS 2164'te yer alan projelendirme dış sıcaklıkları ve rüzgar durumlarına ait olan değerlerden Ankara için -12 °C (Rüzgarlı) olduğu tespit edilmiştir. Aynı standartın mahal iç sıcaklık değerleri ise Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. TS 2164 mahal iç sıcaklıkları [36]

MAHAL ADI	SICAKLIK (°C)
Salon	20
Antre	15
Tuvalet	20
Mutfak	20
Yatak odası	20
Banyo	24
Merdiven	10
Hol	15
Çatı katı	6

Bir yapı bileşeninin ısı iletim katsayısı, yüzeysel iç ve dış ısı taşınım direnci ile ısı geçirgenlik direncine bağlıdır. Isı iletim katsayıları, yapı bileşenleri için TS 825'te belirtilmiş olup ısı geçiş katsayılarını hesaplamak için kullanılmaktadır. Aşağıda yer alan Eş. 5.1 yardımıyla toplam ısı geçiş katsayıları bulunmuştur [36].

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_d} \quad (5.1)$$

U: Yapı bileşeninin toplam ısı geçiş katsayısı (W/m^2K)

$1/\alpha_i$: İç yüzey ısı taşınım direnci (m^2K/W)

d_n : Yapı bileşeninin kalınlığı (m)

λ_n : Isı iletim katsayısı (W/mK)

$1/\alpha_d$: Dış yüzey ısı taşınım direnci (m^2K/W)

Çizelge 5.7'de dış ve iç yüzeylere ait ısı taşınım dirençlerine ait veriler verilmiştir.

Çizelge 5.7. Hesaplanmış yüzeysel ısı iletim (taşınım) direnç değerleri [36]

No	Yapı bileşeni tipi ³⁾	Yüzeysel ısı iletim direnci ^{1) 2)}	
		$1/\alpha_i$ (m ² K / W)	$1/\alpha_d$ (m ² K / W)
1	Dış duvar (Sıra no 2 'de verilenin dışındaki dış duvarlar)	0,13	0,04
2	Arkadan havalandırılan giydirme cepheli ⁴⁾ dış duvarlar, ısı yalıtımı yapılmayan tavan arasını ayıran alçak duvarlar		0,08
3	Daireler arasındaki ayırıcı duvarlar, merdiven duvarı, farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran duvarlar, sürekli olarak ısıtılmayan mekânlara bitişik bölme duvarı, ısı yalıtımlı tavan arasına bitişik alçak duvar		5)
4	Toprak temaslı dış duvar		0
5	Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan yatay veya eğimli, yukarıda yer alan (havalandırılmayan çatı) tavan veya çatı	0,13	0,04
6	Kullanılmayan bir tavan arası veya havalandırılan bir mekân altındaki tavan (havalandırılan çatı kabuğu)		0,08
7	Daireler arası ayırıcı taban veya farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran taban		
7.1	Aşağıdan yukarıya ısı akışı olması hâlinde	0,13	
7.2	Yukarıdan aşağıya ısı akışı olması hâlinde	0,17	5)
8	Bodrum tavanı	0,17	5)
9	Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan çıkma tabanları		0,04
10	Altında bodrum olmayan bir yaşama mekânının zemine oturan tabanı		0
<p>1) Basitleştirmek amacıyla bütün durumlarda $1/\alpha_i=0,13\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ve 4 ve 10'uncu sıradaki durumlar hariç olmak üzere $1/\alpha_d= 0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ değerleri hesaplamalarda kullanılabilir.</p> <p>2) Yapı elemanlarının yüzeylerinde meydana gelen yoğuşma kontrolü sağlanmamış olan duvarlarda toplam ısı geçiş direnci Ek TS 825-6'ya göre hesaplanmalıdır. Bu duvarla için $1/\alpha_i= 0,17 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ olarak alınır.</p> <p>3) Yapı bileşenlerinin bina üzerindeki konumları için TS 825-5'e bakınız.</p> <p>4) Hava boşluklu sandviç duvarlarda Sıra no 1 'de verilen değerler kullanılır.</p> <p>5) Yapı bileşeninin iç mekânda yer alması durumunda, hesaplamalarda iç ve dış yüzey ısı iletim direnç değerleri aynı kabul edilmelidir.</p>			

Toplam ısı geçiş katsayısının hesaplanması ile iletim ve taşınım yoluyla kaybolan ısı değerine ulaşılmıştır. λ_n değeri, EK-2'de yer alan tablolar yardımıyla elde edilmiştir.

Eş. 5.2'de verilen denklem ile dış duvar, teras çatı, döşeme - tavan, toprak temaslı döşeme, iç duvar, çift cam pencere ve kapıların ısı geçiş katsayıları bulunarak zamsız ısı kayıpları hesaplanmıştır [36].

$$q_o = AU\Delta T \quad (5.2)$$

q_o : Zamsız ısı kaybı miktarı (W)

A: Toplam alan (m^2)

ΔT : Sıcaklık farkı ($^{\circ}C$)

Isı kaybının önemli faktörlerinden biri de zamlar olarak tarif edilmektedir. Burada (Z_D) birleştirilmiş artırım katsayısı, (Z_H) yön artırım katsayısı, (Z_W) kat yüksekliği artırım katsayıları olarak yer almaktadır. Bu artırım katsayılarına ait veriler için yine TS 2164' ten faydalanılmıştır. Birleştirilmiş artırım katsayısına ait veriler Çizelge 5.8'de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Birleştirilmiş artırım katsayısı (Z_D) tablosu [36]

İşletme durumu	İşletme biçimi	Birleşik ortalama ısı geçirme katsayısı D (W/m^2K)			
		0,11 - 0,34	0,35 - 0,8	0,81 - 1,73	$\geq 1,74$
Sürekli işletme: Konut, hastane v.b. gibi ısı üreticisinin yalnız geceleri ve en çok 8 saat hafifletilerek çalıştırılması	I	7	7	7	7
10 saat kesintili işletme: Okul, büro, işyeri v.b. gibi ısı üreticisinin günde 10 saat durdurulması	II	20	15	15	15
14 saat kesintili işletme: Cami, spor salonu v.b. gibi ısı üreticisinin günde 14 saat durdurulması	III	30	25	20	15

Birleştirilmiş artırım katsayısı; soğuk dış yüzey ısı kaybı artırımı (Z_A) ve kesintili ısıtma rejimi artırımının (Z_U) toplamı ile bulunur. Soğuk dış yüzey artırımı hacmi çevreleyen dış yüzey oranına bağlıdır. Kesintili ısıtma rejimi artırımı ise işletmeye bir süre ara verilmesinden sonra ısıtma sistemi elemanlarının kısa zamanda tekrar eski sıcaklıklarına getirilmesi için göz önüne alınan ısı kapasitesi artırımı olarak tarif edilmektedir. Çizelge 5.9'da yön artırım katsayısına ait veriler belirtilmiştir.

Çizelge 5.9. Yön artırımı katsayısı (Z_H) tablosu [36]

Yön	G	GB	B	KB	K	KD	D	GD
Z_H	-5	-5	0	+5	+5	+5	0	-5

Kuzey yarımkürede bulunan yapıların güneye bakan yüzeyleri güneş ışınımı nedeniyle daha fazla ısınırken, kuzeye bakan hacimler ise soğur. Bu sebeple kuzeye bakan cepheler için yön artırımı yapılırken, güneye bakan cephelerde yön azaltması yapılmaktadır. Doğu ve batı cephelerde ise bir artırımı değeri uygulanmamaktadır. Çizelge 5.10'da yüksek katlara ait yüksek kat artırımı tablosu verilmiştir.

Çizelge 5.10. Yüksek katlar ve yüksek kat artırımı (Z_W) tablosu [36]

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

Bir yapının konumundan bağımsız olarak, kat yüksekliği artması ile rüzgâr hızının da artması, binanın yüksek katlarında ısı taşınım katsayısının daha büyük olmasına neden olmaktadır. Bu sebeple yüksek kat artırımı değeri ısı kaybı hesabına eklenmektedir. Mevcut projede bu artırımı kullanmayı gerektirecek yükseklik bulunmamaktadır. Toplam artırımı katsayısının hesaplanmasında Eş. 5.3 kullanılmıştır [36].

$$Z = (1 + \%Z_D + \%Z_H) \quad (5.3)$$

Artırımı ısı kaybı ise Eş. 5.4 ile bulunmuştur [36].

$$q_i = q_0 (1 + \%Z_D + \%Z_H) \quad (5.4)$$

Binalarda artırılmış ısı kaybının yanı sıra hava sızıntısı ısı kaybı da mevcuttur. Kapatılmış durumda olan pencere ve kapıların açılan kanatlarının veya kasalarının tam olarak oturmaması ile arada kalan boşluktan içeri soğuk hava sızıntısı olmaktadır. Bu soğuk hava sızıntısının ısıtılması için gereken ısı miktarı enfiltrasyon (hava sızıntısı) ısı kaybı olarak isimlendirilir ve Eş. 5.5'te verilmiştir [36].

$$q_s = \sum(al)_{dış} R H \Delta T Z_e \quad (5.5)$$

a: Birim aralık sızdırganlığı (m^3/mh)

Birim aralık sızdırganlığı; 9,8 Pa değerindeki bir basınç farkında kapı ve pencerelerden 1 m aralık boyunca saatte oda içine sızan havanın m^3 cinsinden değeridir. Çizelge 5.11'de birim aralık sızdırganlığına ait tablo verilmiştir.

Çizelge 5.11. Birim aralık sızdırganlık değeri tablosu [36]

Not: Dış kapılar, pencere gibi hesaplanır.		m uzunluk başına, a sızdırganlık değeri (m^3/h)
Ağaç ve plastik çerçeveli pencere	Tek pencere	3,0
	Muntabık pencere	2,5
	Sızdırmazlığı garantilenmiş tek ve çift camlı pencere	2,0
Metal çerçeveli pencere	Tek pencere	1,5
	Muntabık pencere	1,5
	Sızdırmazlığı garantilenmiş tek ve çift camlı pencere	1,2
İç kapılar	Sızdırmazlığı olmayan eşiksiz kapı	40
	Sızdırmaz eşikli kapı	15

l : Sızıntı aralık çevre uzunluğu (m)

Sızıntı aralık çevre uzunluğu, açılıp kapanabilen pencere ve kapılara ait çevre uzunluğu olarak ifade edilir.

R : Oda özelliği

Oda özelliği (R); ısı kaybı hesaplanan hacmin, en elverişsiz rüzgar durumunda rüzgarın üflediği kapı ve pencere aralıklarından odaya sızan hava miktarı ile odadan dışarı kaçan hava miktarının orantısal olarak kullanılmasıyla bulunmuş birimsiz bir değerdir. Bu

katsayının tam olarak hesaplanması imkansız olup Çizelge 5.12'deki tabloda yer alan değerlerden yararlanılmıştır.

Çizelge 5.12. (R) oda özelliği değerler tablosu [36]

PENCERE CİNSİ	İÇ KAPI	A_d/A_i	R Oda Özelliği
Ahşap veya plastik çerçeveli pencere	Sızdırır	< 3	0,9
	Sızdırmaz	< 1,5	
Metal çerçeveli pencere	Sızdırır	< 6	
	Sızdırmaz	< 2,5	
Ahşap veya plastik çerçeveli pencere	Sızdırır	3 ile 9	0,7
	Sızdırmaz	1,5 ile 3	
Metal çerçeveli pencere	Sızdırır	6 ile 20	
	Sızdırmaz	2,5 ile 6	

A_d : Dış pencere yüzey alanı, A_i : İç kapı yüzey alanı

Z_e : Köşe artırım katsayısı

Bitişik iki duvarın hemen köşesinde bulunan pencereler ve kapılar için kullanılan birimsiz artırım çarpanına köşe artırım katsayısı denilmektedir. Her iki dış duvarında kapı veya pencere bulunan odalar için $Z_e = 1,2$ alınırken diğer hacimler için $Z_e = 1,0$ olarak belirlenmiştir.

ΔT : İç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı ($^{\circ}\text{C}$)

H : Yapının ısı özelliği ($\text{Wh}/\text{m}^3\text{K}$)

Isıtılması gereken binanın durumunu, bölgesini ve yapı biçimini belirten değer olup Çizelge 5.13'te yer alan değerler kullanılmıştır.

Çizelge 5.13. (H) yapı ısı özelliği değerler tablosu [36]

		H (W.h/ m ³ .K) , Yapı ısı özelliği		Rüzgar hızı (m/s)
		Sıra ev	Tek ev	
Normal bölge	Korunmuş durum	0,28	0,39	4
	Serbest durum	0,48	0,67	6
	Olağanüstü serbest durum	0,70	0,97	8
Rüzgarlı bölge	Korunmuş durum	0,48	0,67	6
	Serbest durum	0,70	0,97	8
	Olağanüstü serbest durum	0,95	1,31	10

Sıra ev: Birden çok katlı üst üste ya da diletasyonla ayrılmış birden çok katlı yapılar
Tek ev: Bir ya da iki katlı villa tipi yapılar
Korunmuş durum: Normal genişlikteki cadde ve sokaklarla ayrılmış ve toplu halde inşa edilmiş, yüksekliği diğerlerine göre fazla olmayan yerlerdeki binalar
Serbest durum: Bahçeli evler tipinde geniş araziye serpiştirilmiş veya şehir içinde, şehrin diğer kesimlerine göre daha yüksek kotta inşa edilmiş binalar
Olağanüstü serbest durum: Deniz, içdeniz, göl kıyıları, ırmak kenarları veya ağaçsız yüksek kotlu yerdeki binalar

Hava sızıntısı ısı kaybı ile iletim ve taşınım ile olan ısı kaybının toplamı ise toplam ısı kaybını vermekte olup toplam ısı kaybı aşağıdaki eşitlikle bulunmuştur [36].

$$q_h = q_i + q_s \quad (5.6)$$

Binanın mahallerinde yaşanan ısı kayıplarından örnek verilmesi için mutfak tercih edilmiştir. Yeşil eve ait yapı bileşenleri, bu bileşenlerin kalınlıkları ve ısı iletim katsayıları EK-4'te verilmiştir. Mutfağın yapı bileşenlerine ait kalınlıklar ve ısı iletim katsayıları Eş. 5.1 kullanılarak hesaplanmıştır:

Döşeme 1

- | | | |
|------------------------------|------------|--------------------------------|
| 1) Seramik | d= 0,025 m | $\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$ |
| 2) Çimento harcı | d= 0,02 m | $\lambda = 1,4 \text{ W/mK}$ |
| 3) Tesviye betonu | d= 0,03 m | $\lambda = 1,74 \text{ W/mK}$ |
| 4) Poliüretan partikül köpük | d= 0,1 m | $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$ |
| 5) Grobeton | d= 0,15 m | $\lambda = 2,1 \text{ W/mK}$ |
| 6) Stabilize dolgu | d= 0,2 m | $\lambda = 0,7 \text{ W/mK}$ |

$$1/\alpha_i = 0,17 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$1/\alpha_d = 0$$

$$\frac{1}{U} = 0,17 + \frac{0,025}{2,3} + \frac{0,02}{1,4} + \frac{0,03}{1,74} + \frac{0,1}{0,035} + \frac{0,15}{2,1} + \frac{0,2}{0,7} = 3,426$$

$$U = 0,29 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

Döşeme 5 – Tavan

1) Seramik	d= 0,025 m	$\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$
2) Çimento harcı	d= 0,02 m	$\lambda = 1,4 \text{ W/mK}$
3) Tesviye betonu	d= 0,03 m	$\lambda = 1,74 \text{ W/mK}$
4) Asmolen döşeme	d= 0,2 m	$\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$
5) Tavan sıvası	d= 0,015 m	$\lambda = 0,87 \text{ W/mK}$

$$1/\alpha_i = 0,13 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$1/\alpha_d = 0,04 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$\frac{1}{U} = 0,13 + \frac{0,025}{2,3} + \frac{0,02}{1,4} + \frac{0,03}{1,74} + \frac{0,2}{0,13} + \frac{0,015}{0,87} + 0,04 = 1,77$$

$$U = 0,57 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

Dış duvar 2

1) Seramik	d= 0,025 m	$\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$
2) Alçı sıva	d= 0,01 m	$\lambda = 0,7 \text{ W/mK}$
3) Gazbeton	d= 0,2 m	$\lambda = 0,24 \text{ W/mK}$
4) Polistiren partikül köpük	d= 0,1 m	$\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$
5) Dış sıva	d= 0,01 m	$\lambda = 0,87 \text{ W/mK}$

$$1/\alpha_i = 0,13 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$1/\alpha_d = 0,04 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$\frac{1}{U} = 0,13 + \frac{0,025}{2,3} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{0,2}{0,24} + \frac{0,1}{0,04} + \frac{0,01}{0,87} + 0,04 = 3,54$$

$$U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$$

İç duvar 2

1) Seramik	d= 0,025 m	$\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$
2) Alçı sıva	d= 0,01 m	$\lambda = 0,7 \text{ W/mK}$
3) Tuğla	d= 0,12 m	$\lambda = 0,38 \text{ W/mK}$
4) Alçı sıva	d= 0,01 m	$\lambda = 0,7 \text{ W/mK}$

$$1/\alpha_i = 0,13 \text{ m}^2\text{W/K}$$

$$1/\alpha_d = 0,04 \text{ m}^2\text{W/K}$$

$$\frac{1}{U} = 0,13 + \frac{0,025}{2,3} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{0,06}{0,38} + \frac{0,01}{0,7} + 0,04 = 0,525$$

$$U = 1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Pencere

Çift cam PVC çerçeve pencere seçilmiş olup EK-3'te yer alan tablodan $U = 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak belirlenmiştir.

Hava sızıntısı ısı kaybı ise mutfakta mevcut olan çift cam PVC çerçeve pencere için Eş. 5.5 ile hesaplanmıştır. Diğer mahallerin hava sızıntısı ısı kaybı hesabı tablosuna EK-5'te yer verilmiştir.

$$a = 1,2$$

$$L = 3,76 \text{ m}$$

$$\Delta T = 32$$

$$R = 0,9$$

$$H = 0,67$$

$$Z_e = 1$$

$$q_s = 1,2 \times 3,76 \times 0,9 \times 0,67 \times 32 \times 1 = 87 \text{ W}$$

Bulunan bu değerlerin ardından her bir yapı bileşini için toplam alan hesaplanmış olup sıcaklık farkı ve toplam ısı geçiş katsayısı çarpılarak zamsız ısı kaybı bulunmuştur. Mahalin konumuna göre birleştirilmiş artırım katsayısı ve yön artırım katsayıları eklenerek toplam artırımlı ısı kaybı bulunmuş olup bu değere hava sızıntısı ısı kaybı eklenmek suretiyle toplam ısı kaybı tespit edilmiştir.

Mutfağın; Çizelge 5.14'te belirtildiği üzere artırımlı ısı kaybı 299 W, enfiltrasyon ısı kaybı ise 87 W olarak hesaplanmıştır. Bu iki değerin toplamı ile elde edilen toplam ısı kaybı ise 386 W olarak belirlenmiştir. Bu değer, mutfak mahalinde yaşanan ısı kaybını göstermesinin yanında mahal için gereken ısı ihtiyacı hakkında da bilgi vermiştir.

Çizelge 5.14'te yer alan tabloda, mutfak için yapılmış olan ısı kaybı hesabı ile bu mahalde döşemeden, tavandan, dış ve iç duvarlar ile pencerelerden oluşan ısı kayıpları belirlenmiş ve Eş. 5.2 ile zamsız ısı kayıpları her birim için hesaplanmıştır. Eş. 5.3 ile mutfak mahali için toplam artırım katsayısı bulunmuş olup Eş. 5.4 ile de artırımlı ısı kaybı hesaplanmış ve tabloya işlenmiştir.

Çizelge 5.15'te binaya ait tüm mahaller buldukları katlara göre numaralandırılmıştır. Çizelge 5.14'te yer alan mutfak örneğinde olduğu gibi tüm mahaller için artırımlı ısı kaybı hesabı ve hava sızıntısı ısı kaybı hesabı yapılmış olup bunların toplamıyla oluşan toplam ısı kaybı Çizelge 5.15'e işlenmiştir. Bu veriler ışığında binaya ait toplam ısı kaybı tüm mahallere ait ısı kayıplarının toplamı ile 10730,3 W olarak bulunmuştur. Bu veri doğrultusunda binanın ısıtılması için gerekli enerji ile buna uygun sistemin tercihi yapılmıştır.

Çizelge 5.14. Mutfağa ait ısı kaybı hesabı tablosu

MUTFAK (20 °C)						ISI KAYBI HESABI						Kat No:		Zemin Kat Z - 04		
Proje dış sıcaklığı: - 12 °C												Sayfa no:		4		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	ALAN HESABI						ISI KAYBI HESABI				ARTIRIMLAR				
		Kalınlığı	Uzunluk	Yükseklik veya genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Giren Alan	Toplam Isı Geçiş Katsayısı	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	Birleştirilmiş Artırım Katsayısı	Yön Artımı Katsayısı	Kat Yükseklik Artım Katsayısı	Toplam Artırım Katsayısı	Artırmalı Isı Kaybı
								A	U	ΔT	q_0	Z_D	Z_H	Z_W	Z	q_i
		cm	m	m	m^2	tane	m^2	m^2	W/m^2K	$^{\circ}C$	W	%	%	%	%	W
Dö1		52,5	1,7	1	1,7	1	-	1,7	0,29	14	6,9					
			2,3	1,9	4,37	1	-	4,37	0,29	14	17,7					
Dö5 (Ta)		29	1,9	0,5	0,95	1	0,18	0,77	0,57	5	2,2					
DD	K	30,5	4,6	2,7	12,4	1	0,77	11,6	0,34	32	126,5					
İD		16,5	2,8	2,7	7,56	1	-	7,56	1,9	5	71,8					
ÇP	KB		0,6	1,28	0,77	1	-	0,77	1,7	32	41,8					
											266,9	7	+5	-	1,12	299
$q_s = 87 \text{ W}$											$q_h = 145,1 + 87 = 386 \text{ W}$					

Çizelge 5.15. Bina mahallerine ait toplam ısı kaybı verileri

MAHAL NO	MAHAL ADI	TOPLAM ISI KAYBI
Z - 01	Salon	2685,5 W
Z - 02	WC	443,3 W
Z - 03	Antre	587 W
Z - 04	Mutfak	386 W
1 - 01	Yatak Odası	1373,5 W
1 - 02	Banyo	601,4 W
1 - 03	Yatak Odası	1527,2 W
1 - 04	Merdiven	203,9 W
1 - 05	Yatak Odası	1055,8 W
1 - 06	Banyo	943,5 W
1 - 07	Hol	11,8 W
2 - 01	Çatı Katı	911,4 W
TOPLAM		10730,3 W

Binanın diğer mahalleri için yapılan ısı kaybı hesabına ilişkin tablolara EK-6'da yer verilmiştir.

5.4. Isı Kazancı Hesabı

Isı kaybı hesabı gibi ısı kazancı hesabı da bir binanın ihtiyacı olan enerji ile sarf etmesi gereken enerjinin tespit edilmesi için yapılır. Toplam ısı kazancı belirlenirken; klimatize edilecek mahal için bir tasarım günü seçilir. Bu günün özelliği; kuru ve yaş termometre sıcaklıklarının en yüksek değere ulaştığı, güneşten gelen ışınımın en fazla olduğu ve iç yüklerin hepsinin normal olduğu gün olarak tanımlanabilir.

5.4.1. Camlardan gelen ısı kazancı

Camlardan güneş radyasyonu ile gelen ısı kazancı için Eş. 5.7 kullanılmıştır [37].

$$Q_{12} = A \left(\frac{A_R}{A} \right) q_G \quad (\text{W}) \quad (5.7)$$

A : Pencere alanı (m^2)

$\frac{A_R}{A}$: Pencerenin radyasyon geçirme oranı (W/m^2) [EK-10]

q_G : Düzeltme ve gölgeleme faktörü [EK-11]

Gölgeleme faktörü; pencere camının, referans cam olan tek, çift mukavemete sahip, şeffaf camdan farklı olması ile pencere etrafında gölgeleme elemanları bulunması nedeniyle kullanılan değere denir. Pencerenin yaz şartlarında ve dik geliş açısında, referans pencereye oranla gelen ışınımı azaltma etkisini gösteren faktördür. Pencerenin radyasyon geçirme oranına EK-10'da, düzeltme ve gölgeleme faktörüne ise EK-11'de yer verilmiştir.

Camlardan iletim ve taşınım yoluyla gelen ısı kazancı hesabında Eş. 5.8 kullanılmıştır [37].

$$Q_{1K} = KA(T_d - T_i) \quad (W) \quad (5.8)$$

K : Pencerenin toplam ısı transfer katsayısı (W/m^2K)

A : Pencere alanı (m^2)

T_d : Dış ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$)

T_i : İç sıcaklık ($^{\circ}C$)

5.4.2. Dış duvar ve çatıdan gelen ısı kazancı

Dış duvarlar ve çatıdan gelen ısı kazancının hesaplanmasında Eş. 5.9'dan faydalanılmıştır. Eşdeğer sıcaklık farkının tespitinde EK-12 ve EK-13'te yer alan tablolardan yararlanılmıştır [37].

$$Q_2 = KA\Delta T_{eş} \quad (W) \quad (5.9)$$

K : Duvar veya çatının toplam ısı transfer katsayısı (W/m^2K)

A : Isı akışına dik alan (m^2)

$\Delta T_{eş}$: Eşdeğer sıcaklık farkı ($^{\circ}C$)

5.4.3. İç bölmeler, tavan ve döşemeden gelen ısı kazancı

İç bölmelerden, tavandan veya döşemeden oluşan ısı kazancı hesabında Eş. 5.10 kullanılır. Komşu hacmin sıcaklığının tespitinde EK-9 ve EK-14'te yer alan tablolardan faydalanılmıştır [37].

$$Q_3 = KA(T_K - T_i) \quad (\text{W}) \quad (5.10)$$

K : Mahali, komşu mahalden ayıran yapı elemanının toplam ısı transfer katsayısı
($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

A : Tavan veya döşeme alanı (m^2)

T_K : Komşu hacmin sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

T_i : İç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)

5.4.4. İnsanlardan gelen ısı kazancı

İnsanlardan gelen ısı kazancı duyulur ve gizli ısı olarak iki kısma ayrılmaktadır. Duyulur ve gizli ısının toplamı, yapılan aktivitenin türüne, içinde buldukları ortamın sıcaklığına ve giysi durumlarına göre değişiklik göstermektedir. Genel olarak; duyulur ısının oranı, aktivitenin miktarının artmasıyla artar. Kişi başına duyulur ve gizli ısı kazancı değerleri EK-15'te yer alan tablodan elde edilmiştir. Eş. 5.11'de insanlardan gelen toplam ısı kazancı, Eş. 5.12'de kişi başına duyulur ısı kazancı, Eş. 5.13'te kişi başına gizli ısı kazancı formülüne edilmiştir [37].

$$Q_4 = Q_{4d} + Q_{4g} \quad (\text{W}) \quad (5.11)$$

$$Q_{4d} = n \cdot Q_{4d \text{ insan}} \quad (\text{W}) \quad (5.12)$$

$$Q_{4g} = n \cdot Q_{4g \text{ insan}} \quad (\text{W}) \quad (5.13)$$

n : Kişi Sayısı

$Q_{4d \text{ insan}}$: Kişi başına duyulur ısı kazancı ($\text{W}/\text{şahıs}$)

$Q_{4g \text{ insan}}$: Kişi başına gizli ısı kazancı ($\text{W}/\text{şahıs}$)

5.4.5. Aydınlatmadan gelen ısı kazancı

Aydınlatma yapmak amacıyla kullanılan ampul veya lambalar çevreye ısı enerjisi yaymakta olduğundan mahalde ısı kazancına sebebiyet vermektedir. Ancak; konut ve otel odaları gibi yerlerde radyasyonla ısı kazancının maksimum olduğu saatlerde yapılan projelendirme için, çok düşük seviyede aydınlatma yapılmaktadır. Bu nedenle, bu tip yerlerde aydınlatmadan gelen yükler aşırı olmadığı sürece ihmal edilebilmektedir. Bu tasarım kapsamında yapılan hesaplamalarda da aydınlatmadan gelen ısı kazancı ihmal edilmiştir [37].

5.4.6. Cihazlardan gelen ısı kazancı

Elektrikle çalışan cihazlar buldukları ortama ısı yayarlar. Bu sebeple, bina tasarımında kullanılan elektrikli cihazlar, buldukları mahalın ısı kazancı hesabına eklenmektedir.

Mutfak için; buzdolabı 290 W, çaydanlık 180 W ve elektrik ocağı 220 W olarak tespit edilmiş olup banyo için ise çamaşır makinesi 1500 W olarak duyulur ısı kazancı belirlenmiştir. Bunlardan çaydanlığın 70, elektrik ocağının 280 ve çamaşır makinesinin ise 1500 W gizli ısı kazancı bulunmasına ait veriler EK-16'da yer alan tablodan elde edilmiştir [37].

5.4.7. Binanın ısı kazancı hesabı

Tasarım evinde ısı kazancı hesabı yapabilmek amacıyla projelendirme şartlarının belirlenmesi gerekmiştir. Bu maksatla daha önceden de belirtildiği üzere binanın Ankara'da olması nedeniyle seçilecek olan değerler Ankara'ya ait olan değerler olmuştur. Bu değerler için Çizelge 5.16'da yer alan verilerden faydalanılmıştır.

EK-7'de yer alan tablodan alınan değerlerden Ankara'nın kuru termometre sıcaklığının 34°C, yaş termometre sıcaklığının 20 °C olduğu belirlenmiştir. Çizelge 5.16'da yer alan iç proje şartlarından ise tasarımı yapılan binanın ev olarak kullanılması sebebiyle ilgili kısım seçilerek bu kısımdaki normal aralık tercih edilmiştir.

Çizelge 5.16. İklimlendirme iç proje şartları [37]

Bölge	Lüks		Normal			Nem kontrollü			Nem kontrolsüz	
	KT (°C)	ϕ (%)	KT (°C)	ϕ (%)	Sapma (°C)	KT (°C)	ϕ (%)	Sapma (°C)	KT (°C)	Sapma (°C)
Apartman, ev, ofis, otel, okul	23,5 – -24,5	50 – 45	25 – 26	50 – 45	1 – 2,5	23,5 – 24,5	35 – 30	1,5 – 2,5	24 – 24,5	2,5
Banka, berber, depo, büyük çarşı	24,5 – 25,5	50 – 45	25,5 – 26,5	50 – 45	1 – 2,5	22 – 23	35 – 30	1,5 – 2,5	23,5 – 24,5	2,5
Bar, mutfak, lokanta, cami	24,5 – 25,5	55 – 50	25,5 – 26,5	60 – 50	0,5 – 1	22 – 23,5	40 – 35	1,5 – 2,5	23,5 – 24,5	2,5
Fabrika montaj dairesi, makine odaları	25 – 26,5	55 – 45	26,5 – 29,5	60 – 50	1,5 – 3,5	20 – 22	35 – 30	2 – 3,5	21 – 23,5	3,5

Çizelge 5.16'dan tasarımı yapılan ev için normal şartlar altında kuru termometre sıcaklığı 25,5 °C ve nemi ise %48 olarak belirlenmiştir. Bu veriler doğrultusunda diğer projelendirme şartları psikometrik diyagramdan bulunmuş olup ısı kazancı çizelgesine işlenmiştir.

Tasarımı yapılan evin projelendirme günü ve saatini belirlemek için güneş radyasyonu ile ısı kazancı sağlayan pencerelerin coğrafi yönlerinin tayin edilmesi ve pencere alanlarının tespit edilmesi gerekmiştir. Bu tespitin ardından pencere alanı en geniş olan cephe tercih edilir. EK-10'da yer alan tablonun yardımıyla projelendirme günü ve saati belirlenerek ve bu tarih ve saat için pencerenin güneş radyasyonunu geçirme oranı bulunmuştur.

Salon için aşağıdaki pencere alanları mimari projeden bulunmuştur:

Kuzeydoğu cephesinde \sum Pencere Alanı: 3,8 m²

Güneybatı cephesinde \sum Pencere Alanı: 6,19 m²

Güneydoğu cephesinde \sum Pencere Alanı: 8,57 m²

Güneydoğu cephesindeki pencere alanının daha geniş olması nedeniyle güneydoğu için pik yükün olduğu tarih 23 Ekim saat 10:00 olarak tespit edilmiştir. Bu andaki pik yük değeri

ise 513 W/m^2 olarak belirlenmiştir. Aynı tarih için kuzeydoğu cephesi 35 W/m^2 ve güneybatı cephesi de 63 W/m^2 olarak görülmüştür. Böylece oluşan radyasyon her pencere ve her cephe için hesaplanarak toplanabilmektedir. Çizelge 5.17’de evin pencerelerinde oluşan pik yüklere ait tablo verilmiştir.

$$Q_{rad} = 513 \times 8,57 + 63 \times 6,19 + 35 \times 3,8 = 4919,4 \text{ W}$$

Çizelge 5.17. Mahal pencerelerinde pik yük hesabına ilişkin tablo

Mahal adı	Pencere yönü	Pencere alanı (m^2)	Tarih ve saat	Toplam radyasyonu geçirme (W/m^2)	Ara toplam (W)	Toplam
Antre (Z – 03)	Kuzeybatı	0,84	21 Haziran 17:00	419	352	352
Mutfak (Z – 04)	Kuzeybatı	0,77	21 Haziran 17:00	419	321,8	321,8
Yatak odası (1 – 01)	Kuzeydoğu	0,96	23 Ekim 10:00	35	33,6	2229,2
	Güneydoğu	4,28		513	2195,6	
Banyo (1 – 02)	Güneydoğu	0,8	23 Ekim 10:00	513	410,4	410,4
Yatak odası (1 – 03)	Güneybatı	0,96	23 Ekim 10.00	63	60,5	2256,1
	Güneydoğu	4,28		513	2195,6	
Merdiven (1 – 04)	Kuzeybatı	0,9	21 Haziran 17:00	419	377,1	377,1
Yatak odası (1 – 05)	Kuzeybatı	1,93	21 Haziran 17:00	419	808,7	808,7
Banyo (1 – 06)	Kuzeybatı	0,77	21 Haziran 17:00	419	321,8	321,8

Çizelge 5.17’de yer alan tabloda salon dışındaki mahaller için pencere alanları bulunmuş olup pencere yönleri mimari proje vasıtasıyla tespit edilmiştir. Pencere alanın çoğunlukta

olduğu yöne göre pik yüklerin oluşacağı tarih ve saat belirlenmiş olup bu tarih ve saat için de güneş radyasyonu geçirme oranları cephelere göre pencere alanıyla işleme konularak hesaplanmıştır. Bu veriler ışığında pencere alan yoğunluğu ve pik yükten elde edilebilecek olan ısı kazancı miktarları göz önüne alındığında 23 Ekim saat 10:00 tarihinin projelendirme günü olarak seçilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

Çizelge 5.18'de yeşil evde oluşan ısı kazancını hesaplamak için kullanılan ısı kazancı hesabını tablosuna örnek verilmiştir. Bu tabloda salonda gerçekleşen ısı kazancına ait hesaplamalar gösterilmiş olup diğer mahaller de benzer şekilde hesaplanmıştır.

Çizelge 5.18. Isı kazancı hesabı tablosu

Yapının bulunduğu yer: ANKARA		Projelendirme günü-saati: 23 EKİM Saat 10:00		Kat: ZEMİN Oda: SALON - 01		Sayfa no: 1					
ISI KAZANCI HESABI											
Projelen- dirme Şartları	Hava Şartları		T_{kuru} (°C)	$T_{yaş}$ (°C)	ϕ (%)	h (kJ/kg)	w (g/kg)				
	Dış		34	20	27	58	9,8				
	İç		25,5	18	48	51	9				
Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazançları											
a	b	c	d	e	f	g	h	ı	j	k	l
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	Alan Hesabı				Güneş Yüğü			Transmisyon		Duyulur ısı
		Adet	Alan	Çıkan Alan	Net Alan	Toplam Güneş Radyasyonu	Düzeltilme Faktörü	Isı	K	$\Delta T_{eş}$	
Birimler			m^2	m^2	m^2	W/m^2	-	W	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	$^\circ C$	W
ÇP	GD	2	4,28	-	8,57	513	0,54	2374	1,7	8,5	123,8
ÇP	KD	1	3,8	-	3,8	35	0,54	71,8	1,7	8,5	54,9
ÇP	GB	1	6,19	-	6,19	63	0,54	210,6	1,7	8,5	89,4
DD	GD	1	21,6	8,57	13,03	-	-	-	0,34	3,3	14,6
DD	KD	1	7,83	3,8	4,03	-	-	-	0,34	2,2	3
DD	GB	1	10,26	6,19	4,07	-	-	-	0,34	2,2	3,05
Dö2						İhmal edilmektedir. (EK-9)					
Ta5		1	0,84	-	0,84	-	-	-	0,57	5,5	2,63
Ta5		1	3,4	-	3,4	-	-	-	0,57	5,5	10,66
İK		1	2,52	-	2,52	-	-	-	2	5,5	27,7
İD		1	14,04	2,52	11,52	-	-	-	1,9	5,5	120,4
İD		1	8,64	-	8,64				1,9	14	229,8
Toplam Güneş Yüğü: 2656,4 W						Toplam Transmisyon: 679,9 W					
Toplam oda transmisyon ve güneş ısı kazancı: 3336,3 W											

Çizelge 5.18’de salon mahali için yapılmış olan ısı kazancı hesabı çizelgesine yer verilmiştir. Salona ait pencerelerden, dış duvarlardan, tavandan, iç kapıdan ve iç döşemeden kaynaklanan ısı kazancı hesabı için EK-9 ile EK-16 arasında yer alan tablolardan yararlanılarak toplam güneş radyasyonu, düzeltme faktörü, ısı iletim katsayısı ve eşdeğer sıcaklık farklılıkları bulunmuştur. Tablolarda yer alan değerlerden; duvarın birim ağırlığı değeri olarak 500 kg/m^2 , çatının birim ağırlığı ise 300 kg/m^2 olarak seçilmiş olup bu değerlere denk düşen verilerden faydalanılmıştır. Bu değerler ve bilinen mevcut değerler önceden belirtilen formüller vasıtasıyla hesaplanarak toplam güneş yüküne ve toplam transmisyon yüküne ulaşılmıştır. Bu aşamada döşemeden ısı kazancı EK-9’da yer alan tablodaki bilgiler doğrultusunda ihmal edilmiştir. Mahalin toplam ısı kazancında; güneş yükü ile transmisyondan kaynaklanan kazançların toplamının yanı sıra aydınlatma, insanlardan ve cihazlardan kaynaklanan ısı kazançlarının da dikkate alınması gerekmiştir. Ancak daha önceden belirtildiği üzere, evlerde aydınlatmadan kaynaklanan ısı kazancı ihmal edilmiştir. Yapılan tasarımda salon mahalinde ısı kazancına neden olan herhangi bir cihazında bulunmaması nedeniyle bu kategori de ihmal dışında bırakılmıştır. Bu amaçla salonda yalnızca insanlardan oluşan ısı kazancı hesabı yapılmıştır. Evde yaşayan insan sayısı ortalama bir ailedeki birey sayısına eş şekilde 4 kişi kabul edilmiş olup salonda ise projelendirme gün ve saatinde 3 kişinin olduğu belirlenmiştir. İnsanlardan kaynaklanan duyulur ve gizli ısı kazancına ilişkin veriler; EK-15’te yer alan tablodan $26 \text{ }^\circ\text{C}$ oda sıcaklığı ile apartmanlar, evlerde günlük, hafif ve rutin işler yapan insanlar için var olan bilgilerden elde edilmiştir. Salon için Eş. 5.11, 5.12 ve 5.13 kullanıldığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

$$\text{İnsanlardan duyulur ısı kazancı} : 63 \times 3 = 189 \text{ W}$$

$$\text{İnsanlardan için gizli ısı kazancı} : 68 \times 3 = 204 \text{ W}$$

$$\text{İnsanlardan toplam ısı kazancı} : 189 + 204 = 393 \text{ W}$$

Bu veri ile salon mahali için toplam ısı kazancı:

$$3336,3 + 393 = 3729,3 \text{ W}$$

olarak tespit edilmiştir.

Binanın tüm mahalleri için örnek olarak gösterilen salonda olduğu gibi ısı kazancı hesabı aynı şekilde diğer mahaller için de yapılmış olup ayrıntılı verilere EK-17'de yer verilmiştir. Tüm mahaller için toplam ısı kazançları ise Çizelge 5.19'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.19. Mahallerde oluşan toplam ısı kazancı verileri

MAHAL NO	MAHAL ADI	TOPLAM ISI KAZANCI
Z - 01	Salon	3729,3 W
Z - 02	WC	104,2 W
Z - 03	Antre	299,4 W
Z - 04	Mutfak	1300,8 W
1 - 01	Yatak Odası	1454,3 W
1 - 02	Banyo	241,6 W
1 - 03	Yatak Odası	1555,2 W
1 - 04	Merdiven	117,6 W
1 - 05	Yatak Odası	252,7 W
1 - 06	Banyo	3111,5 W
1 - 07	Hol	61,5 W
2 - 01	Çatı Katı	212,8 W
TOPLAM		12441 W

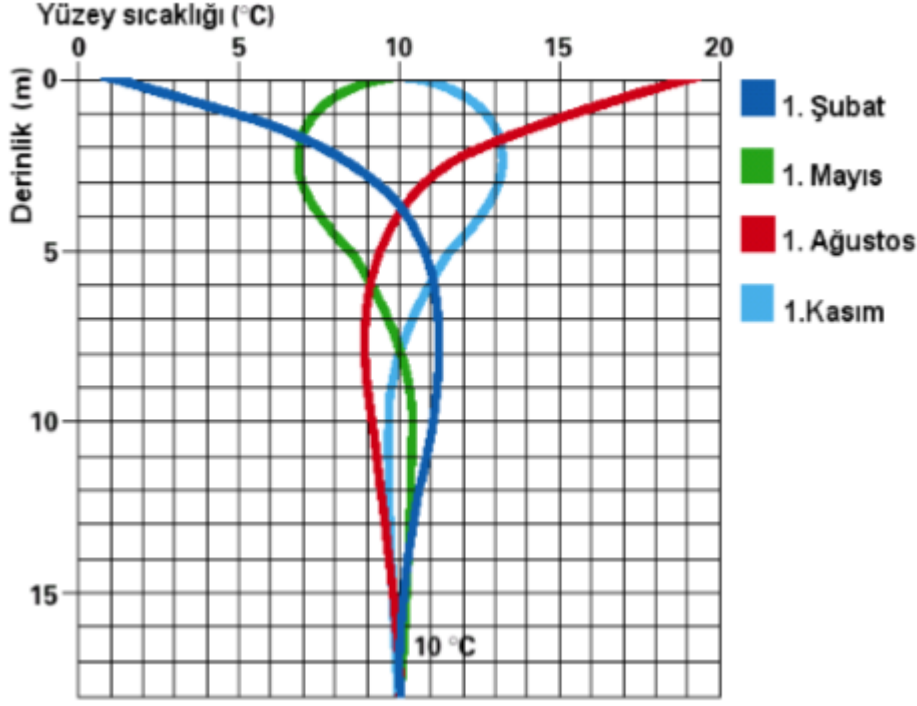
Bu değer, yeşil ev için gereken soğutma yükü hakkında bilgi vermekte olup bina tasarımının ısı pompası uygulaması için önemli bir kriter teşkil etmiştir.

5.5. Isı Pompası Seçimi ve Hesabı

Tasarımı yapılan binada kullanılacak olan ısı pompasının, daha önceden belirtilen bilgi ve karşılaştırmalar ışığında, toprak kaynaklı ısı pompası (TKIP) olarak tercih edilmesi uygun bulunmuştur. Toprak kaynaklı ısı pompasının bulunan iki çeşidi incelenip aralarında bulunan farklar ile yeşil ev uygulamasındaki tasarım kriterleri karşılaştırılarak en uygun olanı tercih edilmiştir.

2 m'lik bir derinlikte toprak tüm yıl boyunca 7 ile 13°C arasında sabit bir sıcaklık aralığına sahip olup bu durum Şekil 5.2'de bu durum gösterilmiştir. Yatay toprak kolektörleri veya

dikey sondajlar bu depolanan enerjiyi antifriz - su karışımı ile ısı pompasının buharlaştırıcısına iletmektedir.



Şekil 5.2. Yıllık toprak altı sıcaklık değişimleri [19]

Toprak yüzeyinden 5 m kadar derinlikte, toprak tabakası ısı kaynağı olarak kabul edilmekte olup yüzeyindeki yağmur, güneş ışığı gibi kaynaklardan ısı enerjisini temin eder. Daha derin tabakalardaki enerji akımı $0,063$ ile $0,1 \text{ W/m}^2$ arasında olması nedeniyle ihmal edilmiştir [19].

Dikey TKIP, genellikle dikey bir sondaj deliği içinde, iki küçük çaplı, yüksek yoğunluklu polietilen (PE) boruların yerleştirilmesiyle meydana getirilir. Borular, en altta U şeklinde bir dirsek ile ısı olarak kaynatılmakta olup düşey boru ebatları, $\frac{3}{4}$ - $1\frac{1}{2}$ " nominal çap aralığında değişmektedir. Sondaj deliği derinliği, yerel delme koşulları ve mevcut ekipmana bağlı olarak 15 – 180 m arasında değişmektedir.

Dikey TKIP'nin en önemli kazancı; sıcaklık ve ısı özellikler içinde çok küçük değişiklik gösteren toprak ile temasta olan yerin göreceli olarak küçük bir alanını gerektirmesi olarak görülmektedir. Ayrıca; boru ve pompalama enerjisinin en küçük olması ve en etkin TKIP sistem performansını vermesi de önemli parametreler arasındadır. Sakıncaları ise; uygun

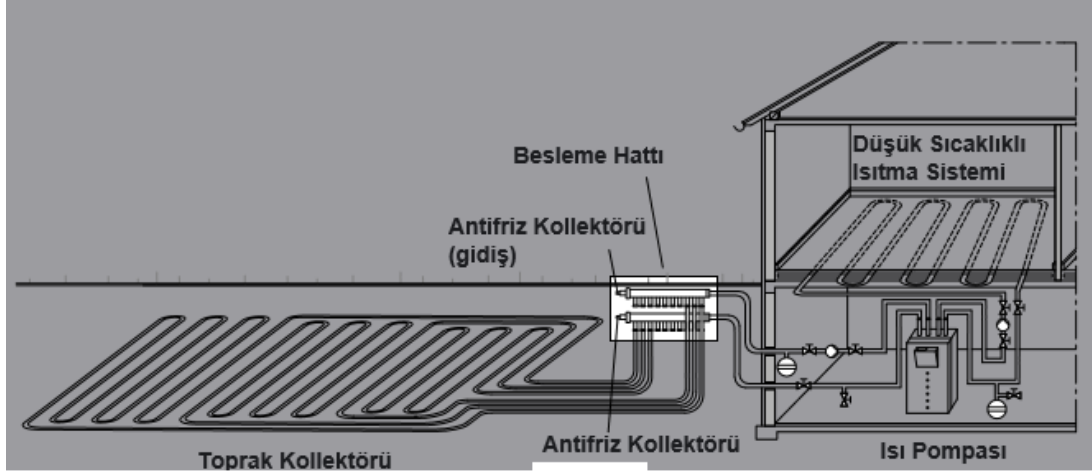
ekipman ve kurma personelinin sınırlı bulunuşundan dolayı, maliyetin yüksek olmasıdır. Yatay TKIP üç gruba ayrılmakta olup bunlar tek borulu, çoklu borulu ve serpantinli olarak adlandırılmaktadır. Tek borulu yatay TKIP, ilk olarak en az 1,2 m derinlikte dar hendekler halinde yerleştirilmektedir. Bu tasarım için büyük bir alana ihtiyaç duyulmaktadır. Çoklu borular (genellikle 2 veya 4), istenen yer alanının miktarını azaltarak tek hendek içine yerleştirilir ve hem derin dar hendekler hem de geniş hendekler 0,3 m'den 0,6 m'ye kadar ayrılmış borular ile kullanılırlar. Serpantinli tipi istenen yer alanını azaltmak için kullanılabilir. Bu yatay toprak ısı değiştiricileri; geniş hendeğin altında, dar hendek veya yayılmış kat içine dikey olarak yerleştirilen serpantin içine sıkı serpantinden küçük çaplı plastik boruyu uzatarak döşenebilir. Burada gereken hendek uzunluğu, sadece tek borulu yatay TKIP'nin % 20-30 olmasına rağmen boru uzunluğu eşdeğer ısı performansı için artırılabilir [19].

Yatay TKIP'nin en önemli özelliği; düşey TKIP'ten daha ucuz olmasıdır. Bunun sebebi; uygun yerleştirme elemanlarının yaygın şekilde mevcut olması şeklinde açıklanabilir. En önemli dezavantajı daha fazla toprak alanı gerektirmesi olarak görülmektedir. Diğer sakıncaları ise; mevsim, yağmur ve kazılmış derinlikle ilgili olarak yatay yer sıcaklıkları ve ısı özelliklerinin düzensizce değişmesi performansında azalmaya neden olabilmekte olup %30-50 daha fazla boru kullanmak gerekmektedir [38].

Bu bilgi ve veriler doğrultusunda yatay tip toprak kaynaklı ısı pompası kullanımının maliyet açısından doğru bir seçim olacağı görülmüştür. Boruların yerleşimi için gereken derinlik sistemin düzgün ve verimli çalışması için önemlidir. Plastik borular (PE) 1,2 ile 1,5 m derinlikte döşenmekte olup boru uzunluklarının 100 m'yi geçmemesi gerekmektedir. Bunun nedeni, daha uzun borulamalarda basınç düşüşü ve daha yüksek kapasiteli cihaz seçilmesi gerekliliği olarak belirtilmiştir. 2 m'den derine gömülen borularda topraktan çekilen ısının tekrar oluşması uzamakta olup 0,8 m'nin üzerinde yerleştirilen borular ise bitki örtüsü kökleri tarafından yıpranmaya ve aşınmaya maruz kalabilmektedir. Bu sebeple kullanılacak sistemdeki boruların 1,25 m derinliğe yerleştirilmesinin uygun olduğu görülmüştür.

Tüm boru döngülerinin aynı mesafede olması ile her boru döngüsünde aynı basınç düşümü dolayısıyla aynı debi özellikleri elde edilebilmektedir. Bu sayede topraktan eşit olarak ısı çekilebilecektir. Boruların uçları birer gidiş ve dönüş kolektörüne bağlanmış olup bu

kolektörlerin borulardan biraz daha yükseğe monte edilmesiyle boru sisteminin havasının atılması sağlanmaktadır. Bunların dışında ise her hattın tek tek kapatılabilmesi mümkündür. Şekil 5.3'te yatay tip toprak kaynaklı ısı pompasının evlerde kullanımına dair şema verilmiştir.



Şekil 5.3. Yatay tip toprak kaynaklı ısı pompası şeması [19]

5.5.1. Isı pompası tasarım bilgileri

Toprak ısı değiştiricisi hesabı:

Toprak kaynaklı ısı pompasında kullanılan ısı değiştirici boru uzunluğu aşağıdaki etkenlere bağlı olarak değişim gösterir [38]:

- Sistem ısıtma ve soğutma kapasitesi
- Toprak ısıl direnci
- Boru ısıl direnci
- Sistemin COP değeri
- Yıllık ortalama toprak sıcaklığı
- ısıtma – soğutma için sisteme giren su – antifriz sıcaklığı
- Çalışma faktörü

ısıtma için gereken ısı değiştiricisi uzunluğunun hesaplanmasında Eş. 5.14 kullanılmıştır [22].

$$L_H = \frac{Q_H \frac{(COP_H - 1)}{COP_H} [R_p + (R_s \cdot F_H)]}{T_d - T_{EWT,min}} \quad (5.14)$$

Soğutma için gerekli ısı değiştiricisi uzunluğu ise Eş. 5.15 ile bulunmuştur [22].

$$L_C = \frac{Q_C \frac{(COP_C + 1)}{COP_C} [R_p + (R_s \cdot F_C)]}{T_{EWT,max} - T_y} \quad (5.15)$$

T_d : Minimum toprak sıcaklığı (°C)

T_y : Maksimum toprak sıcaklığı (°C)

R_p : Boru ısı direnci (m°C /W)

R_s : Toprak ısı direnci (m°C /W)

F_H : Isıtma çalışma faktörü

F_C : Soğutma çalışma faktörü

$T_{EWT,max}$: Cihaza giren maksimum tasarım su – antifriz sıcaklığı (°C)

$T_{EWT,min}$: Cihaza giren minimum tasarım su – antifriz sıcaklığı (°C)

COP_H/COP_C : Kapasite katsayısı

Minimum ve maksimum toprak sıcaklığı; boruların gömüldüğü derinliğe bağlı olarak ortalama toprak sıcaklığının (T_m), 1,66 – 10 °C arasında yer alan bir değerdir, ısıtma ve soğutma durumuna göre az veya fazladır. Ortalama yıllık toprak sıcaklığının; 50 ft (15,24 m)'den 150 ft (45,72 m)'e kadar kuyu derinliğindeki kuyu sıcaklığına eşit olduğu kabul edilmektedir. Ortalama yıllık toprak sıcaklığını; ortalama yıllık hava sıcaklığına (T), 2 °F (1,1 °C) ekleyerek ulaşmak mümkün olup Eş. 5.16 yardımıyla bu değer hesaplanmıştır [38].

$$T_m = T + 1,1°C \quad (5.16)$$

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Ankara için verilerine bakıldığında, ortalama yıllık hava sıcaklığının 12 °C olduğu görülmüştür [33]. Böylece ortalama yıllık toprak sıcaklığı Eş. 5.16 kullanılarak bulunmuştur.

$$T_m = 12 + 1,1 = 13,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Tasarım şartları için toprak ısı değiştiricisinin derinliğinin 1,5 m'ye yakın olması nedeniyle ortalama yıllık toprak sıcaklığının azami değişimi 5,55 °C olarak kabul edilmiştir. Bۆylece minimum ve maksimum toprak sıcaklıkları Eş. 5.17 ve 5.18 vasıtasıyla bulunur. Yapılan hesaplamalar neticesinde, minimum toprak sıcaklığı 7,55 °C, maksimum toprak sıcaklığı ise 18,65 °C olarak tespit edilmiştir.

$$T_d = T_m - 5,55 \quad (5.17)$$

$$T_d = 13,1 - 5,55 = 7,55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_y = T_m + 5,55 \quad (5.18)$$

$$T_y = 13,1 + 5,55 = 18,65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Cihazın su giriş sıcaklığı birçok faktۆre bağlıdır. Bunlar; yılın hangi zaman aralığı için hesap yapıldığına, toprak ۆzelliklerine, toprak serpantininin boyutuna v.b. olarak açıklanabilir. Belirli bir zaman dilimi için su giriş sıcaklığını hesaplamak kolay değildir. Soğutma esnasında su giriş sıcaklığının minimum değeri için; ۆniteye giren su sıcaklığı, toprak sıcaklığından daha dۆřüktür. Bunun nedeni, borular içerisinde dolaşan sudan toprağa verilen ısıdan kaynaklanmaktadır. Aynı durum ısıtma esnasında su giriş sıcaklığının maksimum değeri için de geçerlidir. Cihaza giren su – antifriz sıcaklıkları yaklaşık olarak belirlenmekte olup bunlar için Eş. 5.19 ve 5.20 kullanılmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda, cihaza giren minimum su – antifriz sıcaklığı 4,55 °C, maksimum su – antifriz sıcaklığı ise 26,65 °C olarak belirlenmiştir.

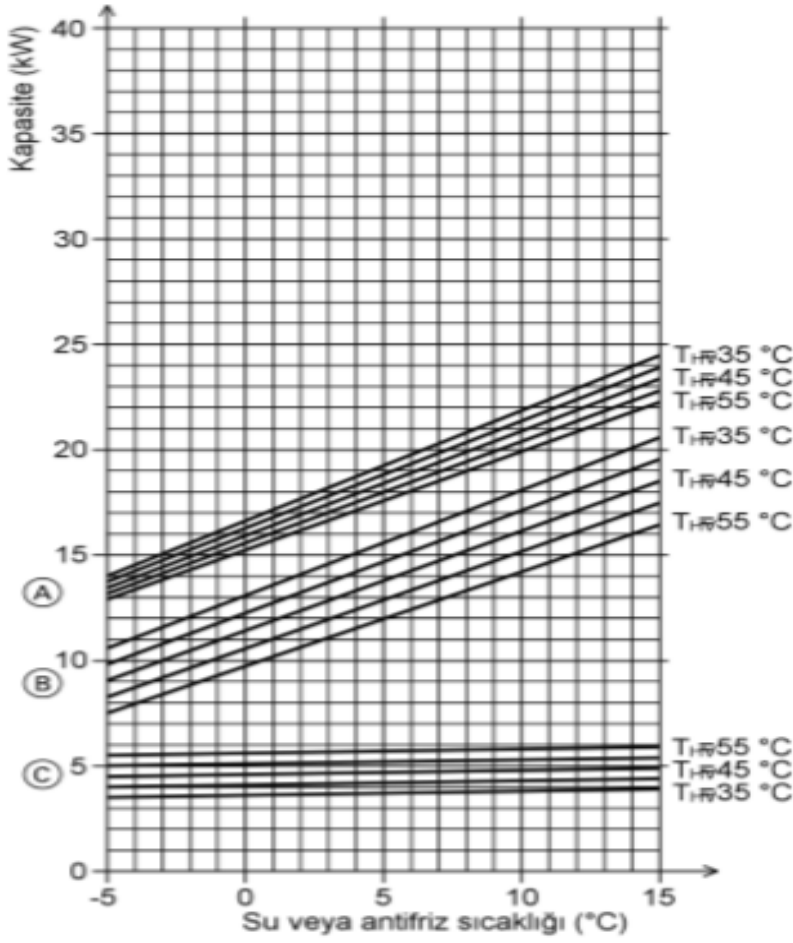
$$T_{EWT,min} = T_m - 5,55 - 3 \quad (5.19)$$

$$T_{EWT,min} = 13,1 - 5,55 - 3 = 4,55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

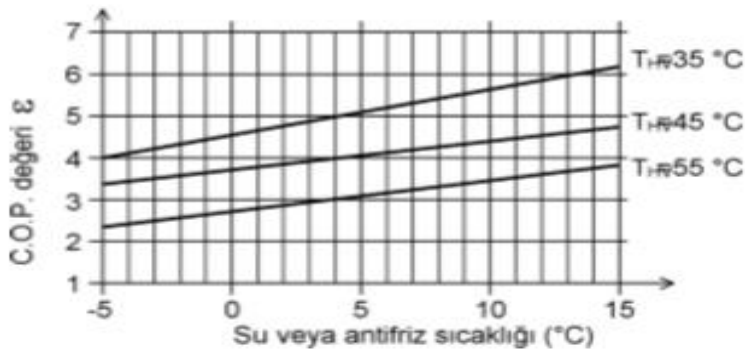
$$T_{EWT,max} = T_m + 5,55 + 8 \quad (5.20)$$

$$T_{EWT,max} = 13,1 + 5,55 + 8 = 26,65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

şekil 5.4'te TKIP'ye ait ısıtma ve soğutma gۆcۆ ile elektrik sarfiyatı, şekil 5.5'te ise ısı pompasının kapasite katsayısının değişimi gۆsterilmiřtir.



Şekil 5.4. Toprak kaynaklı ısı pompası kapasitesi [39]



- (A) Isıtma gücü
 (B) Soğutma gücü
 (C) Elektr. sarfiyatı

Şekil 5.5. Toprak kaynaklı ısı pompası kapasite katsayısı (COP) [39]

Şekil 5.4 ve 5.5'te görülen grafikler, Vitocal 300 antifriz/su ısı pompası (iki kademeli) BW 216'ya ait olup tasarım için kullanılacak olan ısı pompası olarak tercih edilmiştir. Teknik özellikler kataloğundan alınan bu verilerin yanında Çizelge 5.20'deki tabloda da ısı pompasına ait teknik verilere yer verilmiştir.

Çizelge 5.20. Isı pompası katalog değerleri [39]

Kapasite Değerleri Tip BW 216			
İşletme noktası	B0/W35	B2/W45	B2/W55
Isıtma gücü (kW)	16,6	17	16,2
Soğutma gücü (kW)	13	12,5	10,6
Elektrik sarfiyatı (kWh)	3,6	4,5	5,5
COP değeri (ϵ)	4,6	3,76	2,94

Bu değerler için elektrik sarfiyatının az olması gerekliliği göz önünde bulundurularak işletme noktası olarak B0/W35 tercih edilmiştir. Buna göre antifriz giriş sıcaklığı 0 °C, ısıtma suyu çıkış sıcaklığı ise 35 °C olarak tespit edilmiştir. Bu durumda ısı pompasının ısıtma gücü 16,6 kW, soğutma gücü 13 kW, elektrik sarfiyatı 3,6 kWh olarak belirlenmiştir. Şekil 5.5'te yer alan grafiğe bakıldığında ısıtma için COP değeri 4,6 olup soğutma için ise 3,8 olarak tespit edilmiştir.

Boru ısı direnci

Boru ısı direnci Eş. 5.21 vasıtasıyla hesaplanmıştır.

$$R_p = \frac{1}{2\pi k_p} \ln \left[\frac{D_o}{D_i} \right] \quad (5.21)$$

R_p : Boru ısı direnci (m°C/W)

k_p : Borunun ısı iletim katsayısı (W/m²°C)

D_o : Boru dış çapı (m)

D_i : Boru iç çapı (m)

Toprak altında dayanımı uzun, kimyasal maddelere karşı dirençli, darbe ve çatlak dayanımı yüksek olan ve bitki ve ağaç köklerinin içine girmesine imkan bulunmayan polietilen (PE)

boruların kullanımının tasarım için uygun olduğu görülmüştür. Bu nedenle de PE 32 x 2,9 mm PN 10 polietilen boru cinsi tasarım amacıyla kullanılmıştır.

$$k_p : 0,35 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$D_o : 32 \text{ mm}$$













$$D_i : 26,2 \text{ mm}$$

$$R_p = \frac{1}{2\pi(0,35)} \ln \left[\frac{0,032}{0,0262} \right] = 0,091 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

Toprak ısıl direnci

Toprak ısıl direnci, toprak içinde ısının akışına karşı oluşan dirençtir. Yüzey altındaki boruların derinliği, borular arasındaki uzaklık, boruların boyutu ve sayısı toprak ısıl direncine etki yapmaktadır. Çizelge 5.21'de toprak direncine ait veriler olan; boru çapı, toprağın cinsi ve boruların derinliğinin feet cinsinden değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.21. Toprak direnci tablosu [38]

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

Çizelge 5.22’de yer alan değerler vasıtasıyla 1,25 m derinlik için 4 feet (yaklaşık 1,22 m) seçilmiş olup boru çapı olan $1\frac{1}{4}$ inch’lik değerle eşleştirilerek ağır toprak kuru veya hafif toprak nemli için verilmiş olan toprak ısı direnci $R_s = 1,31 \text{ m}^\circ\text{C} / \text{W}$ bulunmuştur.

Isıtma ve soğutma çalışma faktörü

Isıtma çalışma faktörü, binada yaşanan ısı kaybı ortalamasının ısı pompasının ısıtma gücüne oranlanmasıyla elde edilir. Soğutma çalışma faktörü ise binanın ısı kazancı ortalamasının ısı pompasının soğutma gücüne oranı olarak ifade edilir. Burada ısı pompasına bağlı kompresörün bir günde çalıştığı sürenin 8 saat olması yeterli görülmüştür. Kompresör bu süre boyunca ısıtma veya soğutma amacıyla kullanılan antifriz – su karışımını ısıtıp soğutmakta olup istenilen sıcaklığa varıldığı zaman durmaktadır. Termostatlı olan bu sistem sayesinde ayarlanan değerler değişimi durumunda sistem yeniden devreye girmektedir. Isıtma çalışma faktörü Eş. 5.22, soğutma çalışma faktörü ise Eş. 5.23 ile hesaplanmıştır [22,38].

$$F_H = \frac{\text{Binanın Ortalama Isı Kaybı /Saat}}{\text{Isı Pompası Isıtma Gücü}} \quad (5.22)$$

$$F_H = \frac{10,73 / 8}{16,6} = 0,081$$

$$F_C = \frac{\text{Binanın Ortalama Isı Kazancı /Saat}}{\text{Isı Pompası Soğutma Gücü}} \quad (5.23)$$

$$F_C = \frac{12,4 / 8}{13} = 0,119$$

Isıtma için gereken ısı değiştiricisi uzunluğu

Isıtma için gereken boru uzunluğu değeri Eş. 5.14 yardımıyla bulunmuştur.

$$L_H = \frac{10730^{\frac{(4,6-1)}{4,6}} [0,091 + (1,31 \cdot 0,081)]}{7,55 - 4,55} = 552 \text{ m}$$

Soğutma için gereken ısı değiştiricisi uzunluğu

Soğutma için gereken boru uzunluğu değeri Eş. 5.15 yardımıyla bulunmuştur.

$$L_C = \frac{12400 \frac{(3,8+1)}{3,8} [0,091 + (1,31 \cdot 0,119)]}{26,65 - 18,65} = 483 \text{ m}$$

Boru uzunluklarında ısıtma için gerekli olan boru uzunluğunun daha fazla olması sebebiyle tasarım bu değer baz alınarak belirlenmiştir. $552 \cong 600$ m olarak alındığı takdirde her biri 100 metre olan 6 adet boru döngüsünün toprağa yerleştirilmesinin yeşil ev tasarımı açısından yeterli olacağı görülmüştür.

Toprak alanı

Isı pompası için gereken ısı değiştiricisi borularının yerleştirileceği, binaya ait toprak alanını hesaplayabilmek için Eş. 5.24 ve 5.25'ten faydalanılmıştır [40].

$$\dot{Q}_K = \dot{Q}_{WP} - P_{WP} \quad (5.24)$$

\dot{Q}_K : Isı pompasının soğutma gücü (kW)

\dot{Q}_{WP} : Isı pompasının ısıtma gücü (kW)

P_{WP} : Elektrik güç sarfiyatı (kW)

$$\dot{Q}_K = 16,6 - 3,6 = 13 \text{ kW}$$

$$F_E = \frac{\dot{Q}_K}{\dot{q}_E} \quad (5.25)$$

\dot{q}_E : Topraktan çekilen spesifik ısı kapasitesi (W/m^2)

Topraktan çekilen spesifik ısı kapasitesine ilişkin değerler Çizelge 5.22'de belirtilmiştir. Ankara için tercih edilen toprak türünün kumlu ve nemli toprak olduğuna karar verilmiş olup bu türe karşılık gelen değer seçilmiştir. $17,5 W/m^2$ olarak alınan bu değer ve Eş. 5.25 vasıtasıyla toprak alanı hesabı yapılmıştır.

Çizelge 5.22. Toprakta çekilen spesifik ısı kapasiteleri [40]

TOPRAK CİNSİ	SPESİFİK ISI KAPASİTELERİ (\dot{q}_E)
Kumlu kuru zemin	10 – 15 (W/m^2)
Kumlu yaş zemin	15 – 20 (W/m^2)
Killi kuru zemin	20 – 25 (W/m^2)
Killi yaş zemin	25 – 30 (W/m^2)
Yeraltı suyu taşıyan zemin	30 – 35 (W/m^2)

$$F_E = \frac{13000}{17,5} = 742,8 \cong 743 \text{ m}^2$$

Bu alanda her biri 100 m olan 6 adet boru döngüsünün yerleşimi yapılabilir. Tasarıma konu olan binanın bir dönümlük arazi üzerine kurulu olduğu düşünüldüğünde bu alanın yeterli olduğu ortadadır. Her bir boru döngüsünün aralığında 3 metrelik mesafe bulunacak olup bu mesafenin toplam uzunluğu 18,8 m olarak tayin edilmiştir. Bu da eni 25 m ve boyu 40 m olan arsa için makul bir uzunluk olması ile belirtilen değerler tasarım için uygundur.

Gerekli ısı taşıyıcı akışkan miktarı (V_R) hesabı

Isı taşıyıcı akışkanın hacmini belirlemek için kullanılan Eş. 5.26 aşağıda yer almaktadır. Çizelge 5.23'te ise PE borulara ait veriler gösterilmiştir [40].

Çizelge 5.23. PE borulara ait veriler tablosu [40]

Dış - \emptyset boru x cidar kalınlığı (mm)	DN	Her m boru için hacim (l)
20 x 2,0	15	0,201
25 x 2,3	20	0,327
32 x 3,0 (2,9)	25	0,531
40 x 2,3	32	0,984
40 x 3,7	32	0,835
50 x 2,9	40	1,595
50 x 4,6	40	1,308
63 x 5,8	50	2,070
63 x 3,6	50	2,445

$$V_R = \text{boru döngü sayısı} \times \text{bir döngünün uzunluğu} \times \text{boru hattı hacmi} + \text{besleme hattı uzunluğu} \times \text{besleme boru hattı hacmi} \quad (5.26)$$

Boru hattı daha önce belirtilmiş olup PE 32 x 2,9 olarak öngörülmüştür.

Besleme hattı : 10 m (2 x 5 m) PE 50 x 4,6

Çizelge 5.24'te belirlenen kısımlara bakıldığında gerekli verilere ulaşılmıştır.

$$V_R = 6 \times 100 \times 0,531 + 10 \times 1,308 = 331,7 \text{ lt}$$

Armatürlerde ve ısı pompasında bulunan ısı taşıyıcı akışkan da dahil olmak üzere 400 lt'lik akışkan ihtiyacı karşılayacak seviyededir.

Toprak ısı değiştiricisi basınç kaybı

Seçilen ısı pompasına ait teknik veriler EK-18'de yer almakta olup bu veriler incelendiğinde ısı pompasının debisi 4200 lt/h olarak görülmüştür. Her bir boru döngüsü için debisi; 4200 lt/h'in 6 döngüye bölünmesiyle 700 lt/h olarak bulunmuştur. EK-19'da yer alan tablodan ise borulara ait basınç kaybı tespit edilmiştir. Boru döngüsü ve besleme hattı için basınç kaybı hesabı Eş. 5.27'de verilmiştir [40].

Besleme hattı için kullanılan PE 50 x 4,6 mm PN 10 borusundaki 4200 lt/h debisi için basınç kaybı = 356,2 Pa/m

Boru hattında kullanılan PE 32 x 2,9 mm PN 10 borusundaki 700 lt/h'lik debisi için basınç kaybı = 122,5 Pa/m

$$\Delta p = R \text{ değeri} \times \text{Boru uzunluğu} \quad (5.27)$$

Boru döngüsü için;

$$\Delta p = 122,5 \text{ Pa/m} \times 6 \times 100 \text{ m} = 73500 \text{ Pa}$$

Besleme hattı için;

$$\Delta p = 356,2 \text{ Pa/m} \times 10 \text{ m} = 3562 \text{ Pa}$$

$$\text{Toplam basınç kaybı} : 73500 + 3562 = 77062 \text{ Pa} \cong 0,77 \text{ bar} \cong 7,85 \text{ mSS}$$

EK-18'de yer alan ısı pompasının teknik veriler kataloğu incelendiğinde maksimum işletme basıncının 4 bar olduğu görülmüştür. Bu durumda 3,8 mSS basınç sağlayarak akışkan sisteme akışkan basabilen 3 adet sirkülasyon pompası yerleştirilmesinin yeterli olduğu tespit edilmiştir.

Minimum oda hacmi hesabı

DIN EN 378 standardına göre ısı pompasının montaj yeri için gereken hacim, Eş. 5.28 yardımıyla bulunmuştur [40].

$$V_{min} = m_{max}/G \quad (5.28)$$

V_{min} : Minimum oda hacmi (m^3)

m_{max} : Maksimum soğutucu akışkan miktarı (kg)

G : Pratik sınır değeri

Pratik sınır değeri, soğutucu akışkanın cinsine bağlı olup DIN EN 378 standardına göre belirlenmiştir. Çizelge 5.24'te bu değerler mevcuttur.

Çizelge 5.24. Pratik sınır değeri [40]

Soğutucu Ortam	Pratik Sınır Değeri (kg/m^3)
R 407 C	0,31
R 410 A	0,44
R 134 A	0,25

EK-18'de yer alan ısı pompasının teknik veriler kataloğu incelendiğinde, ısı pompasında kullanılan soğutucu akışkanın R 407 C olduğu görülmüştür. Bu durumda pratik sınır değeri 0,31 olarak alınır. Aynı katalogta yer alan 2 x 2,6 kg değeri ile de maksimum soğutucu akışkan miktarı 5,2 kg olarak bulunmuştur.

$$V_{min} = 5,2 / 0,31 = 16,78 \cong 17 m^3$$

Genleşme tankı hesabı

Genleşme deposu seçimi yapılırken iki nokta büyük önem arz etmektedir. Bunlar:

- Asgari işletme basıncı
- Asgari nominal hacim

Standart uygulamalarda seçilen genleşme deposunun basınç dayanıklılığının, en az sistemde kullanılan basınç emniyet ventilinin ayarı kadar olması gerekmektedir. Nominal

hacim ise en az, sistemde dolaşan suyun işletme koşullarında rahatça genişleyebileceği kadar olmalıdır.

Tasarım için kullanılan toprak kaynaklı ısı pompasında primer ve sekonder devrelerin ikisinin de genişleme tankları bulunmakta olup bu nedenle ayrı ayrı incelenmeleri gerekir. Primer devrede etilen glikol antifriz olarak Tyfocor kullanılmakta olup sekonder devrede ise su dolaşmaktadır.

Primer devre genişleme tankı

Tasarım için gereken genişleme tankının hacminin tespiti için Eş. 5.29 kullanılmıştır. Genişleme tankının hacminin tespiti için gereken, sistem ısındığında artan hacim için Eş. 5.30, emniyet akışkanı hacminin bulunması için Eş. 5.31 ve maksimum çalışma basıncının belirlenmesi için Eş. 5.32'den faydalanılmıştır [40].

$$V_N = \frac{V_Z + V_V}{P_e - P_{st}} (P_e + 1) \quad (5.29)$$

$$V_Z = V_A \times \beta \quad (5.30)$$

$$V_V = V_A \times (\text{emniyet akışkan miktarı; 0,005}) \quad (5.31)$$

$$P_e = 0,9 P_{si} \quad (5.32)$$

V_N : Genişleme tankı anma hacmi (lt)

V_Z : Sistem ısındığında hacmin artması (lt)

V_V : Emniyet akışkanı (Tyfocor) hacmi (lt), (her koşulda minimum 3 lt olmalıdır.)

V_A : Sistemin toplam hacmi (antifriz) (lt)

β : Genişleme katsayısı (Tyfocor için 0,01)

P_e : Maksimum çalışma basıncı (bar)

P_{si} : Emniyet ventili tahliye basıncı = 3 bar

P_{st} : Azot ön basıncı = 1,5 bar

$$V_A = 400 \text{ lt}$$

$$V_Z = 400 \times 0,01 = 4 \text{ lt}$$

$$V_V = 400 \times 0,005 = 2 \text{ lt (minimum 3 lt olması gerektiğinden 3 lt olarak alınmıştır.)}$$

$$P_e = 0,9 \times 3 = 2,7 \text{ bar}$$

$$V_N = \frac{4+3}{2,7-1,5} (2,7 + 1) = 21,58 \text{ lt}$$

Bulunan bu veri doğrultusunda primer devrenin genişleme tankının 25 lt olarak belirlenmesi uygun görülmüştür.

Sekonder devre genişleme tankı

Isıtma suyunun dolaştığı tesisat sekonder devreyi oluşturmakta olup ısınan suyun genişmesi ile oluşan hacmi devrede bulunan kapalı genişleme deposu dengelemektedir. Sistemdeki toplam su hacmi Eş. 5.33 yardımıyla hesaplanmıştır [40].

$$V_S = w \times Q_K \quad (5.33)$$

V_S : Sistemin toplam su hacmi (lt)

Q_K : Isı pompasının ısıtma kapasitesi (kW)

w : Isıtma tipi katsayısı (lt/kW)

Isıtma sisteminin tipi yerden ısıtma olup bu sisteme ait katsayı değeri için Çizelge 5.25'teki veriler kullanılmıştır.

Çizelge 5.25. Isıtma tipi katsayısı (TS 2164)

ISITICI TİPİ	w (lt/kW)
Konvektör	5,2
Panel radyatör	8,3
Döküm radyatör	12
Çelik radyatör	16
Döşemeden ısıtma	18,5

$$V_S = 16,6 \times 18,5 = 307,1 \text{ lt}$$

Tasarımı yapılan bina 2 katlı olup her kat aralığı 2,8 metre yüksekliğindedir. Bu sebeple statik basınç hesabı aşağıdaki şekilde gerçekleşmiştir.

$$2 \text{ kat} \times 2,8 \text{ m/kat} + 0,5 \text{ m zemin yüksekliği} = 6,1 \text{ m} = 6,1 \text{ mSS} \cong 0,6 \text{ bar}$$

Genleşme deposunun ön gaz basıncı belirlenirken, deponun monte edildiği nokta ile en yüksek ısıtıcı arasındaki statik kot farkına yaklaşık 0,2 – 0,5 bar eklemek gerekir. Bu sebeple ön gaz basıncı:

$$0,6 + 0,4 = 1 \text{ bar}$$

olarak tespit edilmiştir. Bu durumda seçilecek olan genleşme deposu en az 1,5 bar işletme noktasına dayanım gösterecek şekilde olmalıdır.

Sistemde genleşecek su hacmini belirlemek maksadıyla Eş. 5.34'ten faydalanılmıştır.

$$V_G = V_S \times n \quad (5.34)$$

V_G : Genleşen suyun hacmi (lt)

n : Suyun genleşme katsayısı

Suyun genleşme katsayısını tespit edebilmek için Çizelge 5.26'da yer alan tablodan yararlanılmıştır.

Çizelge 5.26. Suyun genleşme katsayısı

°C	n	°C	n
0	0,00013	65	0,0198
10	0,00027	70	0,0227
20	0,00177	75	0,0258
30	0,00435	80	0,0290
40	0,00782	85	0,0324
50	0,0121	90	0,0359
55	0,0145	95	0,0396
60	0,0171	100	0,0434

Suyun ısı pompasındaki maksimum sıcaklığı, sekonder devre için EK-18'de yer alan ısı pompası teknik kataloğunda verilmiş olup bu değer 55 °C'dir. Isı pompası kapalı halde iken 10 °C olması sebebiyle suyun genleşme katsayısı aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$n_{55^\circ\text{C}} = n_{65^\circ\text{C}} - n_{10^\circ\text{C}} = 0,0198 - 0,00027 = 0,0195$$

$$V_G = 307,1 \times 0,0195 = 6 \text{ lt}$$

Genleşme deposunun nominal hacmi ise Eş. 5.35 vasıtasıyla hesaplanmıştır. Eşitlikte yer alan kullanma katsayısı ise Çizelge 5.27 yardımıyla tespit edilmiştir.

Çizelge 5.27. Kullanma katsayısı (K) [38]

Genleşme Deposu Ön Gaz Basıncı (bar)				
Emniyet Ventili Ön Ayar Basıncı (bar)		0,5	1,0	1,5
	1,0	0,25	-	-
	1,5	0,40	0,20	-
	2,0	0,50	0,33	0,16
	2,5	0,58	0,42	0,28
	3,0	0,62	0,50	0,37
	3,5	0,67	0,55	0,44
	4,0	0,70	0,60	0,50

$$V_N = V_G / K \quad (5.35)$$

V_N : Genleşme deposu nominal hacmi (lt)

K : Kullanma katsayısı

Genleşme deposu ön gaz basıncı olarak belirlenen 1 bar ile emniyet ventili ayar basıncı olarak alınan 3 bar vasıtasıyla Çizelge 5.28'de yer alan tablodan kullanma katsayısı değeri 0,5 olarak belirlenmiştir.

$$V_N = 6 / 0,5 = 12 \text{ lt}$$

Bulunan nominal hacim sonucunda 12 lt'lik genleşme deposu kapasitesinin tasarım için yeterli düzeyde olduğu görülmüştür.

Isıtma suyu deposu hesabı

Toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin kararlı ve verimli çalışmasını sağlamak için sisteme sıcak su depolama tankı entegre edilmesi ve yerden ısıtma sistemi için gereken sıcak su beslemesinin bu depo üzerinden sağlanması makul bir seçim olarak

öngörülmüştür. Isıtma deposu hacminin güneş kolektörleri için yapılacak olan hesaplamada belirlenecek olan boyler hacmi ile aynı olması yeterli olacaktır.

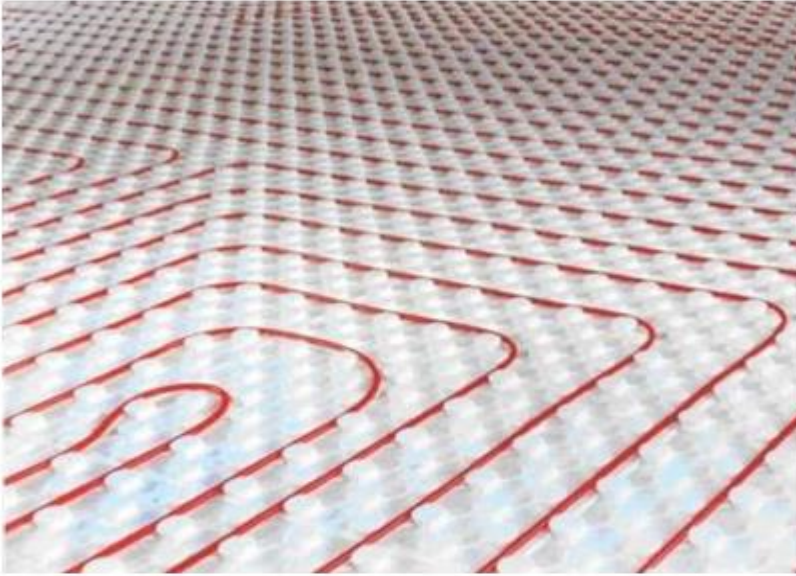
5.6. Yerden Isıtma ve Soğutma Sistemi

Yerden ısıtma ve soğutma sistemi, odanın ısı ihtiyacı göz önünde bulundurularak döşeme altına yerleştirilen ve içinden su geçen plastik boru tesisatının genel adıdır. Kullanılan plastik boruların ısıl genleşme katsayısı beton ve döşeme malzemesine oranla daha fazladır. Bu borular, korozyona dayanıklı ve ucuz olup kolay döşenebilmeleri sebebiyle yerden ısıtma sisteminde yaygın olarak tercih edilmektedir.

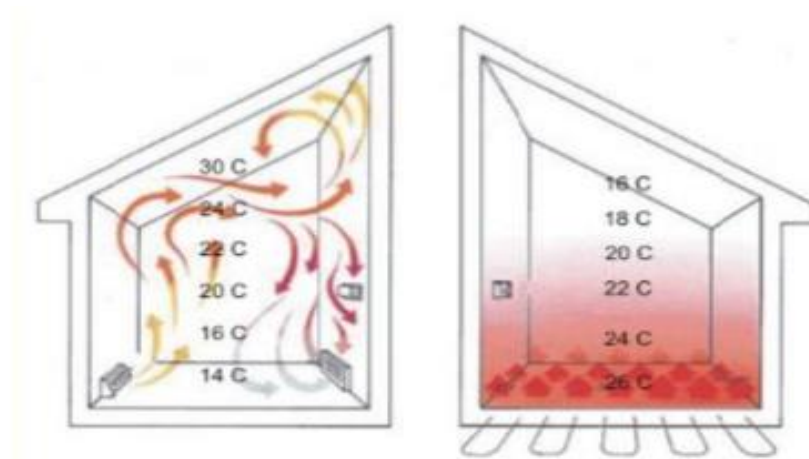
Yerden ısıtma sisteminde, istenilen konfora ulaşabilmek ve hijyen kurallarını uygun olması açısından zemin sıcaklığının 27 °C üzerine çıkması doğru olmamaktadır. Düşük sıcaklıkla çalışan bu sistemlerde zeminin zarar görmemesi açısından su sıcaklığının 50 °C'nin altında tutulmasına özen gösterilir. Geniş ısıtma yüzeylerinin bulunması nedeniyle düşük sıcaklıktaki suyla istenilen sıcaklık elde edilmektedir [38,41].

Soğutma halinde zeminde yoğuşma yaşanmaması için 14 °C sınır olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle mevcut sınır değerinin altına düşmeyecek şekilde tasarım yapılmıştır. Dış hava sıcaklığının 35 – 40 °C aralığında olduğu zamanlarda sistemden geçen su sıcaklığı 17 – 18 °C'ye kadar soğutulmuş oda için gereken ideal şartlar olan 20 – 22 °C aralığına ulaşılmaktadır. Bu durumda termal konfor şartları rahatlıkla sağlanabilmektedir.

Şekil 5.6'da tasarımı yapılan yeşil evde uygulanan yerden ısıtma soğutma sisteminin döşemeye yerleştirilişi ile ilgili bir görsel yer almakta olup sisteme ait olan borular da burada gösterilmiştir. Şekil 5.7'de ise klasik ısıtma sistemi ile yerden ısıtma soğutma sisteminin karşılaştırılmalı görseline yer verilmiştir.



Şekil 5.6. Yerden ısıtma soğutma sisteminin görünüşü [41]



Şekil 5.7. Klasik sistem ile yerden ısıtma soğutma sistemi [41]

Yerden ısıtma ve soğutma sisteminin avantajları aşağıda sıralanmaktadır:

- Radyatörlü uygulamalara nazaran dışarıya kaçan ısı miktarı azdır.
- Radyatör üzerindeki yüksek sıcaklık ortamdaki nemi azaltır ve kendi üst bölgesindeki duvarı ve tavanı kirletir.
- Odanın tüm yüzeylerinde olan yerden ısıtma soğutma sisteminde ısı dağılımı homojendir.
- Yerden ısıtma soğutma sistemi, duvar tipi split klimalara nazaran insan termal konforuna daha uygundur.
- Açıkta boru, radyatör, klima gibi tesisat elemanları görünmediği için daha estetikdir.

- Ayak ve baş arasında oluşan 2 – 3 °C'lik fark sayesinde mahalde bulunan insanların termal konfor şartları daha iyileşmiş olmaktadır.
- Düşük ısıtma sistemine uygun olması nedeniyle diğer sistemlere oranla daha verimlidir. Özellikle düşük sıcaklık ve düşük ısı kayıpları sayesinde daha az yakıt tüketmekte olup yeşil ev tasarımı açısından tercih sebebi olmaktadır.

Tasarımı yapılan binanın yerden ısıtma soğutma sistemi için projelendirme aşamasında “OVplan” isimli program kullanılmıştır. Burada kullanılan gidiş suyu sıcaklığı değeri 45 °C, dönüş suyu sıcaklığı değeri ise 35 °C olarak alınmıştır. Binada yer alan ve ısıtılacak tüm mahallerin alanı ve çevresi, oda sıcaklıkları, ısı yükleri programa girilmiş ve böylece gerekli hesaplamalar elde edilmiştir. Isıtma ve soğutma boru ağına ilişkin hesaplamaları içeren bu yazılım ile vana ön ayar değerleri, pompa basma yüksekliği, boru anma çapları ve sistem için gereken malzeme listesi elde edilmiştir.

Binada kullanılan boru uzunluğu 736 metre olup EK-20'de yerden ısıtma ve soğutma sistemine ilişkin hesaplamalar ve sonuçlara yer verilmiştir.

5.7. Sıcak Su Kullanım Miktarı ve Boyler Hesabı

Tasarımı yapılan evin mutfak ve banyolarında kullanılacak olan sıcak su ihtiyacının hesaplanması için TS 1258 “Temiz Su Tesisatı Hesap Kuralları”da bulunan değerlerden faydalanılmış olup Çizelge 5.28'de ilgili tablo gösterilmiştir.

Çizelge 5.28. Çeşitli kullanım yerleri için sıcak su ihtiyaç değerleri (lt/h) [42]

	Bağımsız Ev	Apartman	Hastane	Otel	İş yeri	Okul	Endüstriyel Tesis
Özel lavabo	7,5 - 9	7,5 - 9	7,5 - 9	7,5 - 9	7,5 - 9	7,5 - 9	7,5 - 9
Genel lavabo	-	15 - 18	20 - 27	30 - 36	23 - 27	50 - 68	40 - 54
Banyo	90 - 250	76 - 250	76 - 250	76 - 250	-	-	-
Bulaşık makinesi	40 - 68	40 - 68	160 - 680	160 - 760	-	75 - 450	75 - 450
Eviye	35 - 45	35 - 45	70 - 90	70 - 136	38 - 90	35 - 90	70 - 90
Çamaşır teknesi	70 - 90	70 - 90	75 - 126	75 - 126	-	-	-
Çamaşır makinesi	70 - 90	70 - 90	75 - 126	75 - 126	-	-	-
Duş	136 - 250	114 - 250	250 - 340	250 - 340	114 - 136	250 - 1000	750 - 1000
Kullanma eş faktörü	0,30	0,30	0,25	0,25	0,30	0,40	0,40
Depolama faktörü	0,70	1,25	0,60	0,80	2	1	1

Tasarımı yapılan ev için; mutfakta 1 adet eviye, tuvalette 1 adet lavabo, iki banyoda da 1'er adet lavabo, banyolardan birinde 1 adet duş ve diğerinde de 1 adet küvet bulunmaktadır. Ayrıca mutfakta bulaşık makinesi ve banyoda çamaşır makinesi mevcuttur. Çizelge 5.29'da bina içinde sıcak su kullanımı yapan kısımlar ve sarfiyatları verilmiştir.

Çizelge 5.29. Sıcak su kullanım tablosu

	Adet	Sarfiyat (lt/h)	Toplam Sarfiyat (lt/h)
Lavabo	3	7,5	22,5
Eviye	1	35	35
Duş	1	150	150
Küvet	1	175	175
Çamaşır makinesi	1	70	70
Bulaşık makinesi	1	40	40
			492,5

Konutun sıcak su ihtiyacı, toplam sarfiyatın Çizelge 5.28’de bağımsız ev için belirtilmiş olan kullanma eş faktörü olan 0,3 ile çarpılmasıyla bulunmuştur. Boylerin hacmi aynı çizelgede yer alan depolama faktörü ile hesaplanmıştır.

$$m_{ss} = 492,5 \times 0,3 = 147,75 \text{ lt/h}$$

$$V_{boyler} = 492,5 \times 0,7 = 344,75 \text{ lt/h}$$

Bu veri doğrultusunda boyler hacminin 350 lt olması yeterlidir. Kullanılacak olan boyler için alınacak olan sıcaklıklar ısı pompasında kullanılan değerlerle aynı olup su giriş sıcaklığı 10 °C, su çıkış sıcaklığı ise 55 °C olarak belirlenmiştir. Gerekli ısıtma yükü Eş. 5.36 yardımıyla bulunmuştur.

$$Q = m_{ss} \times c_{su} \times (t_c - t_g) \quad (5.36)$$

$$c_{su} : 1 \text{ kcal/gr}^\circ\text{C}$$

$$Q = 147,75 \times 1 \times (55 - 10) = 6648,75 \text{ kcal/h} = 7,73 \text{ kW}$$

Bu değer ile ısıtıcı ekipmanın kapasitesinin en az 8 kW olması gerektiği ortaya çıkmıştır.

5.8. Güneş Kolektörü Sayısının Belirlenmesi

Güneş kolektörü; evin sıcak su ihtiyacının karşılanması ve mahal ısıtmasına yardımcı olması amacıyla sisteme dahil edilmektedir. Yapılacak olan hesaplamada öncelik sıcak su temini olacak olup aşağıdaki eşitlikler yardımıyla gereken kolektör miktarı bulunmuştur [43].

$$Qt_{eğik} = Qt_{yatay} \times R \quad (5.37)$$

$$Qt_{eğik} : \text{Eğik düzleme gelen güneş ışınım değeri}$$

$$Qt_{yatay} : \text{Yatay düzleme gelen güneş ışınım değeri}$$

$$R : \text{Yüzey dönüşüm faktörü}$$

Çatıya yerleştirilmiş olan kolektörlerin eğik düzlemde olması nedeniyle, bu yüzeye gelen güneş ışınımı değeri Eş. 5.37 yardımıyla hesaplanmıştır. Burada kullanılan yüzey dönüşüm

faktörü değerleri enleme, mevsime, toplayıcı eğim açısına ve güneş zenit açısına bağlıdır. Çizelge 5.31’de bu değerler verilmiştir.

Kolektör açısı tüm yıl için hesaplanırken bulunulan enlemin 0,9 katı alınmaktadır. Bu sebeple Ankara’nın enlem derecesinin $39^{\circ}57'$ olması nedeniyle bu enlemin 0,9 katı olan $39,57^{\circ} \times 0,9 = 35,613^{\circ}$ değeri Ankara’nın bütün yıl için kolektör açısı olarak bulunmuştur. Çizelge 5.30’daki veriler kullanılarak yapılan interpolasyon neticesinde Ankara’nın bütün yıl için kullanılan yüzey dönüşüm faktörü elde edilmiş ve Çizelge 5.31’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.30. Enlem, mevsim, güneş zenit açısı ve kolektör açısına göre yüzey dönüşüm faktörü [43]

ENLEM	MEVSİM	GÜNEŞ ZENİT AÇISI	KOLEKTÖR AÇISI				
			15°	30°		45°	60°
36°	HAZ- AĞU	19,12	1,056	1,039	(R)	0,952	0,8
	TÜM YIL	36,00	1,154	1,229		1,221	1,129
38°	HAZ- AĞU	20,00	1,062	1,059		0,964	0,815
	TÜM YIL	38,00	1,168	1,257		1,26	1,177
40°	HAZ- AĞU	22,84	1,075	1,077		1,005	0,865
	TÜM YIL	40,00	1,183	1,286		1,301	1,277
42°	HAZ- AĞU	24,28	1,083	1,092		1,026	0,891
	TÜM YIL	42,00	1,199	1,316		1,344	1,28

Çizelge 5.31. Ankara için yüzey dönüşüm faktörü

Ankara’nın Enlemi	Mevsim	Güneş Zenit Açısı	Kolektör Açısı	
			35,613°	
39,57°	Tüm Yıl	39,57°	1,283	R (Düzeltilme Faktörü)

Yatay düzleme gelen güneş ışınımı değeri Çizelge 5.32’den elde edilmiştir. Buradaki değerler Meteoroloji Genel Müdürlüğü’ne ait olup birim olarak $kcal/m^2gün$ kullanılmıştır.

Çizelge 5.32. Yatay düzleme gelen güneş ışıınımlı değerleri [43]

Ölçüm İstasyonu	Enlemi	Haziran Temmuz Ağustos Ortalaması	Ekim ve Mart Ortalaması	Bütün Yıl Ortalaması
Adana	36°59'	4890	2103	3255
Ankara	39°57'	4793	1867	3085
Antalya	36°53'	4817	2163	3279
Bursa	40°11'	4313	1598	2696
Diyarbakır	37°55'	5267	2142	3432
Erzurum	39°55'	4757	2020	3178
İstanbul (Florya)	40°59'	4480	1570	2774
İzmir	38°24'	4717	1912	3089
Gaziantep	37°05'	5053	2218	3407
Kayseri	38°43'	4733	1972	3116
Konya	37°52'	4613	2038	3122
Trabzon	41°00'	3477	2560	2385

Bu veriler doğrultusunda eğik düzleme gelen güneş ışıınımlı değeri Eş. 5.37'den hesaplanmıştır.

$$Qt_{eğik} = 3085 \times 1,283 = 3958 \text{ kcal}/m^2\text{gün}$$

Eğik düzleme gelen güneş ışıınımlı değerinin tamamının kullanılamaması sebebiyle faydalı güneş ışıınımlı değerinin bulunması gerekir. Eş. 5.38'de faydalı güneş ışıınımlı değeri hesabı verilmiştir. Burada kullanılan toplam verim ise Eş. 5.39 yardımıyla hesaplanmıştır [43].

$$Qt_{faydalı} = Qt_{eğik} \times n_{toplam} \quad (5.38)$$

$$n_{toplam} = n_{kolektör} \times n_{boru/boyler} \quad (5.39)$$

$Qt_{faydalı}$: Faydalı güneş ışıınımlı değeri

n_{toplam} : Toplam verim

$n_{kolektör}$: Kolektör verimi

$n_{boru/boyler}$: Boru ve boyler verimi

Seçilen kolektörün verimi %81,8 olup boru – boyler verimi de 0,9 olarak kabul edilmiştir.

Bu durumda toplam verim Eş. 5.39 vasıtasıyla bulunmuştur.

$$n_{toplam} = 0,818 \times 0,9 = 0,736$$

$$Qt_{faydalı} = 3958 \times 0,736 = 2914 \text{ kcal}/m^2 \text{ gün}$$

Gerekli toplayıcı yüzeyini hesaplayabilmek için Eş. 5.40, ısıtma suyu ihtiyacının sağlanabilmesi için gereken enerji için ise Eş. 5.41'den yararlanılmıştır [43].

$$F_k = Qt_{gerekli} / Qt_{faydalı} \quad (5.40)$$

$$Qt_{gerekli} = m \times c \times (T_{boyler} - T_{şebeke}) \quad (5.41)$$

F_k : Gerekli toplayıcı yüzey alanı (m^2)

$Qt_{gerekli}$: Isıtma suyu ihtiyacı için gerekli toplam enerji ($kcal/gün$)

m : Günlük sıcak su ihtiyacı (lt/gün)

c : Suyun özgül ısısı ($kcal/m^2°C$)

T_{boyler} : Boyler suyu sıcaklığı ($°C$)

$T_{şebeke}$: Şebeke suyu sıcaklığı ($°C$)

$$m = 4 \text{ kişi} \times 50 \text{ lt/gün.kişi} = 200 \text{ lt/gün}$$

$$c = 1 \text{ kcal}/m^2°C$$

$$T_{boyler} = 55 \text{ } °C$$

$T_{şebeke}$ sıcaklık değeri Çizelge 5.33'te verilmiş olup bu tabloda yer alan değerlerden Ankara için olanı $14,6 \text{ } °C$ olarak görülmüştür.

$$Qt_{gerekli} = 200 \times 1 \times (55 - 14,6) = 8080 \text{ (kcal/gün)}$$

Eş. 5.40'ta değerler yerine konulduğunda gereken yüzey alanı bulunmuştur.

$$F_k = 8080 / 2914 = 2,77 \text{ } m^2$$

Çizelge 5.33. Bazı iller için şebeke suyu sıcaklık değerleri (°C) [43]

YER	YAZ AYLARI	TÜM YIL
ADANA	26,7	21,2
ANKARA	20,6	14,6
ANTALYA	26,3	20,5
BURSA	23,7	16,5
DİYARBAKIR	24,9	18,7
ERZURUM	8,9	5,3
İSTANBUL	21,3	16
GAZİANTEP	29	20,9
İZMİR	23,2	16,9
KAYSERİ	20,8	14,3
KONYA	19,8	14,1
TRABZON	20,2	15,6

Bulunan değer ile gereken toplayıcı yüzey alanı tespit edilmiştir. Seçilmiş olan kolektöre ait veriler EK-21'de yer almakta olup bu veriler incelendiğinde bir kolektörün yüzey alanının da $2,06 m^2$ olduğu görülmüştür. Bu sebeple gerekli yüzey alanı için 2 adet kolektör temin etmek yeterli olur. Hesaplanan kolektör alanı ve buna bağlı olarak kolektör sayısı sıcak su temini için geçerlidir. Güneş kolektörlerinin bina ısıtmasında da kullanılabilmesi için sayısının artırılması öngörülebilir. Ancak yapılmış olan bilimsel çalışmalarda kolektör sayısının artırılmasına rağmen binadaki mahal ısıtma desteğine verdiği katkı çok düşük seviyede kalmıştır [11,38]. 8 kolektörlü sistemin mahal ısıtmasına verdiği katkı yalnızca %2,8'de kalmış olup karşılaştırılan 14 kolektörlü sistemde ise bu oran %6,7 olmuştur. Sıcak su kullanımına verdikleri katkı ise 8 kolektörün %78, 14 kolektörün ise %82 seviyesindedir [38]. Ortaya çıkan netice 6 kolektörlük artışın mahal ısıtmasına yeterli katkı vermediği yönündedir. Burada belirleyici olan nokta güneşin yetersiz olduğu kış ayları için kolektör sayısını artırmanın bir anlam ifade etmediği yönündedir. Yaz ayları için ise binanın ısıtma ihtiyacı zaten bulunmamaktadır. Benzer bir tasarım evinde Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında kullanılan sıcak su ihtiyacının tamamının, Nisan ayında ise kullanılan miktarın yaklaşık %95'inin 4 adet güneş kolektörü ile ısıtılacağı tespit edilmiştir. 4 adet güneş kolektörünün yıllık sıcak su ihtiyacının %71'ini karşıladığı görülmüştür [11]. Bu oran makul bir seviyedir. Bu sebeple kullanılan kolektör sayısının artırılmasının ilk yatırım maliyetini olumsuz yönde

etkilemesine rağmen verdiği enerji katkısının önemli bir düzeyde olmadığı tespit edilmiştir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda 4 adet kolektör kullanımının yeterli olacağı öngörülmüştür.

5.9. Yağmur Suyu Depolama

Yağmur suyu kullanımı, yeşil binalar için özellikle tuvalet rezervuarlarında ve bahçe sulamada kullanılmakta olup bu sayede şebekeden kullanılan sudan ciddi miktarda tasarruf elde edilmektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre son 25 yıllık sürede Ankara'ya düşen yıllık alansal yağış miktarı ortalaması 409,6 mm olarak ölçülmüştür. Bu durum EK-21'de yer alan tabloda gösterilmiştir.

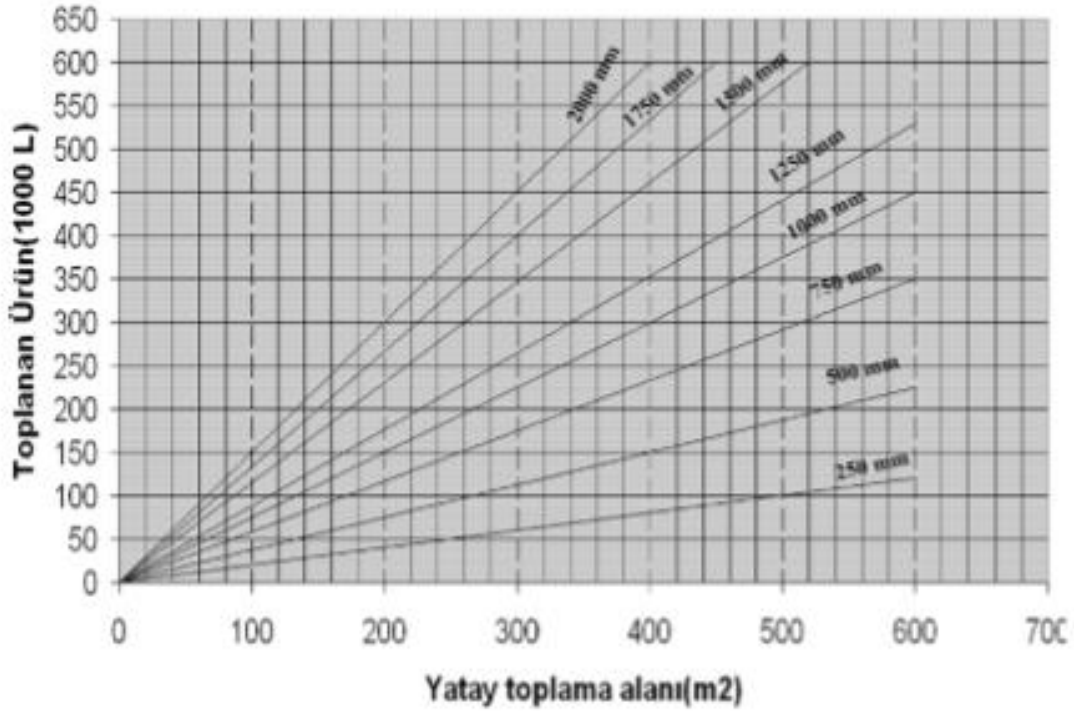
Tasarımı yapılan yeşil binanın çatısının yatay toplama alanı $101,56 m^2$ olarak mimari projeden belirlenmiştir. Şekil 5.8'deki grafik vasıtasıyla yıllık yağış miktarı ve yatay toplama alanına karşılık toplanan yağmur suyu miktarı bulunmuştur.

Bu tablo vasıtasıyla verilen değerler doğrultusunda yıllık toplanan yağmur suyu miktarının yaklaşık 35000 lt civarında olduğu görülmüştür.

Binada 2 adet banyo ve 1 adet tuvalet bulunmakta olup evin su tüketiminin %30'unun tuvalet rezervuarında %4'ünün de bahçe sulamada kullanıldığı bilinmektedir. Klasik tuvalet rezervuarlarının kapasitesi 16 lt olup her kullanışta ciddi miktarda suyun israf edildiği görülmektedir. Bu sebeple, yeşil binada kullanılan tuvalet rezervuarlarının kapasitesi 7 lt olarak tercih edilmiştir. 4 kişilik bir aile 16 litrelik tuvalet rezervuarı ile ayda tuvalette 7 ton su tüketirken 7 litrelik tuvalet rezervuarı ile aylık su tüketimi 2,5 – 3 ton civarında azalma göstermektedir.

$$7 \text{ lt} \times 3 \text{ kullanım/gün} \times 4 \text{ kişi} = 84 \text{ lt/gün}$$

Bir kişinin günde 3 kez tuvaleti kullandığı ve evde 4 kişinin yaşadığı kabul edilmiş olup evde günlük 84 lt suyun tuvalet rezervuarında kullanıldığı belirlenmiştir. Bahçe sulama için ise günlük su kullanım miktarı 11,2 lt olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5.8. Yıllık yağış miktarı ve yatay depolama alanına karşılık toplanan ürün (yağmur suyu) miktarı [24]

$$84 + 11,2 = 95,2 \text{ lt/gün}$$

$$95,2 \text{ lt/gün} \times 365 \text{ gün} = 34748 \text{ lt yıllık tüketim}$$

Bu veri; yağmur suyu depolama sisteminin, tuvalet rezervuarlarında ve bahçe sulamada tüketilen yıllık su miktarını karşıladığını göstermiştir. Depolama için gereken depolama tankı kapasitesini belirlemek amacıyla, Ankara'da yağışın en fazla Mayıs ayında olduğu Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerinden tespit edilmiştir. Mayıs ayının ortalama yağış miktarının $49,7 \text{ lt/m}^2$ olduğu görülmüştür.

$$49,7 \text{ lt/m}^2 \times 101,56 \text{ m}^2 = 5047,5 \text{ lt}$$

Yağışın pik yaptığı ilkbahar ayları göz önünde bulundurulduğunda seçilecek olan depolama tankının kapasitesinin 6000 lt olarak belirlenmesinin uygun olacağı görülmüştür.

6. ENERJİ VE MALİYET ANALİZİ

Yeşil ev uygulamalarının enerji tasarrufu yarattığı bir gerçektir. Ancak bu durumda ortaya çıkan maliyetin kabul edilebilir düzeyde olup olmadığının araştırılması ve bu doğrultuda da değerlendirilmesi gerekmektedir. Kurulacak olan binanın neredeyse hiç enerji harcamayacak şekilde olması ve yine hemen hemen kullanılan tüm enerjinin kendi bünyesinde üretilmesi sağlanabilir. Fakat bu durumun maliyet açısından uygulanabilir olup olmadığı incelenmek zorundadır. Enerji kullanımının ve enerjinin dışardan temininin azaltılması vasıtasıyla elde edilecek kar miktarı ile yeşil evin kurulum ve geri ödeme maliyetleri karşılaştırılarak makul bir seviyede olması için gereken çalışmalar yapılmalıdır. Bu doğrultuda tasarlanan yeşil ev için yapılan analizlere bu bölümde yer verilmiştir.

6.1. Kurulum Maliyetleri

Yeşil evde kullanılan tüm sistemlerin kurulum maliyetleri incelenmiş olup burada yer alan sistem elemanlarının katalog değerleri ve fiyatları piyasa araştırması yapılmak suretiyle bulunmuştur.

6.1.1. Güneş enerjisinden elektrik eldesi sistemi kurulum maliyeti

Elektrik sisteminin şebekeden bağımsız olması durumunda oluşan kurulum maliyetinin incelenmesinin ardından şebekeye bağlı sistemin kurulum maliyeti incelenmiştir. Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemde 20 adet panel kullanılacak olması daha önceden belirtilmiştir. Çizelge 5.1’de PV panel fiyatının 958 TL olduğu görülmüştür. Bu sebeple panellerin ilk kurulum maliyeti:

$$20 \times 958 \text{ TL} = 19160 \text{ TL}$$

olarak bulunmuştur.

Batarya ünitesi olarak kullanılacak akünün bir tanesinin maliyetinin 346 TL olduğu bilinmektedir. Yapılan hesaplamalar doğrultusunda 23 adet akünün kullanılması uygun görülmüştür. Bu sebeple toplam akü maliyeti:

$$23 \times 346 \text{ TL} = 7958 \text{ TL}$$

olarak tespit edilmiştir.

Sistemin diğer elemanlarından inventörden bir adet kullanılacak olup şebekeden bağımsız sistem için maliyetinin 5640 TL, şebekeye bağlı sistem için ise 8700 TL olduğu belirlenmiştir. Şarj regülatörünün ise tanesinin 820 TL olduğu bilinmekte olup 4 adet kullanılacak olması sebebiyle maliyeti:

$$4 \times 820 \text{ TL} = 3280 \text{ TL}$$

olarak tespit edilmiştir.

Sistemin toplam kurulum maliyeti tüm sistem elemanlarının kurulum maliyetlerinin toplamı ile bulunur. Bu sebeple toplam maliyet:

$$19160 \text{ TL} + 7958 \text{ TL} + 5640 \text{ TL} + 3280 \text{ TL} = 36038 \text{ TL}$$

olarak belirlenmiştir.

Bu değer, güneş enerjisinden elektrik elde etmek için kurulması tasarlanan şebekeden bağımsız sistemin ilk kurulum maliyeti olarak bulunmuştur. Şebekeye bağlı fotovoltaik sistem için kurulum maliyeti incelemesine aşağıda yer verilmiştir. Bu sistemde 15 adet panel ile bir adet invertörün yer alacağı daha önceden belirtilmiştir.

$$15 \times 958 = 14370 \text{ TL}$$

olarak panel maliyeti hesaplanmıştır.

$$14370 + 8700 = 23070 \text{ TL}$$

olarak toplam maliyet belirlenmiştir.

Bulunan toplam maliyet değeri, güneş enerjisinden elektrik elde etmek için kurulması tasarlanan şebekeye bağlı sistemin ilk kurulum maliyeti olarak elde edilmiştir.

6.1.2. Güneş enerjisinden sıcak su eldesi sistemi kurulum maliyeti

Sıcak su eldesi amacıyla kurulacak olan sistemde 4 adet güneş kolektörü kullanılması yapılan hesaplamalar ile planlanmıştır. Gereken inceleme yapıldığında, seçilen güneş kolektörünün fiyatının 740 TL olduğu tespit edilmiştir. Bu değere nakliye, montaj ve katma değer vergisi dahil olmaması nedeniyle bu maliyetlerin de eklenmesi ile kolektörün fiyatının 1000 TL olduğu belirlenmiştir. Sistemde kullanılacak olan 4 adet kolektör için ilk kurulum maliyeti:

$4 \times 1000 \text{ TL} = 4000 \text{ TL}$
olarak ortaya çıkmıştır.

Sistemde kullanılacak olan ısı taşıyıcı akışkan, bağlantı boruları, dolaşım pompası, genişleme tankı, kontrol paneli ve diğer elemanlar için de ortalama bir fiyat belirlenmiş olup bu değer de 3000 TL olarak tespit edilmiştir. Böylece sıcak su eldesi için yeşil binada kurulacak sistemin ilk kurulum maliyetinin:

$4000 \text{ TL} + 3000 \text{ TL} = 7000 \text{ TL}$
olacağı belirlenmiştir.

6.1.3. Toprak kaynaklı ısı pompası sistemi ve yerden ısıtma soğutma sistemi kurulum maliyeti

Toprak kaynaklı ısı pompasının 16,6 kW ısıtma gücüne sahip olması gerekliliği yapılan hesaplamalar sonucunda bulunmuştur. Bu doğrultuda yapılan piyasa araştırması neticesinde ısı pompası fiyatının katma değer vergisi dahil olmak üzere 17500 TL olduğu tespit edilmiştir.

Sisteme entegre olarak çalışacak olan 350 lt kapasiteli boylerin maliyeti 1900 TL olarak belirlenmiştir. Sistemin diğer bileşenleri olan primer ve sekonder genişleme tankları, sensörler, karışım vanaları, emniyet grubu, pompa vb. ekipmanlar için tespit edilen fiyat ise 1750 TL civarındadır.

Hafriyat ve toprak altı borulama maliyetinin 15000 TL, ısı taşıyıcı akışkanın 6500 TL ve yeşil binada kullanılacak olan yerden ısıtma soğutma sistemi borularının ise 750 m boru uzunluğu için 700 TL ortalama piyasa değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir.

Sistemin toplam ilk kurulum maliyeti;

$$17500 \text{ TL} + 1900 \text{ TL} + 1750 \text{ TL} + 15000 \text{ TL} + 6500 \text{ TL} + 700 \text{ TL} = 43350 \text{ TL}$$

olarak belirlenmiştir.

6.1.4. Yağmur suyu depolama sistemi kurulum maliyeti

Yağmur suyu depolama amacıyla kullanılacak olan 6000 lt kapasiteli su depolama tankının fiyatının 1600 TL ortalama bedele sahip olduğu görülmüştür. Sistem için kullanılacak boru hattı ve montaj da hesaba katıldığında 2500 TL toplam maliyet ile ilk kurulumu gerçekleştirmenin mümkün olduğu görülmüştür.

6.1.5. Toplam kurulum maliyeti

Yeşil evde kullanılacak olan sistemler ve bu sistemlerin ederleri göz önünde bulundurularak yapılan hesaplama neticesinde; güneş enerjisinden elektrik eldesi için şebekeden bağımsız sistemde 36038 TL, şebekeye bağlı sistemde 23070 TL, sıcak su eldesi için 7000 TL, toprak kaynaklı ısı pompası sistemi ile yerden ısıtma ve soğutma sisteminin kurulumu için 43350 TL ve yağmur suyu depolama sistemi için de 2500 TL maddi kaynağa ihtiyaç duyulacağı belirlenmiştir. Bu maliyetlerin toplamı ise:

$$36038 \text{ TL} + 7000 \text{ TL} + 43350 \text{ TL} + 2500 \text{ TL} = 88888 \text{ TL}$$

şebekeden bağımsız elektrik sistemi ile tasarlandığında bu değer yeşil evin toplam kurulum maliyetini ortaya çıkarmıştır.

$$23070 \text{ TL} + 7000 \text{ TL} + 43350 \text{ TL} + 2500 \text{ TL} = 75920 \text{ TL}$$

şebekeye bağlı elektrik sistemi ile tasarlandığında bu değer yeşil evin toplam kurulum maliyetini ortaya çıkarmıştır.

6.2. İşletme Maliyeti

Yeşil evin işletme maliyeti, iki açıdan hesaplanmıştır. İlk olarak, PV güneş panelleri vasıtasıyla elektrik eldesi ile şebeke elektriği kullanımının maliyet açısından karşılaştırılması ve fotovoltaik sistemin kendini amorti süresi incelenmiştir. İkinci olarak ise; toprak kaynaklı ısı pompası ve güneş enerjisi desteği ile ısınma, soğutma ve sıcak su eldesinin, doğalgazlı yoğuşmalı duvar tipi kombi ve split klima ile maliyet açısından karşılaştırılması suretiyle sistemin kurulumunun ve kullanımının ekonomik olup olmadığının tespiti yapılmıştır.

6.2.1. Elektrik işletme maliyeti

Yeşil evde bir günde harcanabilecek maksimum enerji ortalaması 25126 Wh olarak hesaplanmıştır. Buna göre evin yıllık enerji tüketimi:

$$25126 \text{ Wh} \times 7 \times 52 = 9145,9 \text{ kWh,}$$

olarak belirlenmiştir.

Türkiye İstatistik Kurumu'nun yayımladığı değerler incelendiğinde 2014 yılı I. Dönem (Ocak – Haziran ayları) için 1 kWh elektrik sarfiyatının karşılığı olan miktara Çizelge 6.1'de yer verilmiştir.

Çizelge 6.1. Elektrik ortalama birim fiyatları (vergiler dahil olmak üzere) [44]

	(Kuruş/kWh)				
	2012		2013		2014
	II. Dönem	I. Dönem	II. Dönem	I. Dönem	
Konut	33,9	35,7	35,3	35,4	
Sanayi	22,8	24,1	23,4	23,4	

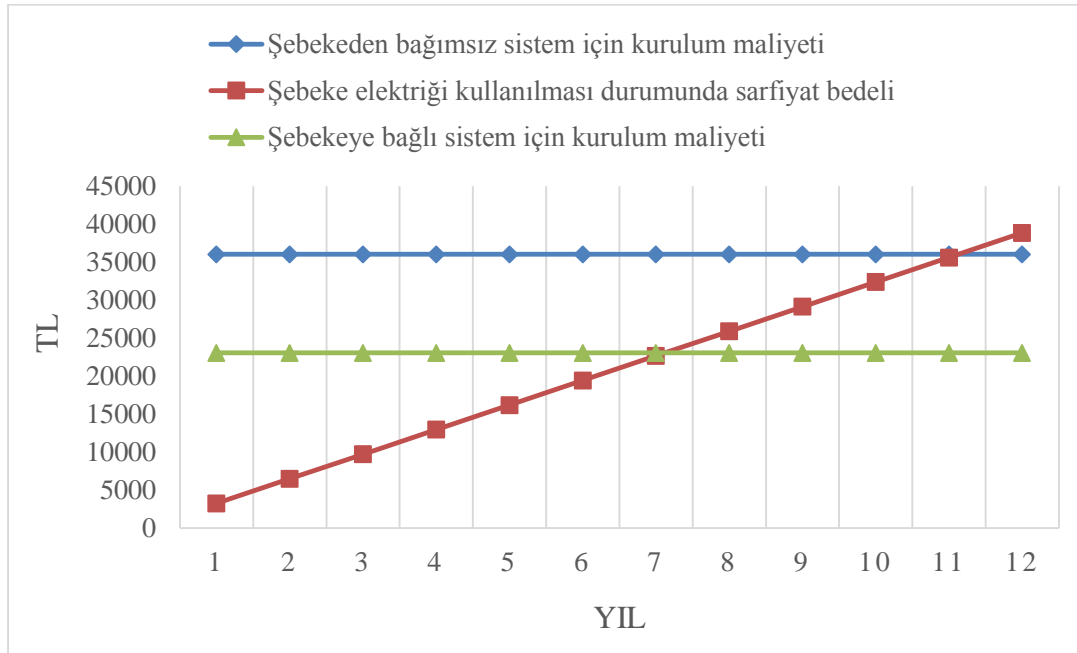
Çizelge 6.1'de yer alan 35,4 kuruş = 0,354 TL değeri konutlarda kullanılan elektriğin 2014 yılının ilk altı ayındaki birim fiyatı olarak belirlenmiştir. Son üç dönemde elektrik birim fiyatlarında ciddi bir farklılaşmanın söz konusu olmadığı da gözlemlenmiştir. Bu sebeple yıllık olarak yeşil evin elektrik sarfiyatının maliyeti bu değer baz alınarak hesaplanmıştır.

Kullanılan elektriğin tamamen şebekeden alınması halinde elektrik enerjisine ödenecek yıllık miktar aşağıdadır.

$$9145,9 \text{ kWh} \times 0,354 = 3237,6 \text{ TL}$$

olarak bulunmuştur.

PV güneş panellerinin kurulum maliyeti şebekeden bağımsız sistem için 36038 TL, şebekeye bağlı sistem için 23070 TL olarak hesaplanmıştır. Elektrik birim fiyatlarındaki değişim ihmal edilmiştir. PV panellerinin herhangi bir hurda değerinin olmadığı kabul edilmiş olup bakım onarım maliyetlerinin çok düşük miktarlarda olması sebebiyle hesaba dahil edilmemiştir [45]. Bu doğrultuda sistemin geri ödeme süresine ait grafik Şekil 6.1'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Elektrik enerjisi sisteminin geri ödeme süresi grafiği

Elektrik enerjisinin tamamen şebekeden alınması durumunda yılda ödenecek miktar olarak tespit edilen 3237,6 TL bedel göz önünde bulundurulduğunda şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemin geri ödeme süresinin 11,13 yıl, şebekeye bağlı fotovoltaik sistemin geri ödeme süresinin 7,13 yıl olduğu belirlenmiştir.

6.2.2. Isıtma – soğutma ve sıcak su eldesi işletme maliyeti

Isıtma ve soğutma ile sıcak su eldesi için kurulacak olan sistemin ilk kurulum maliyeti 50350 TL olarak belirlenmiştir. Bu noktada sistemin ısıtma ve sıcak su eldesi açısından, standart evlerde kullanılan doğalgazlı yoğuşmalı hermetik duvar tipi kombi ile soğutma için ise duvar tipi split klimalar ile karşılaştırılarak analizi yapılmıştır.

Doğalgaz yoğuşmalı hermetik duvar tipi kombi ve tesisatının ortalama fiyatı 2000 TL, her odaya ve salona birer tane olmak üzere 4 adet alınması gereken duvar tipi split klimaların tanesi ise ortalama 2000 TL olarak tespit edilmiştir. Bu cihazların toplam kurulum maliyeti ise 10000 TL olarak ortaya çıkmıştır. Çizelge 6.2’de, yeşil evde kullanılacak olan ısı pompası ile soğutma sisteminin alternatifi olarak kullanılacak klima sistemi arasında karşılaştırılması yapılabilmesi amacıyla tercih edilen klimaya ait teknik özellikler verilmiştir.

Çizelge 6.2. Klimaya ait teknik veriler [46]

Klima Teknik Özellikleri	
Tip	Split (duvar)
Soğutma kapasitesi	18000 Btu/h
Isıtma kapasitesi	19000 Btu/h
Soğutma enerji tüketimi	1640 W
Isıtma enerji tüketimi	1540 W
Soğutma çalışma akımı	8,2 A
Isıtma çalışma akımı	7,7 A

Çizelge 6.3’te ise, aynı durum ısıtma sistemi için de geçerli olduğu için kombiye ait teknik veriler gösterilmiştir.

Çizelge 6.3. Kombiye ait teknik veriler [47]

Kombi Teknik Özellikleri	
Cihaz tipi	Yoğuşmalı
Baca tipi	Hermetik
Kapasite	24 kW
Verim	% 108
Minimum nominal ısıtma gücü	6 kW
Maksimum nominal ısıtma gücü	23 kW
Maksimum elektriksel güç	130 W

Başkentgaz verileri doğrultusunda 2015 yılı itibariyle konutlarda kullanılan bir metreküp doğalgaz için ödenen bedel 1,07 TL olarak belirlenmiştir. Elektrik için ise 0,354 TL olduğu tespiti daha önceden yapılmıştır. Yıllık işletme süresi Ankara şartları için 1400 saat, güneş enerjisi desteğinin ısıtma sistemine verdiği katkı %2,5, sıcak su eldesine verdiği katkı ise %71 olarak kabul edilmiştir [11,38].

Çizelge 6.4'te yeşil evde kullanılması tasarlanan toprak kaynaklı ısı pompası ve güneş kolektörü sisteminin maliyet analizi tablosu verilmiştir. Sistemden ısıtma ve soğutma amacıyla dört mevsim yararlanılacak olması ile Ankara şartları da göz önünde bulundurulduğunda yıllık işletme süresi 2000 saat olarak kabul edilmiştir. Buna karşılık olarak kullanılabilen olan kombi sisteminin ise yıllık yakıt tüketiminin bulunması ve ardından bu tüketimin yaratacağı maliyetin hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplamalar için Eş. 6.2 ve Eş. 6.3'ten faydalanılmıştır.

Çizelge 6.4. Isı pompası ve güneş kolektörü sisteminin maliyet analizi

Enerji tipi	Elektrik
Yıllık işletme süresi	2000 saat
Yakıt fiyatı	0,354 TL/kWh
Isı pompası gücü	16,6 kW
Elektrik sarfiyatı	3,6 kWh
İlk yatırım bedeli	50350 TL
Yıllık elektrik tüketimi	7200 kWh
Güneş enerjisinden elde edilen tasarruf	828 kWh (180 kWh ısıtma, 648 kWh sıcak su eldesi)
Yıllık kullanılan enerji	6372 kWh
Yıllık enerji maliyeti	2255,6 TL

$$\text{Yıllık yakıt tüketimi} = (\text{kazan gücü} \times \text{yıllık işletme süresi} \times 100) / (\text{alt ısıtma değeri} \times \text{kazan norm kullanma verimi}) \quad (6.2)$$

$$\text{Yıllık yakıt tüketimi} = 24000 \times 1400 \times 100 / 6000 \times 108 = 5185,2 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

$$\text{Yıllık yakıt maliyeti} = \text{yıllık yakıt tüketimi} \times \text{yakıt fiyatı} \quad (6.3)$$

$$\text{Yıllık yakıt maliyeti} = 5185,2 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 1,07 \text{ TL/m}^3 = 5548 \text{ TL/yıl}$$

$$\text{Kombinin elektrik tüketimi maliyeti} = (0,13 \text{ kW} \times 1400 \text{ saat}) \times 0,354 \text{ TL} = 64,4 \text{ TL/yıl}$$

Eş. 6.2 ile kombi kullanımı gerçekleşmesi halinde bir yılda tüketilecek yakıt miktarı tespiti yapılmıştır. Eş. 6.3 vasıtasıyla da bu yakıtta ait maliyet hesaplanmıştır. Çizelge 6.5'te standart evlerde kullanılan kombi sistemi ile ısınma ve sıcak su elde etme maksadıyla kullanılan yakıt tüketiminin maliyet analizi gösterilmiştir.

Çizelge 6.5. Kombi sisteminin maliyet analizi

Enerji tipi	Doğalgaz
Yıllık işletme süresi	1400 saat
Yakıt fiyatı	1,07 TL/m ³
İlk yatırım bedeli	2000 TL
Yıllık yakıt tüketimi	5185,2m ³ /yıl
Yıllık elektrik tüketimi	182 kW
Yıllık yakıt maliyeti	5548 TL/yıl
Yıllık yakıt ve elektrik maliyeti toplamı	5612,4 TL/yıl

Çizelge 6.6'da ise standart evlerde soğutma için kullanılan klima sistemine dair elektrik tüketimi ve maliyetine ilişkin analize yer verilmiştir. Yıllık işletme süresi, yaz aylarında Ankara şartlarında klima kullanımı göz önünde bulundurularak 600 saat olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 6.6. Klima sisteminin maliyet analizi

Enerji tipi	Elektrik
Yıllık işletme süresi	600 saat
Yakıt fiyatı	0,354 TL/kWh
İlk yatırım bedeli	8000 TL
Soğutma enerji tüketimi	1640 W
Elektrik sarfiyatı	0,58 TL/h
Yıllık kullanılan enerji	984 kW
Yıllık enerji maliyeti	348 TL/yıl

Standart evlerde; ısıtma sistemi olarak kombi ve soğutma sistemi olarak klimalardan faydalandığı takdirde yıllık enerji gideri:

$$5612,4 + 348 = 5960,4 \text{ TL}$$

olarak bulunmuştur.

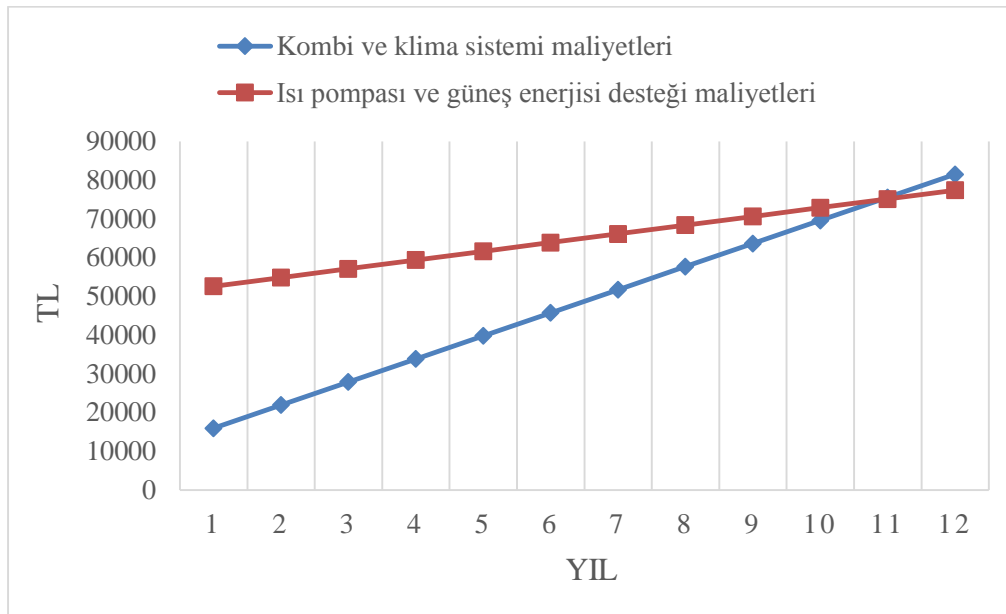
Bu sistemlerin ilk kurulum maliyetleri ise ortalama 10000 TL olarak tespit edilmiştir. Yeşil evdeki ısıtma ve soğutma sisteminin kurulum maliyetinin 50350 TL, yıllık enerji giderinin

ise 2255,6 TL olduğu belirlenmiştir. Yeşil evdeki sistemin geri ödeme süresini tespit edebilmek için kurulum ve işletme maliyetleri arasındaki fark aşağıda bulunmuştur.

$$50350 \text{ TL} - 10000 \text{ TL} = 40350 \text{ TL}$$

$$5960,4 \text{ TL} - 2255,6 \text{ TL} = 3704,8 \text{ TL}$$

Şekil 6.2’de kombi ve klima sistemlerine ait ilk kurulum maliyetleri ve yakıt giderlerinden kaynaklanan işletme maliyetlerinin toplamı ile ısı pompası ve güneş enerjisi desteğinin ilk kurulum maliyetleri ile yakıt giderlerinden kaynaklanan işletme maliyetlerinin toplamı grafikte gösterilmiştir. Elektrik ve doğalgaz birim fiyatlarındaki değişim ihmal edilmiştir. Sistemlere ait elemanların herhangi bir hurda değerinin olmadığı kabul edilmiş olup bakım onarım maliyetlerinin çok düşük miktarlarda olması sebebiyle hesaba dahil edilmemiştir.



Şekil 6.2. Isıtma – soğutma ve sıcak su eldesi sisteminin geri ödeme süresi grafiği

Şekil 6.2’de ısı pompası ve güneş enerjisi desteği maliyetleri ile kombi ve klima sistemlerine ait maliyetler karşılaştırılmış olup yenilenebilir enerji kaynakları kullanıldığında geri ödeme süresinin 10,89 yıl olacağı tespit edilmiştir.

7. SONUÇ

Yapılan çalışma ile Ankara şartlarında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı bir yeşil ev tasarlanmış ve bu evde kullanılan enerji sistemlerinin uygulamalarıyla ilgili bilgiler verilerek analizi yapılmıştır. Yeşil evde kullanılan enerji sistemleri; ısıtma, soğutma ve sıcak su eldesi için toprak kaynaklı ısı pompası ve güneş kolektörleri vasıtasıyla güneş enerjisi desteği, elektrik eldesi için fotovoltaik PV güneş panelleri, kullanım suyu için ise yağmur suyu depolama olarak sıralanmıştır.

Yeşil ev tasarımında seçilen mimari proje vasıtasıyla evin ısı yalıtımının yüksek olması sağlamıştır. Seçilen bileşenlerin doğa dostu olmasına özen gösterilmiştir. Yeşil evin ısı kaybı ve ısı kazancı hesabı yapılarak kullanılacak olan ısıtma ve soğutma sisteminin kapasitesi belirlenmiştir. Isı kaybının 10,73 kW ve ısı kazancının 12,4 kW olarak tespit edilmesi ile BW 216 tip ısı pompasının seçilmesine karar verilmiştir. Isı pompasının işletme noktası olarak B0/W35 değeri tercih edilmiştir. Bu noktada elektrik sarfiyatının az olması gerekliliği göz önünde bulundurulmuştur. Bu işletme noktası için ısı pompasının ısıtma gücü 16,6 kW, soğutma gücü 13 kW, elektrik sarfiyatı 3,6 kWh olarak verilen katalog değerleri ile ısıtma için COP değeri 4,6; soğutma için ise 3,8 olarak tespit edilmiştir. Isı pompası sistemi için yapılan diğer hesaplamalar neticesinde 552 metre uzunluğunda ısı değiştiricisi uzunluğuna gereksinim olduğu belirlenmiş ve mevcut arazide 6 adet 100 metrelik döngüyle bu ihtiyacın karşılanabileceği görülmüştür. Borularda ısı değiştirici olarak kullanılacak akışkan miktarı 400 litre olarak belirlenmiş olup sistemin primer devresi için 25 litre, sekonder devresi için ise 12 litre kapasiteye sahip genleşme tankı kullanılması uygun bulunmuştur.

Isı pompası sistemine destek olarak faydalanılacak olan güneş enerjisi kolektörlerinden 4 adet yerleştirilmesi yeterli görülmüştür. Bu sayede, sıcak su ihtiyacının %71'i güneş enerjisinden karşılanmıştır.

Yeşil evde kullanılması tasarlanan yerden ısıtma soğutma sistemi için projelendirme aşamasında "OVplan" isimli program kullanılmıştır. Burada ısıtma için kullanılan gidiş suyu sıcaklığı değeri 45 °C, dönüş suyu sıcaklığı değeri ise 35 °C olarak alınmıştır. Yerden

ısıtma soğutma tesisatı için 736 metrelik boru uzunluğu gerektiği belirlenmiş olup bu sayede evdeki her mahalde gereken termal konforun sağlanabileceği tespit edilmiştir.

Elektrik eldesinde kullanılan sistemin şebekeye bağlı olup olmaması durumuna maliyet analizi ile karar verilmiştir. Şebekeden bağımsız sistemin ilk kurulum maliyetinin yüksek olması sistemin geri ödeme süresini uzatmıştır. Ayrıca sistemde akü ve şarj regülatörü gibi elemanların yer alması hem sistemi daha karmaşık hale getirmekte hem de fazladan alan ihtiyacı doğurmaktadır. Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemin maliyetinin daha düşük olması sebebiyle geri ödeme süresi ise oldukça kısadır. Bu sebeple yeşil evde şebekeye bağlı fotovoltaik sistem kullanılması uygun bulunmuştur. Yeşil evde kullanılacak olan elektrik enerjisinin yenilenebilir yöntemlerle eldesi amacıyla 15 adet PV güneş paneli kullanılması planlanmıştır. 0,25 kW maksimum güce sahip PV panellerin 15 tanesi ile 3,75 kW enerji kapasitesinde elektrik üretimine imkan tanınmıştır. Bu durum, maksimum yüklerde elektrik enerjisi kullanımını karşılayacak düzeydedir. Elektriği, evdeki cihazların kullanabileceği şekilde alternatif akıma çevirmek için 1 adet invertör kullanılmıştır.

Binanın mevcut su ihtiyacını şebeke dışında doğal yollarla karşılamak adına yağmur suyu depolama sisteminden faydalanılması tasarlanmıştır. Bu nedenle 6000 litre kapasiteli bir su depolama tankı binada kullanılarak binaya gelen yağmur sularından tuvalet rezervuarlarında ve bahçe sulamada yararlanılmıştır.

Yeşil evde kullanılan enerji sistemleri ile standart evlerde kullanılan enerji sistemleri maliyet açısından karşılaştırılmış olup bu sayede yenilenebilir enerji kaynaklarının evlerde kullanımının uygun olup olmadığı irdelenmiştir. Yapılan piyasa araştırması neticesinde bulunan ortalama fiyatlar üzerinden incelendiğinde yeşil evin 75920 TL kurulum maliyeti gerektirdiği belirlenmiştir. Elektrik enerjisi eldesinde 7,13 yıl olan geri ödeme süreci, ısı pompası ve güneş enerjisi desteğinin ısıtma, soğutma ve sıcak su eldesi amacıyla kullanılmasında 10,89 yıl olarak tespit edilmiştir. Isı pompası ve güneş kolektörü destekli ısıtma ve soğutma sisteminin geri ödeme süresi ise literatürde yer alan çalışmalarla benzerlik göstermekte olup makul bir seviyededir. Yeşil evde, üretilen enerjinin aynı yerde tüketilmesi, herhangi bir nakil hattına ihtiyaç bulunmaması nedeniyle teknik kayıplar minimum seviyededir. Yeşil evde kullanılan sistemlerin işletme maliyetlerinin diğer sistemlere nazaran oldukça düşük olması, diğer bir tercih sebebi olarak görülmüştür. Belirtilen tasarım kriterleri doğrultusunda yapılan hesaplamalar neticesinde yeşil evin

toplam kurulum maliyeti ile işletme maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda; yapılan tasarımın doğru ve yeşil evin kurulumunun uygulanabilir olduğu tespit edilmiştir.

Yeşil evin ekonomik anlamda uygulanabilir olmasının yanı sıra çevreye olan katkısı da oldukça önemlidir. Çevreye zarar vermeyecek şekilde tasarımı yapılan yeşil ev, çevre dostu özelliği ile gelecek nesillere sağlıklı ve yaşanılabilir bir Dünya bırakılması için oldukça önemlidir.

İlk kurulum maliyetinin yüksek olması nedeniyle Türkiye’de ve Dünya’da evlerde yeşil bina teknolojisinin kullanımı yaygınlaşmamıştır. Türkiye’de yeşil binalar; üniversitelerin araştırma merkezlerinin kurduğu evler, holding binaları, alışveriş merkezleri veya özel kuruluşlarda görülmektedir. Bu durum, yeşil binaların sayıca çok az olduğunu ve spesifik bazı binalarla sınırlı kaldığını göstermektedir. Lüks ve modern site tipi konut komplekslerinde kullanılabilen yenilenebilir enerji kaynaklarının daha küçük ölçekli bina ve evlere de yayılabilmesi için devlet teşviği yapılması uygun olacaktır. Yenilenebilir enerji sistemlerinin satışı esnasında alınan vergilerde indirim uygulanması maliyetleri olumlu yönde etkileyecektir. Kentsel dönüşümü yapılan binalarda ve devletin yaptığı toplu konut projelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesi gereklidir.

Eski tip ve çok enerji sarf eden elektrikli ev aletlerinin geri dönüşüme sokulması gerekmektedir. Bu aletler; yeni teknolojiye sahip yüksek enerji sınıfındaki enerji verimliliğine sahip olanlar ile değiştirilmelidir. Bu durumu teşvik edici düzenlemelerin hayata geçirilmesi önem arz etmektedir.

Bina yapımı esnasında kullanılan malzemelerin doğa dostu ve geri dönüştürülebilir malzemelerden olması sağlanmalıdır. Bir dönem ısı yalıtım malzemesi olarak sıklıkla kullanılan ve kanserojen olduğu ortaya çıkınca Türkiye’de ve neredeyse tüm dünyada kullanımı yasaklanan asbest gibi malzemelerin kullanılmasına engel olunmalıdır. Bu gibi maddelerin kullanıldıktan sonra temizlenmesinin ve imha edilmesinin ne kadar zor olduğu unutulmamalıdır.

Türkiye’nin; enerji konusunda dışa bağımlı olması nedeniyle ekonomik anlamda dönem dönem sıkıntı yaşamakta olduğu bilinmektedir. Ülkemizde bulunan fosil yakıtların yetersizliğinin enerji üretimi noktasında yarattığı sıkıntı, yenilenebilir enerji kaynaklarına

yönelim ile bertaraf edilebilir. Bu alanda yapılacak her çalışma ülke ekonomisine katkı sağlayacağı gibi doğrudan kişilerin refah ve gelir seviyelerinde de iyileşmeye neden olacaktır. Evlerde kullanılan enerjinin mümkün olduğu kadar yenilenebilir sistemlerden karşılanması ile ortaya çıkan büyük maliyetlerden kurtulabilmiz. Bu durumun yanı sıra çevre dostu, kirletici özelliği bulunmayan ve gelecek nesillerin daha güzel bir dünyada yaşamasına olanak sağlayabilecek enerji kaynakları ile insanların yaşam kalitesinin korunması sağlanabilecektir. Türkiye'nin; yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin ve potansiyeli yüksek bir ülke olması, bu alanda daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Ülkemizde bulunan yaklaşık 7 milyon konutun enerji verimliliği koşullarına uygun olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanması ile ülkemizde doğa dostu, ekonomik ve kaliteli enerji kullanılacak ve enerji ile alakalı mevcut problemler ortadan kalkacaktır.

KAYNAKLAR

1. Yıldırım, U., Güngör, A. (2011). Yeşil Evler ve Türkiye’deki Uygulamaları. *TMMOB Makine Mühendisleri Odası 5. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, Mersin*. Ankara: TMMOB Makine Mühendisleri Odası, (E/2011/562), 66-67.
2. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2011). *Yeşil Binalar*. Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları – V, Ankara: Erten, D., 5-16.
3. Mazlum, H., Üçgül, İ., Acar, M. (2011). Sıfır Enerji Evi Tasarım Esasları ve Örnek Uygulamalar. *TMMOB Makine Mühendisleri Odası 5. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, Mersin*. Ankara: TMMOB Makine Mühendisleri Odası, (E/2011/562), 74-80.
4. İnternet: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. (2013). Genel Enerji Denge Tablosu. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.dektmk.org.tr%2Fincel_e.php%3Fid%3DMTAw&date=2016-01-10, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
5. T.C. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü. T.C. Resmi Gazete tarih ve sayıları: 02.05.2007 - 26510 ve 05.12.2008 – 27075.
6. İnternet: Eser Yeşil Binası, URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.eseryesilbina.com%2F&date=2016-01-10>, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
7. İnternet: Diyarbakır Güneş Evi, URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.gunesevi.org%2F&date=2016-01-10>, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
8. Aykal, D., Gümüş, B., Özbudak, Akça, B. (2009). Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir ve Etkin Enerji Kullanımının Yapılarda Uygulanması. *V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır*.
9. Saitoh, T., S., Fujino, T. (2001). Advanced Energy-Efficient House (Harbeman House) with Solar Thermal, Photovoltaic, and Sky Radiation Energies (experimental results). *Solar Energy*, 70 (1), 63-77.
10. Galloway, T. (2011). *Tasarımcılar için Güneş Evi* (çev. N. Çervatoğlu, ve A. Bodur). Ankara: TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, (EG/2011/1). (Eserin orijinali 2004’te yayımlandı), 19-160.
11. Ceylan, T. (2010). *İki Katlı Bir Binanın, Güneş Enerjisi Destekli Hava Kaynaklı Isı Pompasıyla Isıtılması ve Sıcak Su Eldesinin Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 14-99.
12. Öztürk, H. (2008). *Güneş Enerjisi ve Uygulamaları* (Birinci Baskı). İstanbul: Birsen Yayınevi, 36-266.

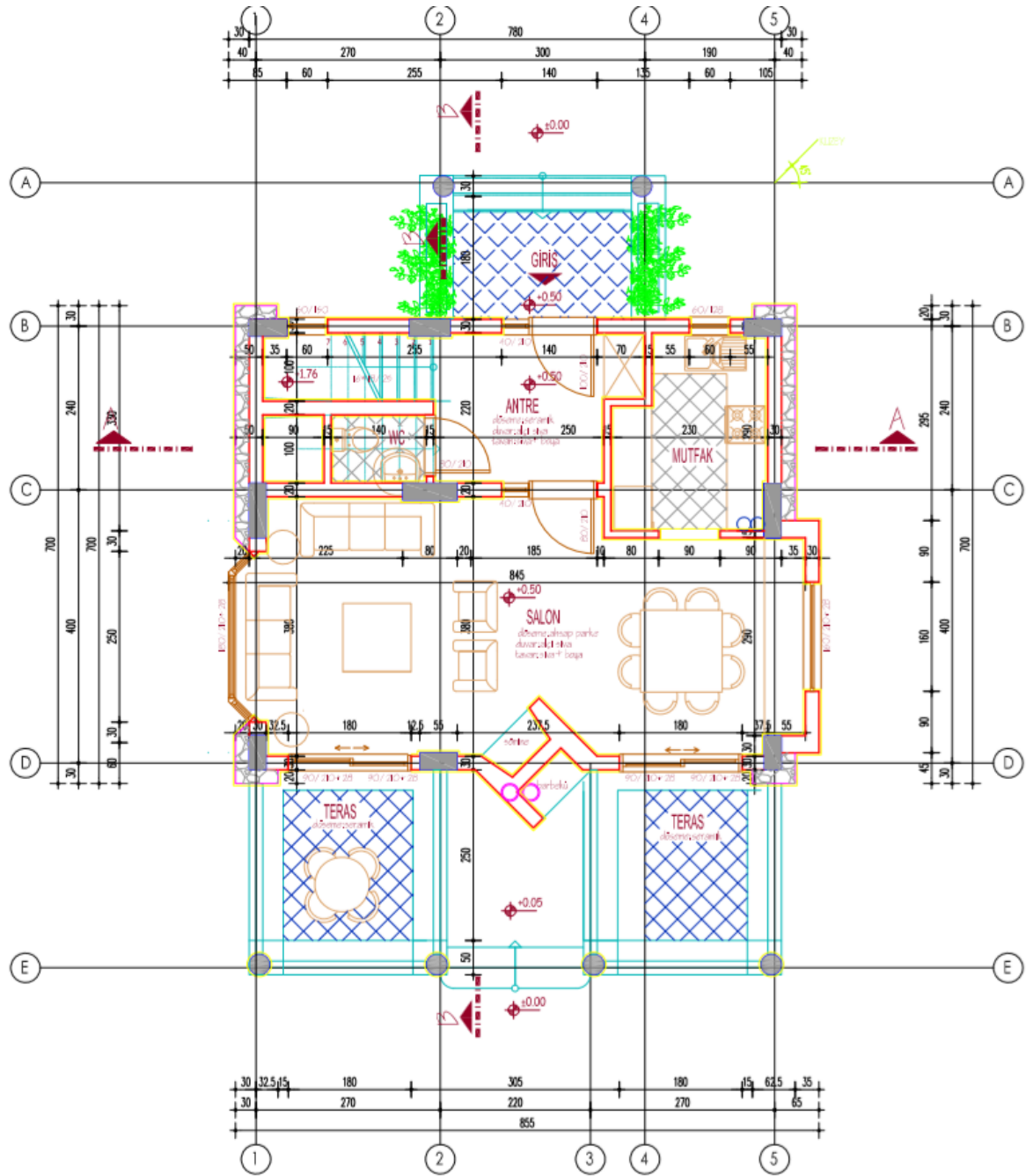
13. Yiğit, A., Atmaca, İ. (2010). *Güneş Enerjisi* (Birinci Baskı). Ankara: Alfa Aktüel, 115-127.
14. Doğan, A., Pırasacı, T. (2009). Bina Cephelerinde Yalıtım Yerine Trombe Duvar Kullanımının İncelenmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 112, 41-51.
15. İnternet: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (2015). URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.eie.gov.tr%2Fyenilenebilir%2Fenj_tekno.aspx&date=2016-01-10, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
16. İnternet: URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.bilgiustam.com%2Fgunes-enerjisinden-nasil-elektrik-elde-edilir%2F&date=2016-01-10>, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
17. Çetiner, İ., Turhan, S. (2012). Fotovoltaik Sistemlerde Performans Değerlendirmesi. 6. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, Bursa: Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi - Görükle Kampüsü.
18. İnternet: URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.shunttech.com%2Ffoto-voltaik-sistem-nedir%2F&date=2016-01-10>, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
19. İnternet: Viessmann. *Mesleki Yayınlar, Isı Pompaları*. Viessmann Isı Teknikleri Ticaret A.Ş., URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fdocplayer.biz.tr%2F7960581-Mesleki-yayinlar-isi-pompalari.html&date=2016-01-10>, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
20. Yamankaradeniz, R., Horuz, İ., Kaynaklı, Ö., Coşkun, S. ve Yamankaradeniz, N. (2013). *Soğutma Tekniği ve Isı Pompası Uygulamaları* (Üçüncü Baskı). Bursa: Dora Yayınları, 487-542.
21. İnternet: Yoldaş, T., Durmaz, Ş. (2007). *Isı Pompası Sistemleri ve Toprak Kaynaklı Bir Isı Pompasının Bir Villaya Uygulanması*. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2F3denerji.com%2Fvillalarda-isi-pompasi-sistemleri-2%2F&date=2016-01-10>, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
22. Hepbaşlı, A., Hancıoğlu, E. (2001). Toprak Kaynaklı (Jeotermal) Isı Pompalarının Tasarımı, Testi ve Fizibilitesi. *TMMOB Makine Mühendisleri Odası V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir.
23. Bakırcı, K., Özyurt, Ö., Çomak, Ö. ve Yüksel, B. (2006). Güneş-Toprak Kaynaklı Isı Pompasının Deneysel İncelenmesi. *TMMOB Makine Mühendisleri Odası Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 100, 48-53.
24. Kantaroğlu, Ö. (2009). Yağmur Suyu Hasadı Plan ve Hesaplama Prensipleri. *TMMOB Makine Mühendisleri Odası IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İzmir, 1147-1151.

25. İnternet: URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.neoteknik.com%2Furunler_yagmur_suyu_depolama.asp&date=2016-01-10, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
26. Kantaroğlu, Ö. (2013). Yüksek Performanslı Binalarda Su Stratejileri. *TMMOB Makine Mühendisleri Odası 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İzmir, 1779-1790.
27. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.solardukkana.com%2Fdetay.php%3Furid%3DMjc%26urseo%3DKyocerakd250gh-4yb2&date=2016-01-10>, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
28. İnternet: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (2015). URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.eie.gov.tr%2FMyCalculator%2FDefault.aspx&date=2016-01-10>, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
29. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.elektrikport.com%2Funiversite%2Fakuler-hakkinda-temel-kavramlar%2F+4231%23ad-image-0&date=2016-01-10>, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
30. İnternet: Linetech, (2014). *2014-2015 Linetech Katalog*. Linetech Power Conversion Products, 4-19, URL:
http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.google.com.tr%2F%3Fgws_rd%3Dssl%23q%3D%2BLinetech%2BKatalog%2B-%2B2014&date=2016-01-10, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
31. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fmutluakufiyatları.com%2Fmutlu-aku-fiyatları.html&date=2016-01-10>, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
32. Köroğlu, T., Teke, A., Bayındır, Ç., Tümay, M. (2010). Güneş Paneli Sistemlerinin Tasarımı. *EMO Elektrik Mühendisliği Dergisi*, 439, 98-104.
33. İnternet: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2015). URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.mgm.gov.tr%2Fveri-degerlendirme%2Ffil-ve-ilceler-istatistik.aspx%3Fm%3DANKARA&date=2016-01-10>, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
34. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.ekogunes.com%2Fpinfo.asp%3Fpid%3D310&date=2016-01-10>, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
35. İnternet: URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.solartek.com.tr%2FUK90_AL_Ultra_Model.php&date=2016-01-10, Son erişim tarihi: 10.01.2016

36. Genceli, O., Parmaksızoğlu, C. (2008). *Kalorifer Tesisatı* (Beşinci Baskı). İstanbul: TMMOB Makine Mühendisleri Odası, (MMO/352/5), 15-261.
37. Yamankaradeniz, R., Horuz, İ., Kaynaklı, Ö., Coşkun, S., Yamankaradeniz, N. (2012). *İklimlendirme Esasları ve Uygulamaları* (İkinci Baskı). Bursa: Dora Yayınları, 81-288.
38. Doğan, A., R. (2012). *Güneş Enerjisi Destekli Alternatif Isıtma Sistemlerinin Enerji ve Ekonomi Yönünden Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 18-136.
39. Viessmann. (2005). *Vitocal 300/350 Teknik Bilgi Föyü*. Viessmann Isı Teknikleri Ticaret A.Ş., 4-29.
40. Viessmann. (2009). *Vitocal 300-G Isı Pompası Sistemleri Planlama Kılavuzu*. Viessmann Isı Teknikleri Ticaret A.Ş., 5-87.
41. İnternet: URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.yerdenisitma.com%2F%2Fulu_yerdenisitma.html&date=2016-01-10, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
42. İnternet: Mitsubishi Elektrik Teknik Bülten, (2012). *Kullanma Sıcak Suyu Sistemlerinde Boyler Hesabı*. (TO-GEN-T002). URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.academia.edu%2F8555341%2FBoyer_Hesabi&date=2016-01-10, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
43. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.aytesmuhendislik.com.tr%2F%2F3FSyf%3D5%26Id%3D18214&date=2016-01-10>, Son erişim tarihi: 10.01.2016
44. İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Haber Bülteni (22.10.2014). Sayı: 15922. URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.tuik.gov.tr%2FPreHaberBultenleri.do%3Fid%3D15922&date=2016-01-10>, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
45. Öztürk, M., Bozkurt, Çırak, B., Özek N. (2012). Eysel Fotovoltaik Sistemlerin Ömür Boyu Maliyet Analizi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18 (1), 1-11.
46. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.boschhome.com%2Ftr%2F%2F25C3%25BCr%25C3%25BCnler%2Fevkonforu%2Fklimalar%2FB1ZMI18602.html&date=2016-01-10>, Son erişim tarihi: 10.01.2016.
47. İnternet: URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.demirdokum.com.tr%2Fanasayfa%2Furunler%2Fdemirdokumnitromix13952.tr_tr.html&date=2016-01-10, Son erişim tarihi: 10.01.2016.

EKLER

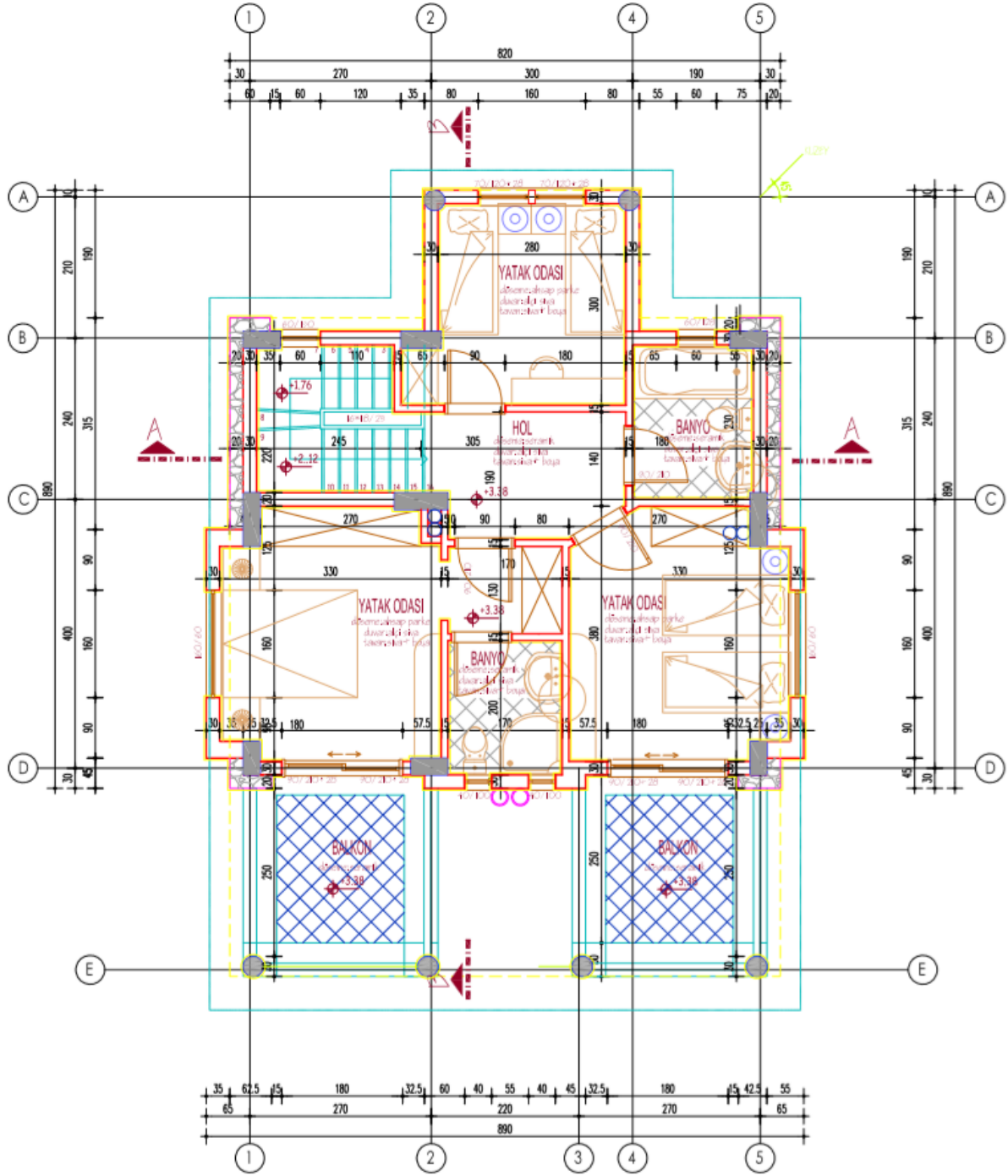
EK-1. Yeşil evin mimari projesi



ZEMİN KAT PLANI ÖLÇEK:1/100

Şekil 1.1. Zemin kat planı

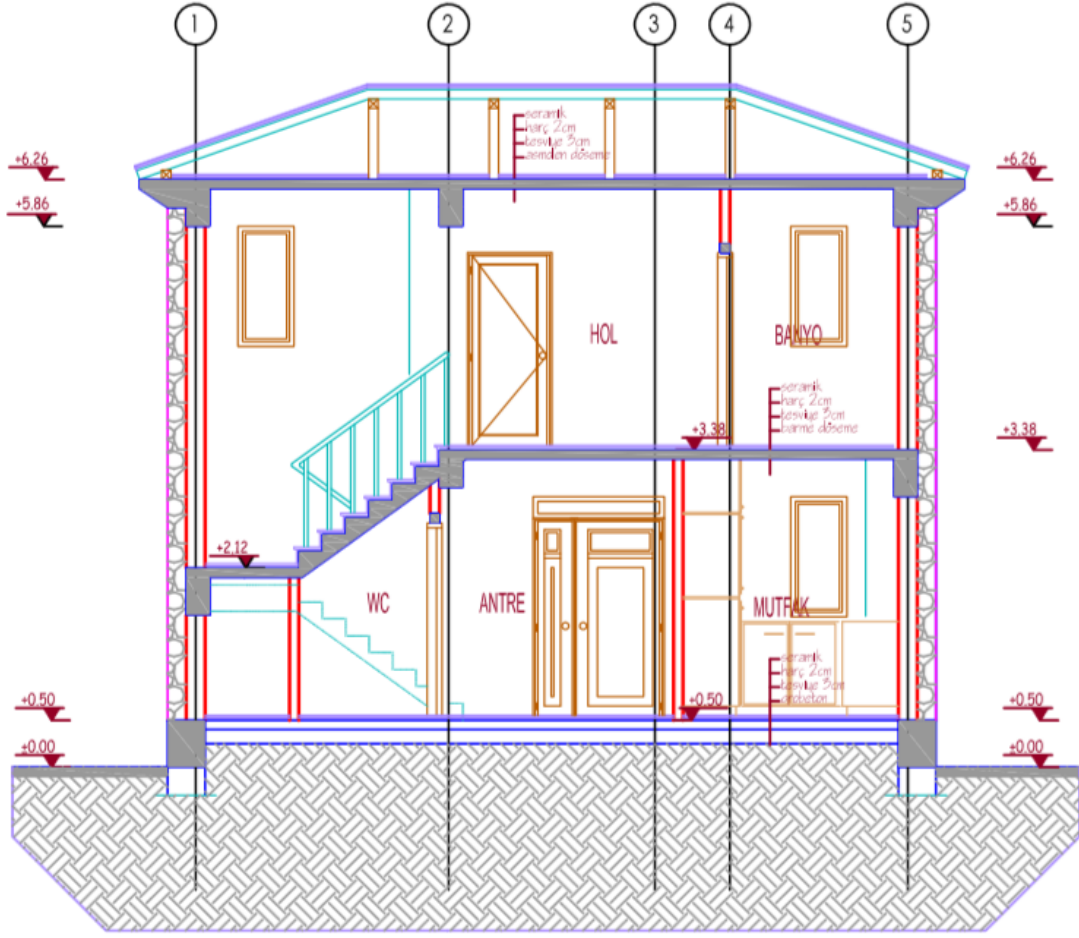
EK-1. (Devam) Yeşil evin mimari projesi



1. KAT PLANI ÖLÇEK:1/100

Şekil 1.2. Birinci kat planı

EK-1. (Devam) Yeşil evin mimari projesi



A-A KESİTİ ÖLÇEK: 1/100

Şekil 1.3. Evin cepheden görünüşü

EK-1. (Devam) Yeşil evin mimari projesi



ÖN GÖRÜNÜŞ ÖLÇEK: 1/100

Şekil 1.5. Evin ön görünüşü

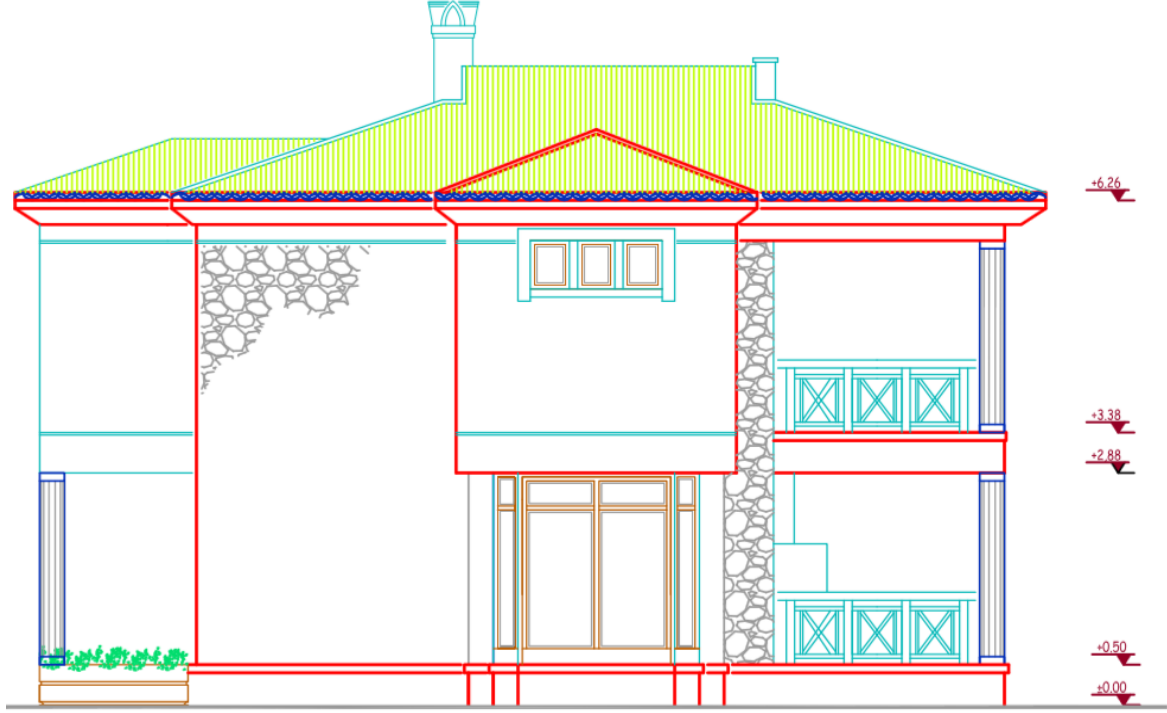
EK-1. (Devam) Yeşil evin mimari projesi



ARKA GÖRÜNÜŞ ÖLÇEK: 1/100

Şekil 1.6. Evin arka görünüşü

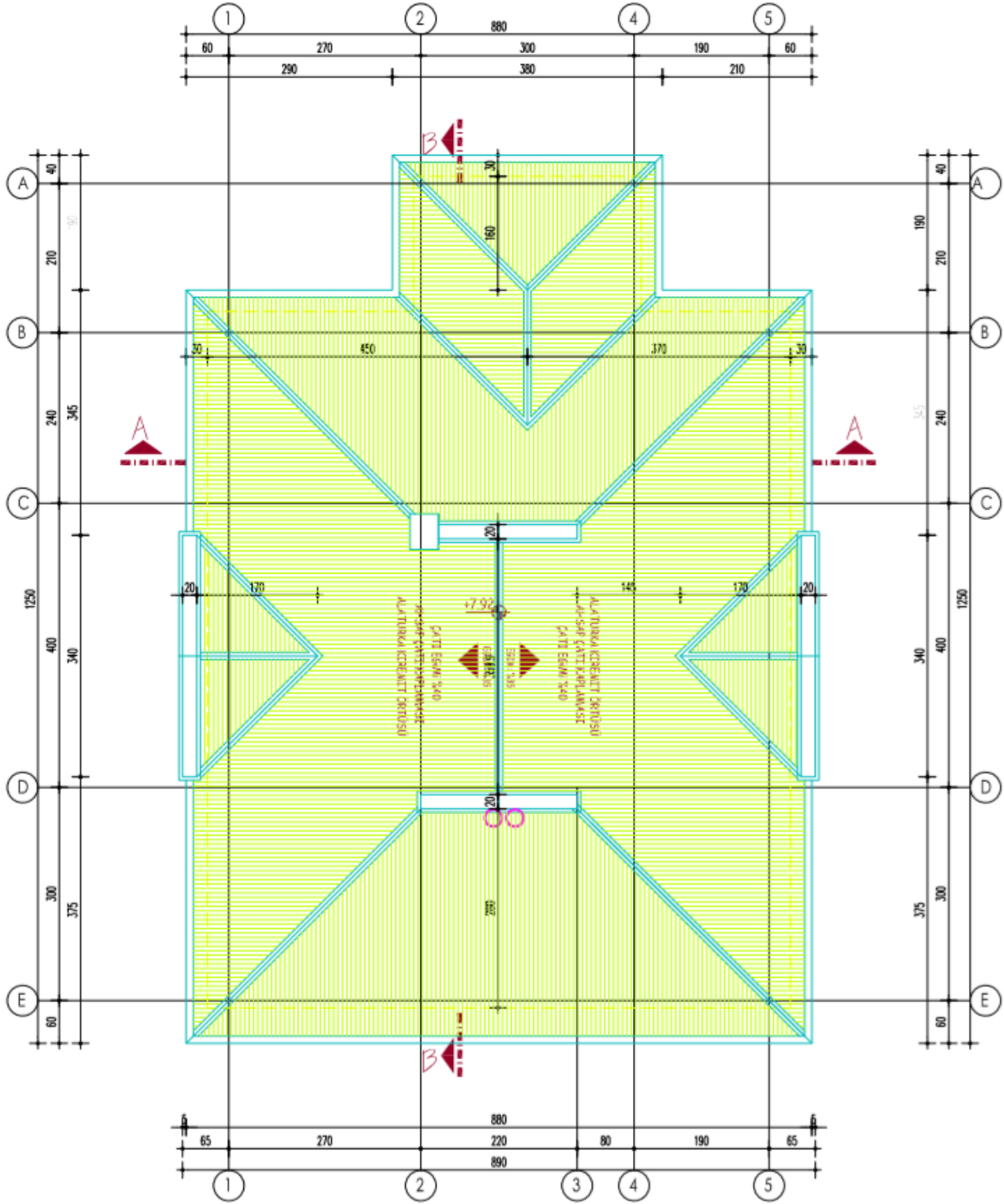
EK-1. (Devam) Yeşil evin mimari projesi



SOL YAN GÖRÜNÜŞ ÖLÇEK: 1/100

Şekil 1.7. Evin sol yan görünüşü

EK-1. (Devam) Yeşil evin mimari projesi



ÇATI KATI PLANI ÖLÇEK:1/100

Şekil 1.8. Evin çatıdan görünüşü

EK-2. Isı kaybı hesabında kullanılan tablolar (TS 825)

TS 825 EK 5

Yapı Malzeme ve Bileşenlerinin Isıl İletkenliği Hesap Değerleri (λ_h) ve Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörleri (μ) "1), 2), 3), 4), 5), 6)"

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ (kg/m ³)	Isı iletim katsayısı λ_h ⁴⁾ (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
1	Doğal taşlar			
1.1	Kristal yapılu püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	> 2800	3,5	
1.2	Tortul, sedimante taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.)	2600	2,3	
1.3	Gözenekli püskürük taşlar	< 1600	0,55	
2	Doğal zeminler (doğal nemlilikte)			
2.1	Kum, çakıl, kırma taş	1800	1,4	
2.2	Kil,sıkı toprak	2000	2,1	
3	Dökme malzemeler (hava kurusunda, üzeri örtülü durumda) Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)			
3.1	Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	1800	0,7	
3.2	Bims çakılı (TS 3234)	≤ 1000	0,19	
3.3	Yüksek fırın curufu	≤ 600	0,13	
3.4	Kömür curufu	≤ 1000	0,23	
3.5	Gözenekli doğal taş mıcırları	≤ 1200	0,22	
		≤ 1500	0,27	
3.6	Genleştirilmiş perlit agregası (TS 3681)	≤ 50	0,046	
		≤ 100	0,058	
		≤ 150	0,070	
		≤ 200	0,081	
3.7	Genleştirilmiş mantar parçacıkları	≤ 200	0,050	
3.8	Polistiren, sert köpük parçacıkları	15	0,045	
3.9	Testere ve plânya talaşı	200	0,07	
3.10	Saman	150	0,058	
4	Sıvalar, şaplar ve diğer harç tabakaları			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	1800	0,87	15 - 35
4.2	Çimento harcı	2000	1,40	15 - 35
4.3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	1400	0,70	10
4.4	Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	1200	0,35	10
4.5	Alçı harçlı şap	2000	1,20	15 - 35
4.6	Çimento harçlı şap	2000	1,40	15 - 35
4.7	Dökme asfalt kaplama, kalınlık ≥15 mm	2300	0,90	
4.8	Anorganik asıllı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	800	0,30	
		900	0,35	
		1000	0,38	
4.9	Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan sıvalar ve harç ve tabakaları	400	0,14	
		500	0,16	
		600	0,20	
		700	0,24	
		800	0,29	
5	Büyük boyutlu yapı elemanları ve bileşenleri (kolon, kiriş, döşeme ve ısı iletkenliği hesabına esas yüzeyi 0,25 m² den büyük olan perde, panolar gibi)			
5.1	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar			
	Donatılı	2400	2,10	70 - 150
	Donatısız	2200	1,74	70 - 150

EK-2. (Devam) Isı kaybı hesabında kullanılan tablolar (TS 825)

TS 825 EK 5

Devam

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ (kg/m ³)	Isı iletim katsayısı λ_s ²⁾ (W/mK)	Su buharı difüzyon direnci faktörü μ ³⁾
5.2	Kesif dokulu hafif betonlar, (agregalar arası boşluksuz) donatılı veya donatısız			
5.2.1	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar ,TS 1114'e uygun agregalarla ³⁾	800	0,39	70 - 150
		900	0,44	"
		1000	0,49	"
		1100	0,55	"
		1200	0,62	"
		1300	0,70	"
		1400	0,79	"
		1500	0,89	"
		1600	1,00	"
		1800	1,30	"
		2000	1,60	"
5.2.2	Yalnız genleştirilmiş perlit kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 3649'a uygun) ³⁾	300	0,10	
		400	0,13	
		500	0,15	
		600	0,19	
		700	0,21	
		800	0,24	
		900	0,27	
		1000	0,30	
		1200	0,35	
		1400	0,42	
		1600	0,49	
5.3	Tuvenan halindeki hafif agregalarla yapılan hafif betonlar (agregalar arası boşluklu)			
5.3.1	Gözeneksiz agregalar kullanılarak yapılmış betonlar	1600	0,81	3 - 10
		1800	1,10	
		2000	1,40	5 - 10
5.3.2	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak kuvarz kumu katılmadan yapılmış betonlar ³⁾	600	0,22	5 - 15
		700	0,26	"
		800	0,28	"
		1000	0,36	"
		1200	0,46	"
		1400	0,57	"
		1600	0,75	"
		1800	0,92	"
		2000	1,20	"
5.3.3	Yalnız doğal bims kullanılarak ve kuvars kumu katılmadan yapılmış betonlar (TS 3234'e uygun) (TS 2823'e uygun yapı elemanları dahil)	500	0,15	5 - 15
		600	0,18	"
		700	0,20	"
		800	0,24	"
		900	0,27	"
		1000	0,32	"
		1200	0,44	"
5.4	Organik bazlı agregalarla yapılmış hafif betonlar			
5.4.1	Ahşap testere veya plânya talaşı betonu	400	0,14	
		600	0,19	
		800	0,25	
		1000	0,35	
		1200	0,44	
5.4.2	Çeltik kapçığı betonu	600	0,14	
		700	0,17	

EK-2. (Devam) Isı kaybı hesabında kullanılan tablolar (TS 825)

TS 825 EK 5

Devam

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ (kg/m ³)	Isı iletim katsayısı λ_b ²⁾ (W/mK)	Su buharı difüzyon direnci faktörü μ ³⁾
5.5	Buharla sertleştirilmiş gaz betonlar (TS 453'e uygun yapı elemanları dahil)	400 500 600 700 800	0,14 0,16 0,19 0,21 0,23	5 - 10 " " " "
6	Yapı plâkları ve levhaları			
6.1	Gaz beton yapı levhaları (TS 453'e uygun plaklar)			
6.1.1	Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilen levhalar	500 600 700 800	0,22 0,24 0,27 0,29	5 - 10 " " "
6.1.2	İnce derzli veya özel yapıştırıcı kullanılarak yerleştirilen levhalar	500 600 700 800	0,19 0,22 0,24 0,27	5 - 10 " " "
6.2	Hafif betondan duvar plâkları	800 900 1000 1200 1400	0,29 0,32 0,37 0,47 0,58	5 - 10 " " " "
6.3	Alçıdan duvar levhalar ve blokları (gözenekli, delikli, dolgu veya agregalı olanlar dahil) (TS 451, TS 452 TS 1474'e uygun)	600 750 900 1000 1200	0,29 0,35 0,41 0,47 0,58	5 - 10 " " " "
6.4	Genleştirilmiş perlit agregası katılmış alçı duvar levhaları (TS 3682 ye uygun)	600 750 900	0,29 0,35 0,41	5 - 10 " "
6.5	Alçı karton plâkalar (TS 452'ye uygun)	900	0,21	8
7	Kâgir duvarlar (Harç fugaları- derzleri dahil)			
7.1	Tuğla duvarlar			
7.1.1	TS 704, TS 705 'e uygun tuğlalarla yapılan kâgir duvarlar, dolu klinker, düşey delikli klinger, (TS 4562) seramik klinger (TS 2902).	1800 2000 2200	0,81 0,94 1,20	50 - 100 " "
7.1.2	TS 704, TS 705 'e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar	1200 1400 1600 1800 2000	0,50 0,58 0,68 0,81 0,96	5 - 10 " " " "
7.1.3	Düşey delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4377'ye uygun AB sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli)			
7.1.3.1	Normal harç kullanarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	700 800 900 1000	0,35 0,38 0,42 0,45	5 - 10 " " "
7.1.3.2	TS4916 'ya uygun harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar ²⁾	700 800 900 1000	0,30 0,33 0,36 0,39	5 - 10 " " "

EK-2. (Devam) Isı kaybı hesabında kullanılan tablolar (TS 825)

TS 825 EK 5

Devam

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ (kg/m ³)	Isı iletim katsayısı λ_d ⁴⁾ (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
7.1.4	Düşey delikli hafif tuğlalarla duvarlar (TS 4377'ye uygun W sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepi)			
7.1.4.1	Normal harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	≤700 800 900 1000	0,30 0,33 0,36 0,39	5 - 10 " " "
7.1.4.2	TS 4916'ya uygun harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar ²⁾	≤700 800 900 1000	0,24 0,27 0,30 0,33	5 - 10 " " "
7.1.5	Düşey delikli hafif tuğlalarla duvarlar (TS 4377'ye uygun W sınıfı lâmba zıvanalı tuğlalarla)			
7.1.5.1	Normal harç kullanılarak W sınıfı lâmba zıvanalı tuğlalarla yapılan duvarlar	≤700 800 900 1000	0,24 0,27 0,30 0,34	5 - 10 " " "
7.1.5.2	TS 4916 'ya uygun harç kullanılarak W sınıfı Lâmba zıvanalı tuğlalarla yapılan duvarlar ²⁾	≤700 800 900 1000	0,18 0,21 0,24 0,28	5 - 10 " " "
7.1.6	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4563)	≤1000	0,45	5 - 10
7.2	Kireç kum taşı duvarlar (TS 808 'e uygun)	700 800 900 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200	0,35 0,40 0,44 0,50 0,57 0,70 0,79 0,99 1,10 1,30	5 - 10 " " " " " 5 - 25 " " "
7.3	Gaz beton duvar blokları ile duvarlar (TS 453'e uygun)			
7.3.1	Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilmiş bloklarla duvarlar	400 500 600 700 800	0,20 0,22 0,24 0,27 0,29	5 - 10 " " " "
7.3.2	İnce derzli (derz kalınlığı ≤ 3 mm) veya özel yapıştırıcısıyla yerleştirilmiş bloklarla duvarlar (blok uzunluğunun en az 500 mm olması şartıyla)	400 500 600 700 800	0,15 0,17 0,20 0,23 0,27	5 - 10 " " " "
7.3.3	TS 4916 'ya uygun harç kullanılarak gaz beton bloklarla yapılan duvarlar ²⁾	400 500 600 700 800	0,14 0,16 0,18 0,21 0,23	5 - 10 " " " "

EK-2. (Devam) Isı kaybı hesabında kullanılan tablolar (TS 825)

TS 825 EK 5

Devam

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ (kg/m ³)	Isı iletim katsayısı λ_n ²⁾ (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ³⁾
7.4	Beton briket veya duvar blokları ile duvarlar			
7.4.1	Hafif betondan dolu briket veya dolu bloklarla duvarlar (TS 406'ya uygun ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış briket ve bloklarla)	500	0,32	5 - 10
		600	0,34	"
		700	0,37	"
		800	0,40	"
		900	0,43	"
		1000	0,46	"
		1200	0,54	"
		1400	0,63	10 - 15
		1600	0,74	"
		1800	0,87	"
		2000	0,99	"
7.4.2	Doğal bims betondan dolu bloklarla duvarlar (TS 2823'e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış)	500	0,29	5 - 10
		600	0,32	"
		700	0,35	"
		800	0,39	"
		900	0,43	"
		1000	0,46	"
		1200	0,54	"
		1400	0,63	10 - 15
		1600	0,74	"
		1800	0,87	"
		2000	0,99	"
7.4.3	Kuvars kumu katılmaksızın doğal bimsle yapılmış betondan özel yarıklı dolu duvar bloklarıyla duvarlar (TS 2823'e uygun SW türü bloklarla)			
	Uzunluk ≥ 490 mm	500	0,20	5 - 10
		600	0,22	"
		700	0,25	"
		800	0,28	"
	240 mm \leq Uzunluk < 490 mm	500	0,22	5 - 10
		600	0,24	"
		700	0,28	"
		800	0,31	"
7.4.4	Genleştirilmiş perlit betonundan dolu bloklarla duvarlar (kuvartz kumu katılmaksızın yapılmış bloklarla) (TS 3681'e uygun agregayla TS 406'ya uygun olarak yapılmış bloklarla ³⁾)	500	0,26	5 - 10
		600	0,29	"
		700	0,32	"
		800	0,35	"
7.5	Boşluklu briket veya bloklarla duvarlar			
7.5.1	Hafif betondan boşluklu bloklarla duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS 2823 uygun BDB türü bloklarla)			
7.5.1.1	2 sıra boşluklu; genişlik ≤ 240 mm ,	500	0,29	5 - 10
	3 sıra boşluklu; genişlik ≤ 300 mm,	600	0,32	"
	4 sıra boşluklu; genişlik ≤ 365 mm,	700	0,35	"
	5 sıra boşluklu genişlik ≤ 490 mm,	800	0,39	"
	6 sıra boşluklu; genişlik ≤ 490 mm olan bloklarda	900	0,44	"
		1000	0,49	"
		1200	0,60	"
		1400	0,73	"

EK-2. (Devam) Isı kaybı hesabında kullanılan tablolar (TS 825)

TS 825 EK 5

Devam

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ (kg/m ³)	Isı iletim katsayısı λ_n ⁴⁾ (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
7.5.1.2	2 sıra boşluklu; genişlik = 300 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik = 365 mm olan bloklarda	500 600 700 800 900 1000 1200 1400	0,29 0,34 0,39 0,46 0,55 0,64 0,76 0,90	5 - 50 " " " " " " "
7.5.2	Normal betondan boşluklu briket ve bloklarla duvarlar (TS 406'ya uygun)			
7.5.2.1	2 sıra boşluklu; genişlik \leq 240 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik \leq 300 mm, 4 sıra boşluklu; genişlik \leq 365 mm, olan bloklarda	\leq 1800	0,92	20 - 30
7.5.2.2	2 sıra boşluklu; genişlik = 300 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik = 365 mm, olan bloklarda	\leq 1800	1,3	20 - 30
7.6	Doğal taşlarla örülmüş moloz taş duvarlar Taşın birim hacim kütlesi ; $< 1600 \text{ kg/m}^3$ $\geq 1600, < 2000 \text{ kg/m}^3$ $\geq 2000, < 2600 \text{ kg/m}^3$ $\geq 2600 \text{ kg/m}^3$		0,81 1,16 1,74 2,56	
8	Ahşap ve ahşap mamulleri			
8.1	Ahşap			
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	600	0,13	40
8.1.2	Kayın, meşe, dişbudak	800	0,20	40
8.2	Ahşap mamulleri			
8.2.1	Kontrplâk (TS 46), kontrtabla (TS 1047)	800	0,13	50 - 400
8.2.2	Ahşap yonga levhalar			
8.2.2.1	Yatık yongalı levhalar (TS 180, TS 1617)	700	0,13	50 - 100
8.2.2.2	Dik yongalı levhalar (TS 3482)	700	0,17	20
8.2.3	Odun lifi levhalar			
8.2.3.1	Sert ve orta sert odun lifi levhalar (TS 64)	600 800 1000	0,13 0,15 0,17	70 " "
8.2.3.2	Hafif odun lifi levhalar	\leq 200 $<$ 300	0,046 0,058	5 "
9	Kaplamalar			
9.1	Döşeme kaplamaları			
9.1.1	Linolyum	1000	0,17	
9.1.2	Mantarlı linolyum	700	0,08	
9.1.3	Sentetik malzemeden kaplamalar (örneğin PVC)	1500	0,23	
9.1.4	Halı vb. kaplamalar	250	0,07	
9.2	Suya karşı yalıtım kaplamaları			
9.2.1	Mastik asfalt kaplama \geq 7 mm	2000	0,70	

EK-2. (Devam) Isı kaybı hesabında kullanılan tablolar (TS 825)

TS 825 EK 5

Devam

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ (kg/m ³)	Isı iletim katsayısı λ_n ²⁾ (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ_n ³⁾
9.2.2	Bitüm ve bitüm emdirilmiş kaplamalar			
9.2.2.1	Armatürlü bitümlü pestiller (membranlar)			
	Bitümlü karton	1100	0,19	2000
	Cam tülü armatürlü bitümlü pestil	1200	0,19	14000
	0,01 mm Al. Folyolu bitümlü pestil	900	0,19	100000
	Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran	2000	0,19	14000
	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	2000-5000	0,19	20000
9.2.3	Armatürlü veya armatürsüz plâstik pestil ve folyolar			
	Polietilen folyo	1000	0,19	80000
	PVC örtü	1200	0,19	42000
	PIB polyisobütülen örtü	1600	0,26	300000
	ECB etilen kopolimer örtü	1000	0,19	80000
	EPDM etilen propilen kauçuk örtü	1200	0,30	100000
10	Isı yalıtım malzemeleri			
10.1	Odon talaşı levhaları (TS 305)			
	levha kalınlığı ≥ 25 mm	360-480	0,09	2 - 5
	levha kalınlığı =10 mm	570	0,15	2 - 5
10.2	Sentetik köpük malzemeler			
10.2.1	Polistiren sert köpük levhalar (EPS)			
10.2.1.1	Polistiren - partiküler köpük (TS 7316)	≥ 15	0,040	20 - 250
10.2.1.2	Polistiren - ekstrüde köpük XPS (TS 11989)			
10.2.1.2.1	Yüzeyi pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı levhalar	> 20	0,031	8 - 250
10.2.1.2.2	Yüzeyi düzgün (ciltli) levhalar	≥ 30	0,028	8 - 250
10.2.2	Poliüretan sert köpük levhalar (PUR) (TS 2193) (TS 10981)	≥ 30	0,035	30 - 100
10.3	Fenol reçinesinden sert köpük levhalar	≥ 30	0,040	10 - 50
10.4	Mîneral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	8 - 500	0,040	1
10.5	Cam köpüğü levhalar	100 - 500	0,052	10000
10.6	Mantardan ısı yalıtım levhaları (TS 304)	80 - 160	0,040	10
		$> 160 - 250$	0,050	30
		$> 250 - 500$	0,055	35
10.7	Kamıştan hafif levhalar		0,058	

EK-3. Pencere, iç ve dış kapıların ısı geçiş katsayıları tabloları (TS 2164)

Çizelge 3.1. Cam ve çerçevenin tipine ve toplam ısı geçiş katsayılarına göre pencerenin toplam ısı geçiş katsayısı

Cam ve çerçevenin tipine ve toplam ısı geçiş katsayılarına göre pencerenin toplam ısı geçiş katsayısı (TS 2164)										
Cam Tipi	U_g (W/m ² K)	U_f (W/m ² K)								
		1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0
Tek Cam	5,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,9
Çift Cam	3,3	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	4,0
	3,1	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,9
	2,9	2,6	2,7	2,8	2,8	3,0	3,0	3,1	3,2	3,7
	2,7	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,6
	2,5	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,4
	2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	3,3
	2,1	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1
	1,9	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	3,0
	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,8
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,6
1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5	
Üçlü Cam	2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	3,2
	2,1	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1
	1,9	1,8	1,9	2,0	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,9
	1,7	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,2	2,8
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,6
	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,3
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	2,2
0,7	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0	
U_g :Camın toplam ısı geçiş katsayısı										
U_f :Çerçevenin toplam ısı geçiş katsayısı										

Çizelge 3.2. Dış ve iç kapılarda toplam ısı geçiş katsayıları

Dış ve iç kapılarda toplam ısı geçiş katsayıları (TS 2164)	
KAPILAR	U (W/m ² K)
Dış Kapılar	
Ağaç, plastik	3,5
Metal (ısı yalıtımlı)	4,0
Metal (ısı yalıtımsız)	5,5
İç Kapılar	2,0

EK-4. Yeşil evin yapı bileşenleri, yapı bileşenlerinin kalınlıkları ve ısı iletim katsayıları

Döşeme 1

1) Seramik	d= 0,025 m	$\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$
2) Çimento harcı	d= 0,02 m	$\lambda = 1,4 \text{ W/mK}$
3) Tesviye betonu	d= 0,03 m	$\lambda = 1,74 \text{ W/mK}$
4) Poliüretan partikül köpük	d= 0,1 m	$\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$
5) Grobeton	d= 0,15 m	$\lambda = 2,1 \text{ W/mK}$
6) Stabilize dolgu	d= 0,2 m	$\lambda = 0,7 \text{ W/mK}$

$$1/\alpha_i = 0,17 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$1/\alpha_d = 0$$

$$\frac{1}{U} = 0,17 + \frac{0,025}{2,3} + \frac{0,02}{1,4} + \frac{0,03}{1,74} + \frac{0,1}{0,035} + \frac{0,15}{2,1} + \frac{0,2}{0,7} = 3,43$$

$$U = 0,29 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

Döşeme 2

1) Ahşap parke	d= 0,02 m	$\lambda = 0,2 \text{ W/mK}$
2) Çimento harcı	d= 0,02 m	$\lambda = 1,4 \text{ W/mK}$
3) Tesviye betonu	d= 0,03 m	$\lambda = 1,74 \text{ W/mK}$
4) Poliüretan partikül köpük	d= 0,1 m	$\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$
5) Grobeton	d= 0,15 m	$\lambda = 2,1 \text{ W/mK}$
6) Stabilize dolgu	d= 0,2 m	$\lambda = 0,7 \text{ W/mK}$

$$1/\alpha_i = 0,17 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$1/\alpha_d = 0$$

$$\frac{1}{U} = 0,17 + \frac{0,02}{0,2} + \frac{0,02}{1,4} + \frac{0,03}{1,74} + \frac{0,1}{0,035} + \frac{0,15}{2,1} + \frac{0,2}{0,7} = 3,51$$

$$U = 0,28 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

EK-4. (Devam) Yeşil evin yapı bileşenleri, yapı bileşenlerinin kalınlıkları ve ısı iletim katsayıları

Döşeme 3

1) Ahşap parke	d= 0,01 m	$\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$
2) Çimento harcı	d= 0,02 m	$\lambda = 1,4 \text{ W/mK}$
3) Tesviye betonu	d= 0,03 m	$\lambda = 1,74 \text{ W/mK}$
4) Asmolen döşeme	d= 0,2 m	$\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$
5) Tavan sıvası	d= 0,015 m	$\lambda = 0,87 \text{ W/mK}$

$$1/\alpha_i = 0,13 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$1/\alpha_d = 0,04 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$\frac{1}{U} = 0,13 + \frac{0,01}{0,13} + \frac{0,02}{1,4} + \frac{0,03}{1,74} + \frac{0,2}{0,13} + \frac{0,015}{0,87} + 0,04 = 1,83$$

$$U = 0,55 \text{ W} / \text{m}^2 \text{K}$$

Döşeme 4

1) Ahşap parke	d= 0,01 m	$\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$
2) Çimento harcı	d= 0,02 m	$\lambda = 1,4 \text{ W/mK}$
3) Tesviye betonu	d= 0,03 m	$\lambda = 1,74 \text{ W/mK}$
4) Poliüretan partikül köpük	d= 0,1 m	$\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$
5) Asmolen döşeme	d= 0,2 m	$\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$
6) Dış tavan sıvası	d= 0,015 m	$\lambda = 0,35 \text{ W/mK}$

$$1/\alpha_i = 0,17 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$1/\alpha_d = 0,04 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$\frac{1}{U} = 0,17 + \frac{0,01}{0,13} + \frac{0,02}{1,4} + \frac{0,03}{1,74} + \frac{0,1}{0,035} + \frac{0,2}{0,13} + \frac{0,015}{0,35} + 0,04 = 4,76$$

$$U = 0,21 \text{ W} / \text{m}^2 \text{K}$$

EK-4. (Devam) Yeşil evin yapı bileşenleri, yapı bileşenlerinin kalınlıkları ve ısı iletim katsayıları

Döşeme 5

1) Seramik	d= 0,025 m	$\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$
2) Çimento harcı	d= 0,02 m	$\lambda = 1,4 \text{ W/mK}$
3) Tesviye betonu	d= 0,03 m	$\lambda = 1,74 \text{ W/mK}$
4) Asmolen döşeme	d= 0,2 m	$\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$
5) Tavan sıvası	d= 0,015 m	$\lambda = 0,87 \text{ W/mK}$

$$1/\alpha_i = 0,13 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$1/\alpha_d = 0,04 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$\frac{1}{U} = 0,13 + \frac{0,025}{2,3} + \frac{0,02}{1,4} + \frac{0,03}{1,74} + \frac{0,2}{0,13} + \frac{0,015}{0,87} + 0,04 = 1,77$$

$$U = 0,57 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

Döşeme 6

1) Seramik	d= 0,025 m	$\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$
2) Çimento harcı	d= 0,02 m	$\lambda = 1,4 \text{ W/mK}$
3) Tesviye betonu	d= 0,03 m	$\lambda = 1,74 \text{ W/mK}$
4) Asmolen döşeme	d= 0,2 m	$\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$
5) Poliüretan partikül köpük	d= 0,1 m	$\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$
6) Tavan sıvası	d= 0,015 m	$\lambda = 0,87 \text{ W/mK}$

$$1/\alpha_i = 0,13 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$1/\alpha_d = 0,08 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$\frac{1}{U} = 0,13 + \frac{0,025}{2,3} + \frac{0,02}{1,4} + \frac{0,03}{1,74} + \frac{0,2}{0,13} + \frac{0,1}{0,035} + \frac{0,015}{0,87} + 0,08 = 4,55$$

$$U = 0,22 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

EK-4. (Devam) Yeşil evin yapı bileşenleri, yapı bileşenlerinin kalınlıkları ve ısı iletim katsayıları

Döşeme 7

1) Seramik	d= 0,025 m	$\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$
2) Çimento harcı	d= 0,02 m	$\lambda = 1,4 \text{ W/mK}$
3) Tesviye betonu	d= 0,03 m	$\lambda = 1,74 \text{ W/mK}$
4) Asmolen döşeme	d= 0,2 m	$\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$
5) Poliüretan partikül köpük	d= 0,1 m	$\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$
6) Dış tavan sıvası	d= 0,015 m	$\lambda = 0,35 \text{ W/mK}$

$$1/\alpha_i = 0,13 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$1/\alpha_d = 0,08 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$\frac{1}{U} = 0,13 + \frac{0,025}{2,3} + \frac{0,02}{1,4} + \frac{0,03}{1,74} + \frac{0,2}{0,13} + \frac{0,1}{0,035} + \frac{0,015}{0,35} + 0,08 = 4,69$$

$$U = 0,21 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

İç duvar 1

1) Alçı sıva	d= 0,015 m	$\lambda = 0,7 \text{ W/mK}$
2) Tuğla	d= 0,12 m	$\lambda = 0,38 \text{ W/mK}$
3) Alçı sıva	d= 0,015 m	$\lambda = 0,7 \text{ W/mK}$

$$1/\alpha_i = 0,13 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$1/\alpha_d = 0,04 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$\frac{1}{U} = 0,13 + \frac{0,015}{0,7} + \frac{0,12}{0,38} + \frac{0,015}{0,7} + 0,04 = 0,53$$

$$U = 1,89 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

EK-4. (Devam) Yeşil evin yapı bileşenleri, yapı bileşenlerinin kalınlıkları ve ısı iletim katsayıları

İç duvar 2

1) Seramik	d= 0,025 m	$\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$
2) Alçı sıva	d= 0,01 m	$\lambda = 0,7 \text{ W/mK}$
3) Tuğla	d= 0,12 m	$\lambda = 0,38 \text{ W/mK}$
4) Alçı sıva	d= 0,01 m	$\lambda = 0,7 \text{ W/mK}$

$$1/\alpha_i = 0,13 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$1/\alpha_d = 0,04 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$\frac{1}{U} = 0,13 + \frac{0,025}{2,3} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{0,12}{0,38} + \frac{0,01}{0,7} + 0,04 = 0,525$$

$$U = 1,90 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

NOT: İç duvarların ısı iletim katsayısı aynı kabul edilmiş olup $U = 1,89 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$ olarak alınmıştır.

Dış duvar 1

1) Alçı sıva	d= 0,02 m	$\lambda = 0,7 \text{ W/mK}$
2) Gazbeton	d= 0,18 m	$\lambda = 0,24 \text{ W/mK}$
3) Polistiren partikül köpük	d= 0,08 m	$\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$
4) Dış sıva	d= 0,02 m	$\lambda = 0,87 \text{ W/mK}$

$$1/\alpha_i = 0,13 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$1/\alpha_d = 0,04 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$\frac{1}{U} = 0,13 + \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,18}{0,24} + \frac{0,08}{0,04} + \frac{0,02}{0,87} + 0,04 = 2,97$$

$$U = 0,34 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

EK-4. (Devam) Yeşil evin yapı bileşenleri, yapı bileşenlerinin kalınlıkları ve ısı iletim katsayıları

Dış duvar 2

1) Seramik	d= 0,025 m	$\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$
2) Alçı sıva	d= 0,01 m	$\lambda = 0,7 \text{ W/mK}$
3) Gazbeton	d= 0,18 m	$\lambda = 0,24 \text{ W/mK}$
4) Polistiren partikül köpük	d= 0,08 m	$\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$
5) Dış sıva	d= 0,01 m	$\lambda = 0,87 \text{ W/mK}$

$$1/\alpha_i = 0,13 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$1/\alpha_d = 0,04 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$\frac{1}{U} = 0,13 + \frac{0,025}{2,3} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{0,18}{0,24} + \frac{0,08}{0,04} + \frac{0,01}{0,87} + 0,04 = 2,96$$

$$U = 0,34 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

NOT: Dış duvarların ısı iletim katsayısı aynı kabul edilmiş olup $U = 0,34 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$ olarak alınmıştır.

Çatı

1) Alaturka kiremit		
2) Polistiren partikül köpük	d= 0,08 m	$\lambda = 0,4 \text{ W/mK}$
3) Gazbeton yapı levhası	d= 0,10 m	$\lambda = 0,29 \text{ W/mK}$

$$1/\alpha_i = 0,13 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$1/\alpha_d = 0,04 \text{ m}^2\text{W} / \text{K}$$

$$\frac{1}{U} = 0,13 + \frac{0,8}{0,4} + \frac{0,1}{0,29} + 0,04 = 2,51$$

$$U = 0,40 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

EK-4. (Devam) Yeşil evin yapı bileşenleri, yapı bileşenlerinin kalınlıkları ve ısı iletim katsayıları

Pencereler (çift cam alüminyum doğrama)

$$U = 1,7 \text{ W/m}^2 \text{K}$$

Dış kapı (metal yalıtımlı)

$$U = 4,0 \text{ W/m}^2 \text{K}$$

İç kapılar (ahşap)

$$U = 2,0 \text{ W/m}^2 \text{K}$$

EK-5. Hava sızıntısı ısı kaybı hesabı tablosu

Mahal Adı		a	L	R	H	ΔT	Z_e	q_s (W)
Salon (Z-01)	Pencere	1,2	44,16	0,7	0,67	32	1,2	954,4
	İç Kapı	15	6,6	0,7	0,67	5	1,2	278,6
	Toplam							
WC (Z-02)	İç Kapı	15	5,8	0,9	0,67	5	1	262,3
Antre (Z-03)	Dış Kapı	1,2	6,2	0,9	0,67	27	1	121
	Pencere	1,2	5	0,9	0,67	27	1	97,6
	Toplam							
Mutfak (Z-04)	Pencere	1,2	3,76	0,9	0,67	32	1	87
Yatak Odası (101-103)	Pencere	1,2	17,52	0,9	0,67	32	1,2	486,8
	İç Kapı	15	6	0,9	0,67	5	1,2	325,6
	Toplam							
Banyo (102)	Pencere	1,2	5,6	0,9	0,67	36	1	145,9
	İç Kapı	15	6	0,9	0,67	4	1	217,1
	Toplam							
Merdiven (104)	Pencere	1,2	4,2	0,9	0,67	22	1	66,9
Yatak Odası (105)	Pencere	1,2	8,32	0,9	0,67	32	1	192,65
	İç Kapı	15	6	0,9	0,67	5	1	271,35
	Toplam							
Banyo (106)	Pencere	1,2	3,76	0,9	0,67	36	1	98
	İç Kapı	15	6	0,9	0,67	9	1	488,4
	Toplam							

EK-6. Isı kaybı hesabı tabloları

Çizelge 6.1. Salona ait ısı kaybı hesabı tablosu

SALON (20 °C)		ISI KAYBI HESABI										Kat No:	Zemin, Z - 01			
Proje dış sıcaklığı: - 12 °C												Sayfa no:	1			
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	ALAN HESABI						ISI KAYBI HESABI				ARTIRIMLAR				
		Kalınlığı	Uzunluk	Yükseklik veya genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Giren Alan	Toplam Isı Geçiş Katsayısı	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	Birleştirilmiş Artırım Katsayısı	Yön Artımı Katsayısı	Kat Yükseklik Artım Katsayısı	Toplam Artırım Katsayısı	Toplam Isı İhtiyacı
		cm	m	m	m ²	tane	m ²	A	U	ΔT	q ₀	Z _D	Z _H	Z _w	Z	q _i
		cm	m	m	m ²	tane	m ²	m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	%	W
Dö2		52,5	8,45	2,9	24,5	1	-	24,5	0,28	14	96,06					
			5	0,6	3	1	-	3	0,28	14	11,76					
			7,6	0,3	2,28	1	-	2,28	0,28	14	8,94					
Dö5 (Ta)		29	2,15	0,4	0,86	1	-	0,86	0,57	5	2,45					
DD	GB	30,5	3,8	2,7	10,3	1	6,19	4,08	0,34	32	44,4					
	GD		8	2,7	7,83	1	8,57	13	0,34	32	141,8					
	KD		2,9	2,7	7,83	1	3,8	4,02	0,34	32	43,76					
İD		16,5	2,5	2,7	6,75	1	2,52	4,23	1,89	5	40					
İK			1,2	2,1	2,52	1	-	2,52	2	5	25,2					
ÇP	GB		2,6	2,38	6,19	1	-	6,19	1,7	32	336,7					
	GD		1,8	2,38	4,28	2	-	8,57	1,7	32	466,2					
	KD		1,6	2,38	3,8	1	-	3,8	1,7	32	206,7					
											1424	7	-5	-	1,02	1452, 5
$q_s = 1233 \text{ W}$											$q_h = 1233 + 1452,5 = 2685,5 \text{ W}$					

EK-6. (Devam) Isı kaybı hesabı tabloları

Çizelge 6.2. WC'ye ait ısı kaybı hesabı tablosu

WC (20 °C)						ISI KAYBI HESABI						Kat No:		Zemin Kat Z - 02		
Proje dış sıcaklığı: - 12 °C												Sayfa no:		2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	ALAN HESABI						ISI KAYBI HESABI				ARTIRIMLAR				
		Kalınlığı	Uzunluk	Yükseklik veya genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Giren Alan	Toplam Isı Geçiş Katsayısı	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	Birleştirilmiş Artırım Katsayısı	Yön Artımı Katsayısı	Kat Yükseklik Artım Katsayısı	Toplam Artırım Katsayısı	Toplam Isı İhtiyacı
		cm	m	m	m ²	tane	m ²	m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	%	W
Dö1		52,5	1,5	1	1,5	1	-	1,5	0,29	14	6,1					
İD		16,5	1	2,7	2,7	1	1,68	1,02	1,89	5	9,7					
			2,5	2,7	6,75	1	-	6,75	1,89	10	128,25					
Dö3 (Ta)		27,5	1,5	1	1,5	1	-	1,5	0,55	10	8,25					
İK			0,8	2,1	1,68	1	-	1,68	2	5	16,8					
											169,1	7	-	-	1,07	181
$q_s = 262,3 \text{ W}$						$q_h = 262,3 + 181 = 443,3 \text{ W}$										

EK-6. (Devam) Isı kaybı hesabı tabloları

Çizelge 6.3. Antreye ait ısı kaybı hesabı tablosu

ANTRE (15 °C)						ISI KAYBI HESABI						Kat No:		Zemin Kat Z - 03		
Proje dış sıcaklığı: - 12 °C												Sayfa no:		3		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	ALAN HESABI						ISI KAYBI HESABI				ARTIRIMLAR				Toplam Isı İhtiyacı
		Kalınlığı	Uzunluk	Yükseklik veya genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Güren Alan	Toplam Isı Geçiş Katsayısı	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	Birleştirilmiş Artırım Katsayısı	Yön Artımı Katsayısı	Kat Yükseklik Artım Katsayısı	Toplam Artırım Katsayısı	
		cm	m	m	m ²	tane	m ²	m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	%	W
Dö1		52,5	2,5	2,2	5,5	1	-	5,5	0,29	9	14,36					
			0,7	1	0,7	1	-	0,7	0,29	9	1,83					
DD	KB	30,5	3	2,7	8,1	1	2,94	5,16	0,34	27	47,37					
DK	KB		1	2,1	2,1	1	-	2,1	4	27	226,8					
ÇP	KB		0,4	2,1	0,84	1	-	0,84	1,7	27	38,56					
											328,9	7	+5	-	1,12	368,4
$q_s = 218,6 \text{ W}$						$q_h = 218,6 + 368,4 = 587 \text{ W}$										

EK-6. (Devam) Isı kaybı hesabı tabloları

Çizelge 6.4. Birinci yatak odasına ait ısı kaybı hesabı tablosu

YATAK ODASI (20 °C)						ISI KAYBI HESABI						Kat No:		Birinci Kat		
Proje dış sıcaklığı: - 12 °C												Sayfa no:		5		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	ALAN HESABI						ISI KAYBI HESABI				ARTIRIMLAR				Toplam Isı İhtiyacı
		Kalınlığı	Uzunluk	Yükseklik veya genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Giren Alan	Toplam Isı Geçiş Katsayısı	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	Birleştirilmiş Artırım Katsayısı	Yön Artımı Katsayısı	Kat Yükseklik Artım Katsayısı	Toplam Artırım Katsayısı	
		cm	m	m	m ²	tane	m ²	A	U	ΔT	q ₀	Z _D	Z _H	Z _w	Z	q _i
								m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	%	W
DD	D	30,5	8	2,7	21,6	1	5,24	16,4	0,34	32	178					
İD		16,5	0,9	2,7	2,43	1	1,89	0,54	1,89	5	5,1					
Dö6 (Ta)		35	3,3	3	9,9	1	-	9,9	0,22	14	30,5					
			2,7	0,9	2,43	1	0,28	2,15	0,22	14	6,62					
İK			0,9	2,1	1,89	1	-	1,89	2	5	18,9					
ÇP	KD		0,6	1,6	0,96	1	-	0,96	1,7	32	52,2					
	GD		0,9	2,38	2,14	2	-	4,28	1,7	32	233					
											524,7	7	-	-	1,07	561,1
q _s = 812,4 W											q _h = 812,4 + 561,1 = 1373,5 W					

EK-6. (Devam) Isı kaybı hesabı tabloları

Çizelge 6.5. Birinci banyoya ait ısı kaybı hesabı tablosu

BANYO (24 °C)						ISI KAYBI HESABI						Kat No:		Birinci Kat		
Proje dış sıcaklığı: - 12 °C												Sayfa no:		6		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	ALAN HESABI						ISI KAYBI HESABI				ARTIRIMLAR				Toplam Isı İhtiyacı
		Kalınlığı	Uzunluk	Yükseklik veya genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Güren Alan	Toplam Isı Geçiş Katsayısı	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	Birleştirilmiş Artırım Katsayısı	Yön Artımı Katsayısı	Kat Yükseklik Artım Katsayısı	Toplam Artırım Katsayısı	
		cm	m	m	m ²	tane	m ²	A	U	ΔT	q ₀	Z _D	Z _H	Z _W	Z	q _i
								m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	%	W
Dö5		29	2	1,7	3,4	1	-	3,4	0,57	4	7,75					
Dö6 (Ta)		35	2	1,7	3,4	1	-	3,4	0,22	18	13,46					
DD	GD	30,5	1,7	2,7	4,59	1	0,8	3,79	0,34	36	46,4					
iD		16,5	5,7	2,7	15,4	1	1,89	13,5	1,89	4	102					
iK			0,9	2,1	1,89	1	-	1,89	2	4	15,12					
ÇP	GD		0,4	1	0,4	2	-	0,8	1,7	36	49					
											233,7	7	-5	-	1,02	238,4
q _s = 363 W											q _h = 363 + 238,4 = 601,4 W					

EK-6. (Devam) Isı kaybı hesabı tabloları

Çizelge 6.6. İkinci yatak odasına ait ısı kaybı hesabı tablosu

YATAK ODASI (20 °C)						ISI KAYBI HESABI						Kat No:		Birinci Kat		
Proje dış sıcaklığı: - 12 °C												Sayfa no:		7		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	ALAN HESABI						ISI KAYBI HESABI				ARTIRIMLAR				Toplam Isı İhtiyacı
		Kalınlığı	Uzunluk	Yükseklik veya genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Güren Alan	Toplam Isı Geçiş Katsayısı	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	Birleştirilmiş Artırım Katsayısı	Yön Artımı Katsayısı	Kat Yükseklik Artım Katsayısı	Toplam Artırım Katsayısı	
		cm	m	m	m ²	tane	m ²	A	U	ΔT	q ₀	Z _D	Z _H	Z _W	Z	q _i
								m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	%	W
Dö6		35	3	3,3	9,9	1	-	9,9	0,22	14	30,5					
			2,7	0,9	2,43	1	-	2,43	0,22	14	7,5					
			1,8	1,3	2,34	1	-	2,34	0,22	14	7,2					
DD	G	30,5	8	2,7	21,6	1	5,24	16,4	0,34	32	178					
İD		16,5	2,6	2,7	7,02	1	-	7,02	1,89	10	132,7					
			2,3	2,7	6,21	1	1,89	4,32	1,89	5	40,8					
İK			0,9	2,1	1,89	1	-	1,89	2	5	18,9					
ÇP	GB		0,6	1,6	0,96	1	-	0,96	1,7	32	52,2					
	GD		0,9	2,38	2,14	2	-	4,28	1,7	32	233					
											700,8	7	-5	-	1,02	714,8
$q_s = 812,4 \text{ W}$											$q_h = 812,4 + 714,8 = 1527,2 \text{ W}$					

EK-6. (Devam) Isı kaybı hesabı tabloları

Çizelge 6.7. Merdivene ait ısı kaybı hesabı tablosu

MERDİVEN (10 °C)						ISI KAYBI HESABI						Kat No:		Birinci Kat		
Proje dış sıcaklığı: - 12 °C												Sayfa no:		8		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	ALAN HESABI						ISI KAYBI HESABI				ARTIRIMLAR				Toplam Isı İhtiyacı
		Kalınlığı	Uzunluk	Yükseklik veya genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Giren Alan	Toplam Isı Geçiş Katsayısı	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	Birleştirilmiş Artırım Katsayısı	Yön Artımı Katsayısı	Kat Yükseklik Artım Katsayısı	Toplam Artırım Katsayısı	
		cm	m	m	m ²	tane	m ²	m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	%	W
Dö6 (Ta)		35	2,2	2,05	4,5	1	-	4,5	0,22	4	4					
			0,3	1	0,3	1	-	0,3	0,22	4	0,26					
DD	GB	30,5	2,2	4,14	9,1	1	-	9,1	0,34	22	68,1					
	KB		2,05	1,5	3,08	1	0,9	2,18	0,34	22	16,27					
ÇP	KB		0,6	1,5	0,9	1	-	0,9	1,7	22	33,66					
											123,3	7	+5	-	1,12	137
$q_s = 66,9 \text{ W}$											$q_h = 66,9 + 137 = 203,9 \text{ W}$					

EK-6. (Devam) Isı kaybı hesabı tabloları

Çizelge 6.8. Üçüncü yatak odasına ait ısı kaybı hesabı tablosu

YATAK ODASI (20 °C)		ISI KAYBI HESABI										Kat No:		1. Kat , 105		
Proje dış sıcaklığı: - 12 °C												Sayfa no:		9		
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	ALAN HESABI						ISI KAYBI HESABI				ARTIRIMLAR				
		Kalınlığı	Uzunluk	Yükseklik veya genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Giren Alan	Toplam Isı Geçiş Katsayısı	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	Birleştirilmiş Artırım Katsayısı	Yön Artımı Katsayısı	Kat Yükseklik Artım Katsayısı	Toplam Artırım Katsayısı	Toplam Isı İhtiyacı
		cm	m	m	m ²	tane	m ²	A	U	ΔT	q ₀	Z _D	Z _H	Z _W	Z	q _i
		cm	m	m	m ²	tane	m ²	m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	%	W
Dö4		35	2,8	2	5,6	1	-	5,6	0,21	32	37,6					
Dö3		29	3,35	1	3,35	1	-	3,35	0,55	5	9,2					
DD	GB	30,5	2,55	2,7	6,89	1	-	6,89	0,34	32	74,9					
	KB		3,2	2,7	8,64	1	1,93	6,71	0,34	32	73					
	KD		1,9	2,7	5,13	1	-	5,13	0,34	32	55,8					
İD			1,3	2,7	3,51	1	-	3,51	1,89	10	66,34					
			3,05	2,7	8,24	1	1,89	6,35	1,89	5	60					
Dö6 (Ta)		35	2,8	2	5,6	1	-	5,6	0,22	14	17,25					
			3,35	1	3,35	1	-	3,35	0,22	14	10,32					
İK			0,9	2,1	1,89	1	-	1,89	2	5	18,9					
ÇP	KB		0,7	1,38	0,97	2	-	1,93	1,7	32	105,1					
											528,4	7	+5	-	1,12	591,8
$q_s = 464 \text{ W}$											$q_h = 464 + 591,8 = 1055,8 \text{ W}$					

EK-6. (Devam) Isı kaybı hesabı tabloları

Çizelge 6.9. İkinci banyoya ait ısı kaybı hesabı tablosu

BANYO (24 °C)						ISI KAYBI HESABI						Kat No:		Birinci Kat		
Proje dış sıcaklığı: - 12 °C												Sayfa no:		10		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	ALAN HESABI						ISI KAYBI HESABI				ARTIRIMLAR				Toplam Isı İhtiyacı
		Kalınlığı	Uzunluk	Yükseklik veya genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Güren Alan	Toplam Isı Geçiş Katsayısı	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	Birleştirilmiş Artırım Katsayısı	Yön Artımı Katsayısı	Kat Yükseklik Artım Katsayısı	Toplam Artırım Katsayısı	
		cm	m	m	m ²	tane	m ²	A	U	ΔT	q ₀	Z _D	Z _H	Z _W	Z	q _i
								m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	%	W
Dö5		29	2,3	1,8	4,14	1	-	4,14	0,57	4	9,44					
Dö6 (Ta)		35	2,3	1,8	4,14	1	-	4,14	0,22	18	16,4					
DD	K	30,5	4,2	2,7	11,3	1	0,77	10,6	0,34	36	129,4					
İD			1,1	2,7	2,97	1	-	2,97	1,89	4	22,57					
			1,2	2,7	3,24	1	1,89	1,35	1,89	9	23,1					
			1,8	2,7	4,86	1	-	4,86	1,89	4	36,94					
İK			0,9	2,1	1,89	1	-	1,89	2	9	34,02					
ÇP	KB		0,6	1,28	0,77	1	-	0,77	1,7	36	47					
											319	7	+5	-	1,12	357,1
q _s = 586,4 W											q _h = 586,4 + 357,1 = 943,5 W					

EK-6. (Devam) Isı kaybı hesabı tabloları

Çizelge 6.10. Hole ait ısı kaybı hesabı tablosu

HOL (15 °C)						ISI KAYBI HESABI						Kat No:		Birinci Kat		
Proje dış sıcaklığı: - 12 °C												Sayfa no:		11		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	ALAN HESABI						ISI KAYBI HESABI				ARTIRIMLAR				Toplam Isı İhtiyacı
		Kalınlığı	Uzunluk	Yükseklik veya genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Güren Alan	Toplam Isı Geçiş Katsayısı	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	Birleştirilmiş Artırım Katsayısı	Yön Artımı Katsayısı	Kat Yükseklik Artım Katsayısı	Toplam Artırım Katsayısı	
		cm	m	m	m ²	tane	m ²	A	U	ΔT	q ₀	Z _D	Z _H	Z _w	Z	q _i
								m ²	W/m ² K	°C	W	%	%	%	%	W
Dö6 (Ta)		35	3,05	1,3	3,97	1	-	3,97	0,22	9	7,86					
			2,7	0,7	1,89	1	0,28	1,61	0,22	9	3,19					
											11,1	7	-	-	1,07	11,8
$q_s = -$											$q_h = 11,8 \text{ W}$					

EK-6. (Devam) Isı kaybı hesabı tabloları

Çizelge 6.11. Çatı katına ait ısı kaybı hesabı tablosu

ÇATI KATI (6 °C)						ISI KAYBI HESABI						Kat No:		İkinci Kat		
Proje dış sıcaklığı: - 12 °C												Sayfa no:		12		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	ALAN HESABI						ISI KAYBI HESABI				ARTIRIMLAR				Toplam Isı İhtiyacı
		Kalınlığı	Uzunluk	Yükseklik veya genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Güren Alan	Toplam Isı Geçiş Katsayısı	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	Birleştirilmiş Artırım Katsayısı	Yön Artımı Katsayısı	Kat Yükseklik Artım Katsayısı	Toplam Artırım Katsayısı	
		cm	m	m	m ²	tane	m ²	A	U	ΔT	q ₀	Z _D	Z _H	Z _W	Z	q _i
									W/m ² K	°C	W	%	%	%	%	W
D67		35	8,9	2,8	24,9	1	-	24,9	0,21	18	94,2					
ÇA					105,22	1	-	105,22	0,4	18	757,6					
											851,8	7	-	-	1,07	911,4
q _s = -											q _h = 911,4 W					

EK-7. Ankara ili için dış hava proje şartları

Çeşitli şehirlerde dış hava proje şartları

Şehir	YAZ						KİŞ			Rüzgar hızı ve yönü (km/h)		Deniz seviyesinden yükseklik (m)	Enlem
	Proje şartları			Günlük sic. Farkı (°C)	Kuru term. Sic. (°C)	Rüzgar durumu	Toplam derece gün	Yaz	Kış				
	Kuru term. Sic. (°C)	Yaş term. Sic. (°C)	Özgül nem g/kg										
Adana	38	26	16.5	12.4	0	R	1230	GB17	K10	21	37		
Adapazarı	35	25	15.9	-	-3	R	-	GB13	G9	31	41		
Afyon	34	21	10.3	17.1	-12	R	3114	KB11	KB13	1019	39		
Ankara	34	20	8.9	15.0	-12	R	3036	KD12	KD11	895	40		
Antalya	39	28	19.6	11.4	+3	R	1301	KB14	KB16	43	37		
Aydın	40	26	15.5	-	-3	R	1523	KB9	D8	70	38		
Balıkesir	37	25	15.0	12.8	-3	R	2248	K21	K21	103	40		
Bandırma	34	25	16.2	-	-6	R	2235	K24	K28	49	40		
Bolu	33	23	13.7	16.0	-15	-	3126	B12	B11	728	41		
Burdur	36	21	9.5	-	-9	-	2604	KD7	GD14	1025	38		
Bursa	37	25	15.0	13.7	-6	R	2230	KD14	D15	99	40		
Çanakkale	34	25	16.2	11.9	-3	R	1972	KD18	KD19	3	40		
Çankırı	37	23	11.9	-	-15	-	3052	KB11	KB11	730	41		
Çorum	35	22	11.3	16.8	-15	-	3124	KD21	KD14	803	41		
Diyarbakır	43	23	9.5	17.7	-9	R	2396	KB16	KB13	652	38		
Edirne Elazığ	37	25	15.0	14.4	-9	-	2564	K8	K10	47	42		
Erzincan	38	21	8.7	13.9	-12	-	2918	KB14	KB16	1090	39		
Erzurum	36	22	10.9	17.4	-18	-	3197	KB12	B8	1157	40		
Eskişehir	30	19	9.3	14.7	-21	-	4729	GB14	GB15	1893	40		
Gaziantep	34	22	11.7	15.9	-12	R	3099	B11	D12	790	40		
Giresun	39	23	13.3	13.5	-9	-	2414	GB12	KD13	849	37		

EK-8. İklimlendirme iç proje şartları

İklimlendirme İç Proje Şartları														
IKLİMLENDİRME İÇ PROJE ŞARTLARI														
Bölge	Lüks				Normal				Nem kontrollü				Nem kontrolsüz	
	KT (°C)	Φ (%)	KT (°C)	Φ (%)	Sapma (°C)	KT (°C)	Φ (%)	Sapma (°C)	KT (°C)	Φ (%)	Sapma (°C)	KT (°C)	Sapma (°C)	
Apartman, ev, otel, ofis, okul	23.5-24.5	50-45	25-26	50-45	1-2.5	23.5-24.5	35-30	1.5-2.5	24-24.5			24-24.5	2.5	
Kısa kalınan yerler : Banka, barber, depo, büyük çarşı	24.5-25.5	50-45	25.5-26.5	50-45	1-2.5	22-23	35-30	1.5-2.5	23.5-24.5			23.5-24.5	2.5	
Duyulur ısı küçük, gizli ısı büyük yerler : Bar, mutfak, lokanta, cami	24.5-25.5	55-60	25.5-26.5	60-60	0.5-1	22-23.5	40-35	1.5-2.5	23.5-24.5			23.5-24.5	2.5	
Fabrika montaj dairesi, makine odaları	25-26.5	55-45	26.5-29.5	60-60	1.5-3.5	20-22	35-30	2-3.5	21-23.5			21-23.5	3.5	
2) Çeşitli Endüstriyel İklimlendirme İç Şartları														
Cinsi	İşlem	KT (°C)	Φ (%)	Dış sıcaklık KT (°C)	İç izafî nem Φ (%)	Dış sıcaklık KT (°C)	İç sıcaklık KT (°C)	3) Dış sıcaklığa göre konfor iç şartları	Çiğ noktası (°C)					
Tekstil	Pamuklu dokuma	25-26	70-85	22	75	21			16.5					
	Keten dokuma	27	80											
	Yünü dokuma	27-29	65-70											
	İpekli dokuma	26.5	65-70											
Tütün	Siğara imalatı	21-24	55-65	24	72	22			17.5					
	Yumuşaltma	32	85-88											
	Depolama	25.6	70	25	70	22.5			17.5					
	Paketleme	24	60											
Kibrit	İmalat	22-23	50	26	68	23			17.5					
	Kurutma	21-24	40											
	Depolama	15.5-17	50											
Deri	Depolama	13-16	40-60	28	64	24			17.5					
	İmalat	25	33	30	60	25			17.5					
Hububat	Paketleme	24-27	45-50	32	50	28			15.5					
				34	45	27			14.5					
				36	40-30	28			12					
			38	40-30	29				13					
			40	35-30	30				13					

EK-9. Isı kazancı için dış ve iç sıcaklıklar

Dış ve İç Sıcaklıklar

CİNSİ	Sıcaklık farkı (°C)
Klimatize edilmeyen mahallere bitişik duvarlar	5.5
Mutfak, kazan dairesi, çamaşırhane gibi mahallere bitişik duvarlar	14
Klimatize edilmeyen mahallerin üstündeki döşemeler	5.5
Toprak üstündeki döşemeler	0
Mutfak, kazan dairesi, çamaşırhane gibi mahallerin üstündeki döşemeler	19.5
Üstünde klimatize edilmeyen mahal bulunan tavanlar	5.5
Üstünde mutfak, çamaşırhane gibi kısımlar bulunan tavanlar	11

EK-10. Camdan geçen toplam güneş radyasyonu

40° Kuzey Enlemi		W/m ² (pencere alanı)												40° Güney Enlemi	
Güneş Zamani →	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	←Güneş Zamani	
Yıhın Günleri	Öğ.Ö.						Öğle						Öğ.S	Pencere Yönleri	Yıhın Günleri
HAZ.21	K	101	63	38	41	44	44	44	44	44	41	38	63	G	101
	KD	371	419	353	230	94	44	44	44	44	41	38	31	GD	19
	D	397	507	509	447	299	138	44	44	44	41	38	31	D	19
	GD	160	277	343	349	311	224	107	44	44	41	38	31	KD	19
	G	19	31	38	60	110	138	169	138	110	60	38	31	K	19
	GB	19	31	38	41	44	44	107	224	311	349	343	277	KB	160
	B	19	31	38	41	44	44	44	138	299	447	509	507	B	397
	KB	19	31	38	41	44	44	44	44	94	230	353	419	GB	371
	Yatay	97	258	421	563	661	730	746	730	661	563	421	258	Yatay	97
		75	44	38	38	44	44	44	44	44	38	38	44	75	G
TEM.23	KD	333	399	331	208	82	44	44	44	44	38	38	31	GD	16
	D	371	507	516	454	309	136	44	44	44	38	38	31	D	16
	GD	169	302	375	393	346	258	132	48	44	38	38	31	KD	16
	G	16	31	38	82	138	198	217	198	138	82	38	31	K	16
MAY.21	GB	16	31	38	38	44	48	132	258	346	393	375	302	KB	169
	B	16	31	38	38	44	44	44	136	309	454	516	507	B	371
	KB	16	31	38	38	44	44	44	44	82	208	331	399	GB	333
	Yatay	75	230	397	538	639	708	733	708	639	538	397	230	Yatay	75
		75	44	38	38	44	44	44	44	44	38	38	44	75	G

EK-10. (Devam) Camdan geçen toplam güneş radyasyonu

40o Kuzey Enlemi		W/m ² (pencere alanı)												40° Güney enlemi		
Güneş zamanı		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Güneş zamanı	
Yılın günleri	Pencere yönleri	Öğ. s						Öğle						Öğle s	Pencere yönleri	Yılın günleri
AĞ.24	K	22	26	35	41	44	44	44	44	44	41	35	26	22	G	ŞUB.20
	KD	213	321	258	145	50	44	44	44	44	41	35	26	9	GD	
	D	264	463	509	456	318	141	44	44	44	41	35	26	9	D	
	GD	151	331	434	459	437	336	208	79	44	41	35	26	9	KD	
	G	9	26	75	160	280	305	321	305	280	160	75	26	9	K	
NİS.20	GB	9	26	35	41	44	79	208	336	437	459	434	331	151	KB	EK.23
	B	9	26	35	41	44	44	44	141	318	456	509	463	264	B	
	KB	9	26	35	41	44	44	44	44	50	145	258	321	213	GB	
	Yatay	28	147	314	472	582	645	673	645	582	472	314	147	28	Yatay	
	K	0	16	28	38	41	41	44	41	41	38	28	16	0	G	
EYL.22	KD	0	160	182	82	41	41	44	41	41	38	28	16	0	GD	MAR.22
	D	0	365	469	437	311	142	44	41	41	38	28	16	0	D	
	GD	0	299	454	509	494	419	283	129	44	38	28	16	0	KD	
	G	0	38	138	255	346	384	441	384	346	255	138	38	0	K	
	GB	0	16	28	38	44	129	283	419	494	509	454	299	0	KB	
MAR.22	B	0	16	28	38	41	41	44	142	311	437	469	365	0	B	EYL.22
	KB	0	16	28	38	41	41	44	41	41	82	182	160	0	GB	
	Yatay	0	70	211	390	481	553	575	553	481	390	211	70	0	Yatay	
	K	0	16	28	38	41	41	44	41	41	38	28	16	0	G	
	KD	0	160	182	82	41	41	44	41	41	38	28	16	0	GD	

EK-10. (Devam) Camdan geçen toplam güneş radyasyonu

40° Kuzey enlemi		W/m ² (pencere alanı)											40° Güney enlemi			
Güneş zamanı		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Güneş zamanı	
Yılın günleri	Pencere yönleri	Öğ. 5						Öğle						Öğ. s.	Pencere yönleri	Yılın günleri
EK.23	K	0	6	19	31	35	38	38	38	35	31	19	6	0	G	NİS.20
	KD	0	110	103	38	35	38	38	38	35	31	19	6	0	GD	
	D	0	268	368	383	277	123	38	38	35	31	19	6	0	D	
	GD	0	255	415	507	513	454	336	198	63	31	19	6	0	KD	
	G	0	66	186	327	432	485	509	485	432	327	186	66	0	K	
ŞUB.20	GB	0	6	19	31	35	38	38	123	277	384	368	268	0	KB	AĞ.24
	B	0	6	19	31	35	38	38	38	35	31	103	110	0	B	
	KB	0	6	19	31	35	38	38	38	35	31	103	110	0	GB	
	Yatay	0	26	92	202	318	386	406	386	318	202	92	26	0	Yatay	
	K	0	0	9	22	28	31	35	31	31	28	22	9	0	G	
KAS.21	KD	0	0	38	22	28	31	35	31	28	22	9	0	0	GD	MAY.21
	D	0	0	287	314	233	103	35	31	28	22	9	0	0	D	
	GD	0	0	343	454	491	454	365	220	85	22	9	0	0	KD	
	G	0	0	186	327	437	496	522	496	437	327	186	0	0	K	
	GB	0	0	9	22	28	31	35	454	491	454	343	0	0	KB	
OC.21	B	0	0	9	22	28	31	35	103	233	314	287	0	0	B	TEM.23
	KB	0	0	9	22	28	31	35	31	28	22	38	0	0	GB	
	Yatay	0	0	50	136	230	290	324	290	230	136	50	0	0	Yatay	
	K	0	0	6	19	28	31	31	31	31	28	19	6	0	G	
	KD	0	0	22	19	28	31	31	31	31	28	19	6	0	GD	
ARA.22	D	0	0	226	270	213	97	31	31	28	19	6	0	0	D	HAZ.21
	GD	0	0	277	421	465	447	362	230	94	22	6	0	0	KD	
	G	0	0	160	311	421	496	519	496	421	311	160	0	0	K	
	GB	0	0	6	22	28	31	362	447	465	421	277	0	0	KB	
	B	0	0	6	19	28	31	31	97	213	270	226	0	0	B	
KB	0	0	6	19	28	31	31	31	31	28	19	22	0	0	GB	
Yatay	0	0	26	101	173	239	268	239	173	101	26	0	0	Yatay		

EK-11. Camdan geçen güneş ısı kazancı için gölgeleme faktörü

Camdan geçen güneş ısı kazancı için gölgeleme faktörü (Gölgeliksiz camlara veya gölgeliklerle birliktelere uygulanacak) Dış rüzgar hızı, 2 m/s – 0 izdüşüm açısı = 30° Gölgelekler pencerenin tamamını örtüyor

CAMIN CİNSİ	Cam Faktörü (Gölgeliksiz)	İÇTE JALUZI (1) (Yatayla 45° veya düşey) VEYA RAYLI PERDE			DIŞTA JALUZI (yatayla 45°)		DIŞTA PANJUR GÖLGELEK (2) (kanatlar yatayla 17°)		DIŞTA TENTE (3) (yan ve üst kenarları havalandırılmı)	
		Açık Renk	Orta Renk	Koyu Renk	Açık Renk	Dışa bakan renk açık içe bakan renk koyu	Orta Renk	Koyu Renk	Açık Renk	Orta ve Koyu renk
NORMAL(ADİ) CAM	1.0	0.56	0.65	0.75	0.15	0.13	0.22	0.15	0.20	1.25
KRİSTAL CAM (6 mm)	0.94	0.56	0.65	0.74	0.14	0.12	0.21	0.14	0.19	0.24
ISI YUTAN CAM %40-48'i yutuyor %48-56'sı yutuyor %56-70'ı yutuyor	0.80 0.73 0.62	0.56 0.53 0.51	0.62 0.59 0.54	0.72 0.62 0.56	0.12 0.11 0.10	0.11 0.10 0.10	0.18 0.16 0.14	0.12 0.11 0.10	0.16 0.15 0.12	0.20 0.18 0.16
ÇİFT PANEL (çift cam) Normal cam ile Kristal cam ile İçte normal cam dışta %48-56 ısı yutan cam İçte kristal cam dışta %48-56 ısı yutan cam	0.90 0.80 0.52 0.50	0.54 0.52 0.36 0.36	0.61 0.59 0.39 0.39	0.67 0.65 0.43 0.43	0.14 0.12 0.10 0.10	0.12 0.11 0.10 0.10	0.20 0.18 0.11 0.11	0.14 0.12 0.10 0.10	0.18 0.16 0.10 0.10	0.22 0.20 0.13 0.12
ÜÇLÜ PANEL Normal cam ile Kristal cam ile	0.83 0.69	0.48 0.47	0.56 0.52	0.64 0.57	0.12 0.10	0.11 0.10	0.18 0.15	0.12 0.10	0.16 0.14	0.20 0.17

EK-12. Güneşe maruz ve gölgedeki koyu renkli duvarlara ait ısı kazancının hesaplanması için eşdeğer sıcaklık farkları tablosu

Güneşe maruz ve gölgedeki koyu renkli duvarlara ait ısı kazancının hesaplanması için Δt_e eşdeğer sıcaklık farkları (°C)
(Tablonun düzenlenmesinde; iç oda sıcaklığı sabit 26.7°C (KT), dış hava sıcaklığı 35°C (KT),
günlük sıcaklık farkı 11.1°C; 24 saatlik sürekliliği işletme, Temmuz ayı ve 40° (K) enlemi esas alınmıştır.)

Duvarın Yönü	Duvarın Birim Ağırlığı kg/m ²	Güneş Zamanı																												
		Öğleden evvel												Öğleden sonra												Öğleden evvel				
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5					
KD	100	2.8	8.3	12.2	12.8	13.3	10.6	7.8	7.2	6.7	7.2	7.8	7.8	7.8	6.7	5.6	4.4	3.3	2.2	1.1	0	-1.1	-1.7	-2.2	-1.1					
	300	-0.6	-1.1	-1.1	2.8	13.3	12.2	11.1	8.3	5.6	6.1	6.7	7.2	7.8	7.2	6.7	6.1	5.6	4.4	3.3	2.2	1.1	0.6	0	-0.6					
	500	2.2	1.7	2.2	2.2	2.2	5.6	8.9	8.3	7.8	6.7	5.6	6.1	6.7	6.7	6.1	5.6	5.0	4.4	3.9	3.3	3.3	3.3	2.8	2.8					
	700	2.8	2.8	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	5.6	7.8	8.9	7.8	6.7	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.0	5.0	4.4	3.9	3.9					
D	100	0.6	9.4	16.7	18.3	20.0	19.4	17.8	11.1	6.7	7.2	7.8	7.8	7.8	6.7	5.6	4.4	3.3	2.2	1.1	0	-0.6	-1.1	-1.7	-1.7					
	300	-0.6	-0.6	0	11.7	16.7	17.2	17.2	10.6	7.8	7.2	6.7	7.2	7.8	7.2	6.7	6.1	5.6	4.4	2.8	2.2	1.7	0.6	0.6	0					
	500	2.8	2.8	3.3	4.4	7.8	11.1	13.3	13.9	13.3	11.1	10.0	8.9	7.8	7.8	7.8	7.2	6.7	6.1	5.6	5.0	4.4	3.9	3.9	3.3					
	700	6.1	5.6	5.6	5.0	4.4	5.0	5.6	8.3	10.0	10.6	10.0	9.4	8.9	7.8	7.8	7.2	7.8	7.8	7.8	7.2	7.2	6.7	6.7	6.7					
GD	100	5.6	3.3	7.2	10.6	14.4	15.0	15.6	14.4	13.3	10.6	8.9	8.3	7.8	6.7	5.6	4.4	3.3	2.2	1.1	0	-0.6	0.6	-1.1	-1.1					
	300	0.6	0.6	0	7.2	11.1	13.3	15.6	14.4	13.9	11.7	10.0	8.3	7.8	7.2	6.7	6.1	5.6	4.4	3.3	2.8	2.2	1.7	1.7	1.1					
	500	3.9	3.9	3.3	3.3	3.3	6.1	8.9	9.4	10.0	10.6	10.0	8.9	7.8	7.2	6.7	6.1	5.6	5.6	5.0	5.0	4.4	4.4	3.9	3.9					
	700	5.0	4.4	4.4	4.4	4.4	3.9	3.3	6.1	7.8	8.3	8.9	10.0	8.9	8.3	7.8	7.2	6.7	6.7	6.1	6.1	5.6	5.6	5.0	5.0					
G	100	-0.6	-1.1	-2.2	0.6	2.2	7.8	12.2	15.0	16.7	15.6	14.4	11.1	8.9	6.7	5.6	3.9	3.3	1.7	1.1	0.6	0.6	0	0	-0.6					
	300	-0.6	-1.7	-2.2	-1.7	-1.1	3.9	6.7	11.1	13.3	13.9	14.4	12.8	11.1	8.3	6.7	5.6	4.4	3.3	2.2	1.1	0.6	0.6	0	-0.6					
	500	2.2	2.2	1.1	1.1	1.1	1.7	2.2	4.4	6.7	8.3	8.9	10.0	10.0	8.3	7.8	6.1	5.6	5.0	4.4	4.4	3.9	3.3	3.3	2.8					
	700	3.9	3.3	3.3	2.8	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.9	5.6	7.2	7.8	8.3	8.9	8.9	7.8	6.7	5.6	5.0	4.4	4.4	3.9					
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5						

1. İzole edilmiş ve izolesiz duvarlar için aynı değerler geçerlidir.

2. Diğer farklı şartlar için düzeltme uygulanmalıdır.

3. Duvar birim ağırlıkları, yapı malzemelerinin ısı geçirgenliği ile ilgili tablolarda gösterilmiş olup, oradan alınacaktır. 50 kg/m² den daha küçük ağırlıktaki duvarlar için, 50 kg/m² için verilen değerler kullanılacaktır.

EK-12. (Devam) Güneşe maruz ve gölgedeki koyu renkli duvarlara ait ısı kazancının hesaplanması için eşdeğer sıcaklık farkları tablosu

Güneşe maruz ve gölgedeki koyu renkli duvarlara ait ısı kazancının hesaplanması için Δt_e eşdeğer sıcaklık farkları (°C)
 (Tablonun düzenlenmesinde; iç oda sıcaklığı sabit 26.7 °C (KT), dış hava sıcaklığı 35 °C (KT),
 günlük sıcaklık farkı 11.1 °C, 24 saatlik sürekli işletme, Temmuz ayı ve 40° (K) enlemi esas alınmıştır.)

Duvarın Yönü	Duvarın Birim Ağırlığı kg/m ²	Güneş Zamanı																												
		Öğleden evvel												Öğleden sonra												Öğleden evvel				
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5					
GB	100	-1.1	-2.2	-2.2	-1.1	0	2.2	3.3	10.6	14.4	18.9	22.2	22.8	23.3	16.7	13.3	6.7	3.3	2.2	1.1	0.6	0.6	0	-0.6	-0.6					
	300	1.1	0.6	0	0	0.6	1.1	4.4	6.7	13.3	17.8	19.4	20.0	19.4	18.9	11.1	5.6	3.3	3.3	2.2	2.2	2.2	2.2	1.7	1.7					
	500	3.9	2.8	3.3	2.8	2.2	3.3	3.9	4.4	6.7	7.8	10.6	12.2	12.8	13.3	12.8	12.2	8.3	5.6	5.6	5.0	5.0	4.4	4.4	3.9					
	700	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	3.9	3.3	3.3	3.9	4.4	5.0	5.6	6.1	6.7	8.9	10.0	10.6	11.1	7.2	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4					
	B	100	-1.1	-1.7	-2.2	-1.1	0	1.7	3.3	7.8	11.1	17.8	22.2	25.0	26.7	18.9	12.2	7.8	4.4	2.8	1.1	0.6	0	0	-0.6	-0.6				
300	1.1	0.6	0	0	0	1.1	2.2	3.9	5.6	10.6	14.4	18.9	22.2	22.8	20.0	15.6	8.9	5.6	3.3	2.8	2.2	1.7	1.7	1.1						
500	3.9	3.9	3.3	3.3	3.3	3.3	3.9	4.4	5.6	6.7	9.4	11.1	13.9	15.6	15.0	14.4	10.6	7.8	6.7	6.1	5.6	5.0	4.4	4.4						
700	6.7	6.1	5.6	5.0	4.4	4.4	4.4	5.0	5.6	5.6	6.1	6.7	7.8	8.9	11.7	12.2	12.8	12.2	11.1	10.0	8.9	8.3	7.2	7.2						
KB	100	-1.7	-2.2	-2.2	-1.1	0	1.7	3.3	5.6	6.7	10.6	13.3	18.3	22.2	20.6	18.9	10.0	3.3	2.2	1.1	0	-0.6	-0.6	-1.1	-1.1					
	300	-1.1	-1.7	-2.2	-1.7	-1.1	0	1.1	3.3	4.4	5.6	6.7	11.7	16.7	17.2	17.8	11.7	6.7	4.4	3.3	2.2	1.7	0.6	0	-0.6					
	500	2.8	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.8	3.3	5.0	6.7	9.4	11.1	11.7	12.2	7.8	4.4	3.9	3.9	3.3	3.3	2.8					
	700	4.4	3.9	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.9	4.4	5.0	5.6	7.8	10.0	10.6	11.1	8.9	7.2	6.1	5.6	5.0					
	K	100	-1.7	-1.7	-2.2	-1.7	-1.1	0.8	2.2	4.4	5.6	6.7	7.8	7.2	6.7	5.6	4.4	3.3	2.2	1.1	0	-0.6	0.6	-1.1	-1.1					
300	-1.7	-1.7	-2.2	-1.7	-1.1	-0.6	0	1.7	3.3	4.4	5.6	6.1	6.7	6.7	6.7	6.7	5.6	4.4	3.3	2.2	1.1	0.6	0	-0.6	-1.1					
500	0.6	0.6	0	0	0	0	0	0.6	1.1	1.7	2.2	2.8	2.8	2.8	2.8	4.4	3.9	3.3	2.8	2.2	1.7	1.1	1.1	0.6						
700	0.6	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0.6	1.1	1.7	2.2	2.2	2.8	3.3	3.9	4.4	3.9	3.3	2.2	1.7	1.1	1.1	0.6					
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5					

1. İzole edilmiş ve izolesiz duvarlar için aynı değerler geçerlidir.

2. Diğer farklı şartlar için düzeltme uygulanmalıdır.

3. Duvar birim ağırlıkları, yapı malzemelerinin ısı geçirgenliği ile ilgili tablolarda gösterilmiş olup, oradan alınacaktır. 50 kg/m² den daha küçük ağırlıktaki duvarlar için, 50 kg/m² için verilen değerler kullanılacaktır.

EK-13. Güneşe maruz ve gölgedeki koyu renkli çatılara ait ısı kazancının hesaplanması için eşdeğer sıcaklık farkları tablosu

Güneşe maruz ve gölgedeki koyu renkli çatılara ait ısı kazancının hesaplanması için Δt_e eşdeğer sıcaklık farkları ($^{\circ}\text{C}$)
 (Tablonun düzenlenmesinde; iç oda sıcaklığı sabit $26,7^{\circ}\text{C}$ (KT), dış hava sıcaklığı 35°C (KT),
 günlük sıcaklık farkı $11,1^{\circ}\text{C}$, 24 saatlik sürekliliğe işletme, Temmuz ayı ve 40°C (K) enlemi esas alınmıştır.)

Durum	Çatının Birim Ağırlığı kg/m^2	Güneş Zamanı																									
		Öğleden evvel												Öğleden sonra												Öğleden evvel	
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5		
Güneşe maruz çatılar	50	-2.2	-3.3	-3.9	-2.8	-0.6	3.9	8.3	13.3	17.8	21.1	23.9	25.6	25.0	22.8	19.4	15.6	12.2	8.9	5.6	3.9	1.7	0.6	-0.6	-1.7		
	100	0	-0.6	-1.1	-0.6	1.1	5.0	8.9	12.8	16.7	20.0	22.8	23.9	23.9	22.2	19.4	16.7	13.9	11.1	8.3	6.7	4.4	3.3	2.2	1.1		
	200	2.2	1.7	1.1	1.7	3.3	5.6	8.9	12.8	15.6	18.3	21.1	22.2	22.8	21.7	19.4	17.8	15.6	13.3	11.1	9.4	7.2	6.1	5.0	3.3		
	300	5.0	4.4	3.3	3.9	4.4	6.1	8.9	12.2	15.0	17.2	19.4	21.1	21.7	21.1	20.0	18.9	17.2	15.6	13.9	12.2	10.0	8.9	7.2	6.1		
	400	7.2	6.7	6.1	6.1	6.7	7.2	8.9	12.2	14.4	15.6	17.8	19.4	20.6	20.6	19.4	18.9	18.9	17.8	16.7	15.0	12.8	11.1	10.0	7.8		
Su ile örtülü çatılar	100	-2.8	-1.1	0	1.1	2.2	5.6	8.9	10.6	12.2	11.1	10.0	8.9	7.8	6.7	5.6	3.3	1.1	0.6	0.6	-0.6	-1.1	-1.7	-2.2	-2.8		
	200	-1.7	-1.1	-0.6	0	2.8	5.6	7.2	8.3	8.3	8.3	8.9	8.3	8.3	7.8	6.7	5.6	3.9	2.8	1.7	0.6	-0.6	-1.1	-1.7	-1.7		
	300	-0.6	-1.1	-1.1	-1.1	1.1	2.8	3.9	5.6	6.7	7.8	8.3	8.9	8.3	7.8	6.7	5.6	4.4	3.3	2.2	1.7	1.1	0.6	0	0		
Su fışkiesi ile ısıtılan çatılar	100	-2.2	-1.1	0	1.1	2.2	4.4	6.7	8.3	10.0	9.4	8.9	8.3	7.8	6.7	5.6	3.3	1.1	0.6	0	-0.6	-1.1	-1.7	-1.7	-1.7		
	200	-1.1	-1.1	-0.6	0	1.1	2.8	5.0	7.2	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.2	6.7	5.0	3.9	2.8	1.7	0.6	0	-0.6	-0.6	-0.6		
	300	-0.6	-1.1	-1.1	-1.1	0	1.1	2.8	4.4	5.6	6.7	7.2	7.8	7.2	6.7	6.1	5.6	4.4	3.3	2.2	1.1	0.6	0	-0.6	-0.6		
Gölgedeki çatılar	100	-2.8	-2.8	-2.2	-1.1	0	1.1	3.3	5.0	6.7	7.2	7.8	7.2	6.7	5.6	4.4	2.8	1.1	0.6	0	-0.6	-1.7	-2.2	-2.8	-2.8		
	200	-2.8	-2.8	-2.2	-1.7	-1.1	0	1.1	2.8	4.4	5.6	6.7	7.2	6.7	6.1	5.6	4.4	3.3	2.2	1.1	0	-0.6	-1.7	-2.2	-2.8		
	300	-1.7	-1.7	-1.1	-1.1	-0.6	0	1.1	2.2	3.3	4.4	5.0	5.6	5.6	5.6	5.0	4.4	3.3	2.2	1.1	0.6	0	-0.6	-1.1	-1.1		
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5			

1. Tavanı izolé edilmiş ve çatı arası havalandırılmış çatılarda, eşdeğer sıcaklık farkları %25 azaltılacaktır.

2. Diğer farklı şartlar için "düzeltilme" uygulanmalıdır.

3. Meyilli çatılar için çatı alanı olarak, çatının yatay düzlemdaki izdüşüm alanı alınacaktır.

EK-14. Isı kazancı hesabında iç ve dış sıcaklık farkları için düzenleme tablosu

İç bölmeler, tavan ve döşemelerden olacak ısı kazancının hesabı için
iç ve dış sıcaklık farkında yapılacak düzeltmeler

Cinsi	Dış ortam ve iç oda sıcaklık farkına ilave edilecek veya çıkarılacak miktarlar (°C)
İÇ BÖLMELER (*) Bir yüzü bitirilmiş, izolesiz İki yüzü bitirilmiş veya bir yüzü izoleli Bitişik hacim mutfak veya kazan dairesi	0 -3 +8 ila +14 (**)
DÖŞEMELER 300-400 kg/m ²	-3
TAVANLAR 50-300 kg/m ² altında hava boşluksuz ve tavansız 50-300 kg/m ² altında hava boşluğu ve tavanlı Alt tarafta mutfak veya kazan dairesi	0 -3 +11 ila +28 (**)
ZEMİN KAT Toprak üzerinde veya ısıtılmayan ve havalandırılmayan bodrum kat üzerinde	Isı geçişi ihmal edilir
VİTRİNLER İç tarafta bölmeli veya bölmesiz Komşu hacim klimalı Komşu hacim soğuk hava deposu	0 Isı geçişi yok Depo sıcaklığı alınır

(*) İç kapı, iç pencere alınmayıp, tüm yüzey iç duvar olarak alınacaktır.

(**) Bitişik hacimdeki gerçek sıcaklık ölçüm sonucu bulunmalıdır.

EK-15. İnsanlardan gelen ısı kazançları tablosu

Aktivite Derecesi	Tip Uygulama	Yetişkin erkek için ısı kazancı W	Ortalama kişi başına ısı kazancı W	ODA SICAKLIĞI											
				28°C		27°C		26°C		24°C		21°C			
				Duyulur	Gizli	Duyulur	Gizli	Duyulur	Gizli	Duyulur	Gizli	Duyulur	Gizli		
Oturmuş	Tiyatro, ilk, ortaokullar	114	102	51	57	45	59	61	59	67	270	76	26		
Oturmuş çok hafif işte	Liseler	131	117	53	57	60	63	63	54	70	47	80	37		
Ofiste çalışanlar	Ofisler, oteller, Apartmanlar, kolejler	139													
Ayakta duruyor, ağır ağır yürüyor	Çeşitli mağazalar, dükkanlar	161	131	53	58	73	63	63	68	72	59	83	48		
Ağır ağır yürüyor, oturuyor	Eczane	161	146	53	58	88	64	64	82	74	72	85	61		
Ayakta duruyor, ağır ağır yürüyor	Banka	161													
Oturarak yapılan işler	Restoran	146	161	55	64	97	70	70	91	82	79	93	68		
Hafif atöbye işleri	Fabrika hafif işler	234	219	55	64	155	72	72	147	86	133	107	112		
Orta danslar	Dans salonları	263	248	64	72	176	80	80	168	95	153	117	131		
Yürüyor 5km/h	Fabrika, oldukça ağır işler	292	292	79	88	204	96	96	196	111	181	134	158		
Ağır iş	Fabrika, spor salonları	438	423	131	136	287	142	142	281	153	270	177	246		

EK-16. Davlumbazsız elektrikli cihazların verdiği ısı miktarları tablosu

Cihazın cinsi	Gücü (W)	Çalışma süresi (dak.)	Isı kazancı (W)			Duyulur ısı Oranı (%)
			Duyulur	Gizli	Toplam	
Elektrik fırını	3000	60	1500	1500	3000	50
Elektrik süpürgesi	5000	60	2500	2500	5000	50
Çamaşır makinesi	200	15	50	-	50	100
	3000	60	1500	1500	3000	50
	6000	60	3000	3000	6000	50
Buzdolabı	100	60	290	-	290	100
Ütü	175	60	520	-	520	100
Radio	500	60	230	270	500	46
Elektrik sobası	40	60	40	-	40	100
	1000	60	1000	-	1000	100
	2000	60	2000	-	2000	100
Çaydanlık	500	30	180	70	250	70
Tost makinesi	3000	30	1130	370	1500	75
	500	30	200	50	250	80
	2000	30	800	200	1000	80
Saç kurutma makinesi	500	30	180	70	250	70
	1000	30	350	150	500	70
	500	30	110	140	250	45
Elektrik ocağı	1000	30	220	280	500	45
	3000	30	1130	370	1500	75
Elektrik ızgarası	1500	15	300	70	370	80
Saç ondulö aleti	30	60	30	-	30	100
Neon lambası						

EK-17. Isı kazancı hesabı tabloları

Çizelge 17.1. WC'ye ait ısı kazancı hesabı tablosu

Yapının bulunduğu yer: ANKARA		Projelendirme günü: 23 EKİM		Kat: ZEMİN Oda: WC - 02		Sayfa no: 2					
ISI KAZANCI HESABI											
Projelendirme Şartları	Hava Şartları		T_{kuru} (°C)	$T_{yaş}$ (°C)	ϕ (%)	h (kJ/kg)	w (g/kg)				
	Dış		34	20	27	58	9,8				
	İç		25,5	18	48	51	9				
Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazançları											
a	b	c	d	e	f	g	h	ı	j	k	l
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	Alan Hesabı			Güneş Yüğü			Transmisyon		Duyulur ısı	
		Adet	Alan	Çıkan Alan	Net Alan	Toplam Güneş Radyasyonu	Düzeltilme Faktörü	Isı	K		ΔT_{es}
Birimler			m^2	m^2	m^2	W/m^2	-	W	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	$^\circ C$	W
Döl						İhmal edilmektedir.					
Ta3		1	1,5	-	1,5	-	-	-	0,55	5,5	4,54
İD		1	6,75	-	6,75	-	-	-	1,9	5,5	70,5
İD		1	2,7	1,68	1,02	-	-	-	1,9	5,5	10,66
İK		1	1,68	-	1,68	-	-	-	2	5,5	18,5
Toplam Güneş Yüğü: -						Toplam Transmisyon: 104,2 W					
Toplam Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazancı: 104,2 W											

EK-17. (Devam) Isı kazancı hesabı tabloları

Çizelge 17.2. Antreye ait ısı kazancı hesabı tablosu

Yapının bulunduğu yer: ANKARA		Projelendirme günü: 23 EKİM Projelendirme saati: 10:00			Kat: ZEMİN Oda: ANTRE - 03		Sayfa no: 3				
ISI KAZANCI HESABI											
Projelen- dirme Şartları	Hava Şartları		T_{kuru} (°C)	$T_{yaş}$ (°C)	ϕ (%)	h (kJ/kg)	w (g/kg)				
	Dış		34	20	27	58	9,8				
	İç		25,5	18	48	51	9				
Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazançları											
a	b	c	d	e	f	g	h	ı	j	k	l
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	Alan Hesabı				Güneş Yüğü			Transmisyon		Duyulur ısı
		Adet	Alan	Çıkan Alan	Net Alan	Toplam Güneş Radyasyonu	Düzeltilme Faktörü	Isı	K	ΔT_{es}	
Birimler			m^2	m^2	m^2	W/m^2	-	W	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	$^\circ C$	W
ÇP	KB	1	0,84	-	0,84	35	0,54	15,9	1,7	8,5	12,1
DK		1	2,1	-	2,1	-	-	-	4	8,5	71,4
DD	KB	1	8,1	2,94	5,16	-	-	-	0,34	2,2	3,86
Döl						İhmal edilmektedir.					
Ta5		1	2,88	-	2,88	-	-	-	0,57	5,5	9,03
İD		1	5,94	-	5,94	-	-	-	1,9	14	158
İD		1	2,7	1,68	1,02	-	-	-	1,9	5,5	10,66
İK		1	1,68	-	1,68	-	-	-	2	5,5	18,5
Toplam Güneş Yüğü: 15,9 W						Toplam Transmisyon: 283,5 W					
Toplam Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazancı: 299,4 W											

EK-17. (Devam) Isı kazancı hesabı tabloları

Çizelge 17.3. Mutfığa ait ısı kazancı hesabı tablosu

Yapının bulunduğu yer: ANKARA		Projelendirme günü: 23 EKİM Projelendirme saati: 10:00		Kat: ZEMİN Oda: MUTFAK - 04		Sayfa no: 4					
ISI KAZANCI HESABI											
Projelendirme Şartları	Hava Şartları		T_{kuru} (°C)	$T_{yaş}$ (°C)	ϕ (%)	h (kJ/kg)	w (g/kg)				
	Dış		34	20	27	58	9,8				
	İç		25,5	18	48	51	9				
Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazançları											
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	Alan Hesabı				Güneş Yüğü			Transmisyon		Duyulur ısı
		Adet	Alan	Çıkan Alan	Net Alan	Toplam Güneş Radyasyonu	Düzeltilme Faktörü	Isı	K	$\Delta T_{eş}$	
Birimler			m^2	m^2	m^2	W/m^2	-	W	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	$^\circ C$	W
ÇP	KB	1	0,768	-	0,768	35	0,54	14,5	1,7	8,5	11,1
DD	KD	1	8	-	8	-	-	-	0,34	2,2	5,98
DD	KB	1	5,13	0,768	4,36	-	-	-	0,34	2,2	3,26
Döl						İhmal edilmektedir.					
Ta5		1	0,95	-	0,95	-	-	-	0,57	5,5	2,98
Ta5		1	4,14	-	4,14	-	-	-	0,57	5,5	12,98
İD		1	7,56	-	7,56	-	-	-	1,9	5,5	79
İnsanlardan duyulur ısı kazancı: 1 x 63 = 63 W											
Diğer duyulur ısı kazançları: 290 W (buzdolabı) + 180 W (çaydanlık) + 220 W (elektrik ocağı) = 690 W											
İnsanlardan gizli ısı kazancı: 1 x 68 = 68 W											
Diğer gizli ısı kazançları: 70 W (çaydanlık) + 280 W (elektrik ocağı) = 350 W											
Toplam Duyulur ve Gizli Isı Kazançları: 63 + 690 + 68 + 350 = 1171 W											
Toplam Güneş Yüğü: 14,5 W						Toplam Transmisyon: 115,3 W					
Toplam Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazancı: 129,8 W											
Toplam Isı Kazancı: 1300,8 W											

EK-17. (Devam) Isı kazancı hesabı tabloları

Çizelge 17.4. Birinci yatak odasına ait ısı kazancı hesabı tablosu

Yapının bulunduğu yer: ANKARA		Projelendirme günü: 23 EKİM		Projelendirme saati: 10:00		Kat: 1. KAT Oda: YATAK ODASI - 101		Sayfa no: 5			
ISI KAZANCI HESABI											
Projelen- dirme Şartları	Hava Şartları		T_{kuru} (°C)	$T_{yaş}$ (°C)	ϕ (%)	h (kJ/kg)	w (g/kg)				
	Dış		34	20	27	58	9,8				
	İç		25,5	18	48	51	9				
Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazançları											
a	b	c	d	e	f	g	h	ı	j	k	l
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	Alan Hesabı				Güneş Yüğü			Transmisyon		Duyulur ısı
		Adet	Alan	Çıkan Alan	Net Alan	Toplam Güneş Radyasyonu	Düzeltilme Faktörü	Isı	K	ΔT_{es}	
Birimler			m^2	m^2	m^2	W/m^2	-	W	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	$^\circ C$	W
ÇP	GD	2	2,14	-	4,28	513	0,54	1185,6	1,7	8,5	61,85
ÇP	KD	1	0,96	-	0,96	35	0,54	18,1	1,7	8,5	13,9
DD	KD	1	11,61	0,96	10,65	-	-	-	0,34	2,2	7,97
DD	GD	1	9,05	4,28	4,77	-	-	-	0,34	3,3	5,35
Dö3		1	1,23	-	1,23	-	-	-	0,55	19,5	13,2
Ta6		1	12,1	-	12,1	-	-	-	0,22	5,5	14,6
İD		1	5,4	-	5,4	-	-	-	1,9	5,5	56,4
İD		1	2,43	1,89	0,54	-	-	-	1,9	5,5	5,64
İD		1	4,86	-	4,86	-	-	-	1,9	5,5	50,8
İK		1	1,89	-	1,89	-	-	-	2	5,5	20,8
Toplam Güneş Yüğü: 1203,7 W						Toplam Transmisyon: 250,6 W					
Toplam Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazancı: 1454,3 W											

EK-17. (Devam) Isı kazancı hesabı tabloları

Çizelge 17.5. Birinci banyoya ait ısı kazancı hesabı tablosu

Yapının bulunduğu yer: ANKARA		Projelendirme günü: 23 EKİM		Kat: 1. KAT Oda: BANYO - 102		Sayfa no: 6					
ISI KAZANCI HESABI											
Projelen- dirme Şartları	Hava Şartları		T_{kuru} (°C)	$T_{yaş}$ (°C)	ϕ (%)	h (kJ/kg)	w (g/kg)				
	Dış		34	20	27	58	9,8				
	İç		25,5	18	48	51	9				
Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazançları											
a	b	c	d	e	f	g	h	ı	j	k	l
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	Alan Hesabı			Güneş Yüğü			Transmisyon		Duyulur ısı	
		Adet	Alan	Çıkan Alan	Net Alan	Toplam Güneş Radyasyonu	Düzeltilme Faktörü	Isı	K		ΔT_{es}
Birimler			m^2	m^2	m^2	W/m^2	-	W	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	$^\circ C$	W
ÇP	GD	2	0,4	-	0,8	513	0,54	221,6	1,7	8,5	11,56
DD	GD	1	4,59	0,8	3,79	-	-	-	0,34	3,3	4,25
Dö5						İhmal edilmektedir.					
Ta6		1	3,4	-	3,4	-	-	-	0,22	5,5	4,1
Toplam Güneş Yüğü: 221,6 W						Toplam Transmisyon: 20 W					
Toplam Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazancı: 241,6 W											

EK-17. (Devam) Isı kazancı hesabı tabloları

Çizelge 17.6. İkinci yatak odasına ait ısı kazancı hesabı tablosu

Yapının bulunduğu yer: ANKARA		Projelendirme günü: 23 EKİM		Projelendirme saati: 10:00		Kat: 1. KAT Oda: YATAK ODASI - 103		Sayfa no: 7			
ISI KAZANCI HESABI											
Projelendirme Şartları	Hava Şartları		T_{kuru} (°C)	$T_{yaş}$ (°C)	ϕ (%)	h (kJ/kg)	w (g/kg)				
	Dış		34	20	27	58	9,8				
	İç		25,5	18	48	51	9				
Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazançları											
a	b	c	d	e	f	g	h	ı	j	k	l
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	Alan Hesabı				Güneş Yüğü			Transmisyon		Duyulur ısı
		Adet	Alan	Çıkan Alan	Net Alan	Toplam Güneş Radyasyonu	Düzeltilme Faktörü	Isı	K	ΔT_{es}	
Birimler			m^2	m^2	m^2	W/m^2	-	W	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	$^\circ C$	W
ÇP	GD	2	2,14	-	4,28	513	0,54	1185,6	1,7	8,5	61,8
ÇP	GB	1	0,96	-	0,96	35	0,54	18,1	1,7	8,5	13,9
DD	GD	1	9,05	4,28	4,77	-	-	-	0,34	3,3	5,35
DD	GB	1	11,61	0,96	10,65	-	-	-	0,34	2,2	7,97
Dö3						İhmal edilmektedir. (Klimatize mekan)					
Ta6		1	14,67	-	14,67	-	-	-	0,22	5,5	17,75
İD		1	10	1,89	8,11	-	-	-	1,9	5,5	84,6
İD		1	13,23	1,89	11,34	-	-	-	1,9	5,5	118,5
İK		2	1,89	-	3,78	-	-	-	2	5,5	41,6
Toplam Güneş Yüğü: 1203,7 W						Toplam Transmisyon: 351,5 W					
Toplam Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazancı: 1555,2 W											

EK-17. (Devam) Isı kazancı hesabı tabloları

Çizelge 17.7. Merdivene ait ısı kazancı hesabı tablosu

Yapının bulunduğu yer: ANKARA		Projelendirme günü: 23 EKİM		Kat: 1. KAT Oda: MERDİVEN- 104		Sayfa no: 8					
ISI KAZANCI HESABI											
Projelen- dirme Şartları	Hava Şartları		$T_{kuru}(^{\circ}\text{C})$	$T_{yaş}(^{\circ}\text{C})$	ϕ (%)	h (kJ/kg)	w (g/kg)				
	Dış		34	20	27	58	9,8				
	İç		25,5	18	48	51	9				
Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazançları											
a	b	c	d	e	f	g	h	ı	j	k	l
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	Alan Hesabı				Güneş Yüğü			Transmisyon		Duyulur ısı
		Adet	Alan	Çıkan Alan	Net Alan	Toplam Güneş Radyasyonu	Düzeltilme Faktörü	Isı	K	ΔT_{es}	
Birimler			m^2	m^2	m^2	W/m^2	-	W	$\frac{W}{m^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$	$^{\circ}\text{C}$	W
ÇP	KB	1	0,9	-	0,9	35	0,54	17	1,7	8,5	13
DD	GB	1	9,1	-	9,1	-	-	-	0,34	2,2	6,8
DD	KB	1	3,08	0,9	2,18	-	-	-	0,34	2,2	1,63
Ta6		1	4,8	-	4,8	-	-	-	0,22	5,5	5,8
İD		1	7,02	-	7,02	-	-	-	1,9	5,5	73,4
Toplam Güneş Yüğü: 17 W						Toplam Transmisyon: 100,6 W					
Toplam Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazancı: 117,6 W											

EK-17. (Devam) Isı kazancı hesabı tabloları

Çizelge 17.8. Üçüncü yatak odasına ait ısı kazancı hesabı tablosu

Yapının bulunduğu yer: ANKARA		Projelendirme günü: 23 EKİM		Projelendirme saati: 10:00		Kat: 1. KAT Oda: YATAK ODASI - 105		Sayfa no: 9			
ISI KAZANCI HESABI											
Projelendirme Şartları	Hava Şartları		T_{kuru} (°C)	$T_{yaş}$ (°C)	ϕ (%)	h (kJ/kg)	w (g/kg)				
	Dış		34	20	27	58	9,8				
	İç		25,5	18	48	51	9				
Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazançları											
a	b	c	d	e	f	g	h	ı	j	k	l
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	Alan Hesabı				Güneş Yüğü			Transmisyon		Duyulur ısı
		Adet	Alan	Çıkan Alan	Net Alan	Toplam Güneş Radyasyonu	Düzeltilme Faktörü	Isı	K	ΔT_{es}	
Birimler			m^2	m^2	m^2	W/m^2	-	W	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	$^\circ C$	W
ÇP	KB	2	0,97	-	1,93	35	0,54	36,5	1,7	8,5	27,9
DD	GB	1	6,89	-	6,89	-	-	-	0,34	2,2	5,15
DD	KB	1	8,64	1,93	6,71	-	-	-	0,34	2,2	5
DD	KD	1	5,13	-	5,13	-	-	-	0,34	2,2	3,84
Dö4		1	5,6	-	5,6	-	-	-	0,21	1,1	1,3
Dö3		1	3,35	-	3,35	-	-	-	0,55	5,5	10,1
Ta6		1	8,95	-	8,95	-	-	-	0,22	5,5	10,83
İD		1	11,75	1,89	9,86	-	-	-	1,9	5,5	103,04
İD		1	2,7	-	2,7	-	-	-	1,9	5,5	28,2
İK		1	1,89	-	1,89	-	-	-	2	5,5	20,8
Toplam Güneş Yüğü: 36,5 W						Toplam Transmisyon: 216,2 W					
Toplam Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazancı: 252,7 W											

EK-17. (Devam) Isı kazancı hesabı tabloları

Çizelge 17.9. İkinci banyoya ait ısı kazancı hesabı tablosu

Yapının bulunduğu yer: ANKARA		Projelendirme günü: 23 EKİM		Projelendirme saati: 10:00		Kat: 1. KAT Oda: BANYO - 106		Sayfa no: 10			
ISI KAZANCI HESABI											
Projelen- dirme Şartları	Hava Şartları		T_{kuru} (°C)	$T_{yaş}$ (°C)	ϕ (%)	h (kJ/kg)	w (g/kg)				
	Dış		34	20	27	58	9,8				
	İç		25,5	18	48	51	9				
Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazançları											
a	b	c	d	e	f	g	h	ı	j	k	l
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	Alan Hesabı				Güneş Yüğü			Transmisyon		Duyulur ısı
		Adet	Alan	Çıkan Alan	Net Alan	Toplam Güneş Radyasyonu	Düzeltilme Faktörü	Isı	K	ΔT_{es}	
Birimler			m^2	m^2	m^2	W/m^2	-	W	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	$^\circ C$	W
ÇP	KB	1	0,768	-	0,768	35	0,54	14,5	1,7	8,5	11,1
DD	K	1	11,34	0,768	10,57	-	-	-	0,34	0	0
Dö5		1	4,14	-	4,14	-	-	-	0,57	19,5	46
Ta6		1	4,14	-	4,14	-	-	-	0,22	5,5	5
İD		1	3,24	1,89	1,35	-	-	-	1,9	5,5	14,1
İK		1	1,89	-	1,89	-	-	-	2	5,5	20,8
Diğer duyulur ısı kazançları: 1500 W (çamaşır makinesi)											
Diğer gizli ısı kazançları: 1500 W (çamaşır makinesi)											
Toplam Duyulur ve Gizli Isı Kazançları: 1500 + 1500 = 3000 W											
Toplam Güneş Yüğü: 14,5 W						Toplam Transmisyon: 97 W					
Toplam Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazancı: 111,5 W											
Toplam Isı Kazancı: 3111,5 W											

EK-17. (Devam) Isı kazancı hesabı tabloları

Çizelge 17.10. Hole ait ısı kazancı hesabı tablosu

Yapının bulunduğu yer: ANKARA		Projelendirme günü: 23 EKİM		Kat: 1. KAT Oda: HOL - 107		Sayfa no: 11					
ISI KAZANCI HESABI											
Projelendirme Şartları	Hava Şartları		T_{kuru} (°C)	$T_{yaş}$ (°C)	ϕ (%)	h (kJ/kg)	w (g/kg)				
	Dış		34	20	27	58	9,8				
	İç		25,5	18	48	51	9				
Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazançları											
a	b	c	d	e	f	g	h	ı	j	k	l
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	Alan Hesabı				Güneş Yüğü			Transmisyon		Duyulur ısı
		Adet	Alan	Çıkan Alan	Net Alan	Toplam Güneş Radyasyonu	Düzeltilme Faktörü	Isı	K	ΔT_{es}	
Birimler			m^2	m^2	m^2	W/m^2	-	W	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	$^\circ C$	W
Dö5		1	0,95	-	0,95	-	-	-	0,57	19,5	10,56
Dö5		1	2,88	-	2,88	-	-	-	0,57	5,5	9
Ta6		1	5,86	-	5,86	-	-	-	0,22	5,5	7,1
İD		1	3,24	1,89	1,35	-	-	-	1,9	5,5	14,1
İK		1	1,89	-	1,89	-	-	-	2	5,5	20,8
Toplam Güneş Yüğü: -						Toplam Transmisyon: 61,5 W					
Toplam Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazancı: 61,5 W											

EK-17. (Devam) Isı kazancı hesabı tabloları

Çizelge 17.11. Çatı katına ait ısı kazancı hesabı tablosu

Yapının bulunduğu yer: ANKARA		Projelendirme günü: 23 EKİM		Kat: 2. KAT		Sayfa no: 12					
		Projelendirme saati: 10:00		Oda: ÇATI KATI - 108							
ISI KAZANCI HESABI											
Projelen- dirme Şartları	Hava Şartları		T_{kuru} (°C)	$T_{yaş}$ (°C)	ϕ (%)	h (kJ/kg)	w (g/kg)				
	Dış		34	20	27	58	9,8				
	İç		25,5	18	48	51	9				
Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazançları											
a	b	c	d	e	f	g	h	ı	j	k	l
Yapı Bileşeni İşareti	Yönü	Alan Hesabı				Güneş Yüğü			Transmisyon		Duyulur ısı
		Adet	Alan	Çıkan Alan	Net Alan	Toplam Güneş Radyasyonu	Düzeltilme Faktörü	Isı	K	ΔT_{es}	
Birimler			m^2	m^2	m^2	W/m^2	-	W	$\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	$^\circ C$	W
Dö7		1	24,9	-	24,9	-	-	-	0,21	1,1	5,75
Dö6		1	18,14	-	18,14	-	-	-	0,22	5,5	21,9
Ta Çatı		1	105,22	-	105,22	-	-	-	0,40	4,4	185,2
Toplam Güneş Yüğü: -						Toplam Transmisyon: 212,85 W					
Toplam Oda Transmisyon ve Güneş Isı Kazancı: 212,85 W											

EK-18. Vitocal 300, su/su iki kademeli WW 216 ısı pompasına ait teknik veriler tablosu

Vitocal 300/350 için teknik bilgiler (devam)**Vitocal 300, su/su ısı pompası (iki kademeli)**

Vitocal 300 (iki kademeli)	Tip	WW 212	WW 216	WW 220	WW 226	WW 232
Kapasite değerleri						
Anma ısıtma gücü	kW	16,8	21,8	28,4	36,6	43,0
İşletme noktası W10/W35*1, EN 255'e göre						
Soğutma gücü	kW	13,80	18,00	23,40	30,40	35,60
Elektr. sarfiyatı*2	kW	3,00	3,80	5,00	6,20	7,40
C.O.P. değeri ε		5,58	5,72	5,66	5,87	5,79
Yeraltı suyu (primer taraf)						
Hacim	litre	4,6	5,6	7,4	9,4	9,4
min. debi*3	litre/h	3200	4200	5400	7200	7800
Akış direnci	mbar	100	100	110	120	120
maks. giriş sıcaklığı	°C	25	25	25	25	25
min. giriş sıcaklığı	°C					
- min. debide	°C	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
- min. debide +40	°C	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Isıtma suyu (sekonder taraf)						
Hacim	litre	3,2	4,4	5,4	6,6	6,6
min. debi*3	litre/h	1160	1460	2000	2500	3000
Akış direnci	mbar	105	105	105	110	110
Maks. gidiş suyu sıcaklığı	°C	55	55	55	55	55
Elektrik değerleri						
Isı pompası						
Anma gerilimi				3/N/PE 400 V~/50 Hz		
Anma akımı (maks.)	A	9,6	13,2	15,8	20,0	26,6
Demeraj akımı (her kompresör için)	A	27	14*4	20*4	23*4	26*4
Demeraj akımı (her kompresör için) (rotor bloke)	A	31,0	43,5	51,0	59,5	70,5
Sigorta (atıl)	A	3 × 16	3 × 20	3 × 20	3 × 35	3 × 35
Koruma sınıfı				IP 20		
Kumanda akım devresi anma gerilimi				230 V~/50 Hz		
Sigorta (dahili)				T 6,3 A H		
Soğutma devresi						
Soğutucu akışkan				R 407 C		
Dolum miktarı	kg	2 × 1,9	2 × 2,2	2 × 2,6	2 × 3,1	2 × 3,4
Kompresör	Tip			2 adet Scroll tam hermetik		
Boyutlar						
Toplam uzunluk	mm	650	650	650	650	650
Toplam genişlik	mm	780	780	780	780	780
Toplam yükseklik	mm	1245	1245	1245	1245	1245
Maks. işletme basıncı						
Yeraltı suyu devresi (primer taraf)	bar	4	4	4	4	4
Isıtma suyu devresi (sekonder taraf)	bar	4	4	4	4	4
Dolaylı işletmede ara devre	bar	4	4	4	4	4
Bağlantılar						
Primer gidiş/dönüş	R	1	1¼	1¼	1½	1½
Isıtma gidiş/dönüş	R	1	1	1	1	1
Ağırlık	kg	250	270	280	310	320

EK-19. Isı pompasına ait boru hatları için basınç kayıpları tablosu

Primer devre boru hatları**Basınç kayıpları**

Aşağıdaki tablolardaki gri işaretli bölümlerde laminar akış, diğerlerinde türbülanslı akış kabul edilmektedir.

R-değeri (direnç değeri):

- R-değeri = Basınç kaybı/m boru
- Verilen R değerleri ısı taşıyıcı akışkan Tyfocor için geçerlidir:
 - Kinematik viskozite = 4,0 mm²/s
 - Yoğunluk = 1050 kg/m³

PE boru 20 × 2,0 mm, PN 10

Debi l/saat	Tyfocor için R değeri Pa/m
100	77,4
120	92,9
140	108,4
160	123,9
180	139,4
200	154,9
220	170,3
240	185,8
260	201,3
280	216,8
300	232,3
320	247,8
340	263,3
360	278,7
380	294,2
400	309,7

PE boru 25 × 2,3 mm, PN 10

Debi l/saat	Tyfocor için R değeri Pa/m
100	27,5
120	32,9
140	38,4
160	43,9
180	49,4
200	54,9
220	60,4
240	65,9
260	71,4
280	76,9
300	82,3
320	87,8
340	93,3
360	98,8
380	104,3
400	109,8
420	115,3
440	120,8
460	126,3
480	131,7
500	137,2
520	142,7
540	246,3
560	262,4

PE boru 32 × 2,9 mm, PN 10

Debi l/saat	Tyfocor için R değeri Pa/m
300	31,2
320	33,3
340	35,4
360	37,5
380	39,5
400	41,6
420	43,7
440	45,8
460	47,9
480	49,9
500	52,0
520	54,1
540	56,2
560	58,3
580	60,3
600	62,4
620	64,5
640	66,6
660	68,7
680	70,7
700	122,5
720	128,7
740	135,0
760	141,5
780	148,1
800	154,8
820	161,6
840	168,6
860	175,7
880	182,9
900	190,2
920	197,7
940	205,3
960	213,0
980	220,8
1000	228,7
1020	236,8
1040	245,0
1060	253,3
1080	261,7
1100	270,2
1120	278,9
1140	287,7
1160	296,6
1180	305,6
1200	314,7
1240	333,3
1280	352,3
1320	371,8
1360	391,7
1400	412,1
1440	433,0
1480	454,2
1520	475,9
1560	498,1
1600	520,6

EK-19. (Devam) Isı pompasına ait boru hatları için basınç kayıpları tablosu

Debi l/saat	Tyfocor için R değeri Pa/m	543,6	567,0	590,9	615,1	639,8	664,9	690,4	716,3	742,6	769,3																
1640																											
1680																											
1720																											
1760																											
1800																											
1840																											
1880																											
1920																											
1960																											
2000																											
PE boru 40 × 3,7 mm, PN 10																											
Debi l/saat	Tyfocor için R değeri Pa/m	165,8	209,6	274,0	305,5	383,6	389,1	404,2	479,5																		
1500																											
1600																											
2000																											
2100																											
2300																											
2400																											
2500																											
2700																											
PE boru 50 × 4,6 mm, PN 10																											
Debi l/saat	Tyfocor için R değeri Pa/m	56,9	61,7	96,0	102,8	117,8	128,8	141,8	163,7	189,1	216,5	202,8	315,1	356,2	530,2	569,9	596,0	739,8	771,3	1000,1	1257,7	1568,7	1596,1	2794,8	-	-	
1500																											
1600																											
2000																											
2100																											
2300																											
2400																											
2500																											
2700																											
3000																											
3200																											
3600																											
3900																											
4200																											
5200																											
5400																											
5500																											
6200																											
6300																											
7200																											
7800																											
9200																											
9300																											
12600																											
15600																											
18600																											

PE boruların hacmi, PN 10		
Dış-Ø boru × cidar kalınlığı mm	DN	Her m boru için hacim l
20 × 2,0	15	0,201
25 × 2,3	20	0,327
32 × 3,0 (2,9)	25	0,531
40 × 2,3	32	0,984
40 × 3,7	32	0,835
50 × 2,9	40	1,595
50 × 4,6	40	1,308
63 × 5,8	50	2,070
63 × 3,6	50	2,445

EK-20. (Devam) OVplan yerden ısıtma-soğutma sistemi

Malzeme listesi "Cofloor" yerden ısıtma sistemi					
Ürün	Sipariş No.	Sevk miktarı	Materialbedarf	Toplam fiyat	€
"Copex" PE-Xc boru Kangal uzunluğu 240 m, 16x2 mm	1400152	3 rulo (a 240m)	736m		
"Copex" PE-Xc boru Kangal uzunluğu 120 m, 16x2 mm	1400151	1 rulo (a 120m)			
NP-35 Setli döşeme plakası, 1,0 x 1,0 m ısı ve ses yalıtımlı 35-2mm, WLG 040	1402210	10 takım (a 10adet)	98adet		
Yalıtım plakası EPS 20mm, WLG 040	piyasadan	6 m ²			
Yalıtım plakası EPS 50mm, WLG 040	piyasadan	14 m ²			
Yalıtım plakası PUR 50mm, WLG 025	piyasadan	44 m ²			
Kenar yalıtım bandı yükseklik 150mm,kalınlık 10mm, rulo uzunluğu 25 m	1402090	5 rulo (a 25m)	122m		
Dengeleme elemanı NP-35, bilyolu EPS 1 x 1m katlanmış,WLG045,kalınlığı 35-2mm	1402290	2 adet	2adet		
Kapı geçiş elemanı setli döşeme plakası için	1402392	6 adet	6adet		
Plastik sabitleyici çengel 14 ve 16mm borular için, set= 200 adet	1409082	1 takım (a 200adet)	48adet		
"Multidis SF" Paslanmaz çelik kolektör 1" 5 devre için, 0-5 l/dak	1404355	1 adet	1adet		
"Multidis SF" Paslanmaz çelik kolektör 1" 7 devre için, 0-5 l/dak	1404357	1 adet	1adet		
Sıva altı dolap	1401151	1 adet	1adet		
Sıva altı dolap	1401152	1 adet	1adet		
Boru kılavuzlama dirseği 14 ve 16 mm "Copex" borular için, set = 10 adet	1409085	3 takım (a 10adet)	24adet		
Boru kılıfı LDPE malzemeden, 300 m, yanılmış	1501184	24 adet	24adet		
Yüksüklü rakor somun bağı. elem. (set) 16*2 mm., ring hattı için, (plastik boru)	1016874	12 takım (a 2adet)	24adet		
Elektro-termik servo tahrik 2-nokta 230V, akımsız açık, M30 x 1,5	1012825	12 adet	12adet		
Oda termostadı 230V	1152051	11 adet	11adet		
Klemens bloğu oda termostatları ve servo tahrikler için	1401080	2 adet	2adet		
Küresel vana, yassı sızdırmaz 3/4" DD x 1" ED, DN20	1406383	4 adet	4adet		
Ölçüm noktaları işaretli yerden ısıtma sistemi için, set=5 adet	1409090	1 takım (a 5adet)	2adet		

EK-21. SOLARTEK UK-90-AL-206 Ultra Model güneş kolektörü teknik verileri

Ürün Tanımı	Birim	UK-90-AL-206	UK-90-AL-238
Kasa Brüt Yüzeyi	m ²	2,06	2,38
Yutucu Net Yüzeyi	m ²	1,83	2,14
Açıklık Yüzeyi	m ²	1,92	2,31
Kasa Uzunluğu	mm	2020	2020
Kasa Genişliği	mm	1020	1180
Kasa Kalınlığı	mm	90	90
Kollektör Ağırlığı	kg	44	50
Optik Verim $\eta^{\circ}A$ (Absorber area)	%	81,8	83,1
Işın Yutma Katsayısı	%	95 \pm 2	95 \pm 2
Işın Yansıtma Katsayısı	%	15 \pm 2	15 \pm 2
Yutucu Yüzey Tipi	-	ALNiOx Seçici Yüzey	
Taşıyıcı Boru Sayısı	adet	12	14
Taşıyıcı Boru Ölçüleri	mm	Dış çap : 12.5 - İç çap : 8.5 - Et kalınlığı : 2.0	
Toplayıcı Boru Ölçüleri	mm	Dış çap : 23.0 - İç çap : 19.0 - Et kalınlığı : 2.0	
Cam Özellikleri	-	4 mm , Düşük demirli , Temperli , Prizma desenli	
İzolasyon Özellikleri	-	50 mm , taşıyünü (yoğunluk: 40 kg/m ³)	
Sıvı Akışkan Miktarı	litre	1,88	2,19
Durgunluk Sıcaklığı	°C	191	191
Max. İşletme Basıncı	bar	10	10
Bağlantı	-	3/4" Dış dişli	

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : BAYAR, Uğur
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 25.12.1988, Çankaya
Medeni hali : Bekâr
Telefon : 0 (312) 296 68 02
Faks : 0 (312) 215 50 28
e-mail : ugur.bayar@gazi.edu.tr



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Makine Mühendisliği	2016
Lisans	Gazi Üniversitesi /Makine Mühendisliği	2011
Lise	Ankara Atatürk Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013-Halen	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı	İSG Uzman Yardımcısı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Yeşil Ev Tasarımı ve Enerji Analizi İçin Uygulama Örneği
Mühendis ve Makina Dergisi (Yayına Kabul Tarihi: 03.12.2015)

Hobiler

Seyahat, Tiyatro, Tenis



GAZİ GELECEKTİR..