

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
DİSİPLİNLERARASI NÜKLEER ENERJİ VE ENERJİ
SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI



TASARLANAN BİR YEŞİL EV İÇİN ENERJİ VE MALİYET
ANALİZİ

EMRE SAĞLAM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kemal BALKİ

SİNOP - 2022

TEZ KABUL

Emre SAĞLAM tarafından hazırlanan “**TASARLANAN BİR YEŞİL EV İÇİN ENERJİ VE MALİYET ANALİZİ**” başlıklı bu çalışma, 27.07.2022 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından **YÜKSEK LİSANS tezi** olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Doç. Dr. İlker ÖRS
Selçuk Üniversitesi / Meslek Yüksek Okulu

İmza

**Üye
(Danışman)**

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kemal BALKİ
Sinop Üniversitesi / Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

İmza

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Yunus Onur YILDIZ
Sinop Üniversitesi / Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

İmza

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Fadime DİRİK

.....

ETİK BEYANI

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.

Emre SAĞLAM

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TASARLANAN BİR YEŞİL EV İÇİN ENERJİ VE MALİYET ANALİZİ

EMRE SAĞLAM

SİNOP ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
DİSİPLİNLERARASI NÜKLEER ENERJİ VE ENERJİ SİSTEMLERİ
ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ MUSTAFA KEMAL BALKİ

Günümüzde enerji talebinin karşılanmasında çoğunlukla fosil kökenli kaynaklardan yararlanılmaktadır. Ancak, her geçen gün yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yaygınlaşmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının bireysel kullanımına örnek olarak yeşil evler gösterilebilir. Bu çalışmada ilk olarak yeşil ev olarak adlandırılan binaların sahip olması gereken özellikleri hakkında genel bilgiler verilmiştir. Aynı zamanda yeşil evlerde kullanılan bazı sistemlerin de açıklamalarına yer verilmiştir. İkinci olarak da Sinop İli içinde bir yeşil ev tasarımı yapılmıştır. Bu yeşil ev için ısı kayıp hesaplamaları yapılmış ve asgari kullanılan cihazlara ait elektrik ihtiyaçları belirlenmiştir. Bu ihtiyaçların karşılanabilmesi için yeşil evin güney cephesinde pasif sistem olan trombe duvar tasarlanmış ve gerekli olan ısı için hava kaynaklı bir ısı pompası seçiminin nasıl yapılacağı vurgulanmıştır. Binanın elektrik gereksinimini ise rüzgar ve güneş enerji sistemlerinin oluşturduğu on-grid bir hibrit sistem tasarlanmıştır. Dahası kullanım amaçlı sıcak su ihtiyacı belirlenerek hesaplamalar yapılmış ve yağmur suyu depolama sistemi planlanmıştır. Son olarak bu yeşil ev için maliyetler her bir sistem için detaylı olarak çıkarılmıştır. Sinop için yapılan hesaplamalar sonucuna göre tasarlanan 94,3 m² kapalı kullanım alanına sahip yeşil ev projesi için 3,54 kW ısı enerjisine ve günde 18 837 W elektrik enerjisine ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir. Isınma ve sıcak su için 5 kW gücünde hava kaynaklı bir ısı pompasının gerektiği belirlenmiştir. Elektrik talebi ise hibrit bir sistem ile sağlanmıştır. Bu sistemde, talep edilen elektrik miktarının 2 kW gücünde iki adet rüzgar türbini ve her biri 260 W olan kırk altı adet güneş paneli ile karşılanacağı tespit edilmiştir. Yapılan maliyet analizine göre projelendirilen evin yeşil ev olabilmesi için günümüz birim fiyatlarına göre 876 274,4 ₺'lik bir yatırım gerektiği tespit edilmiştir. Dahası yapılan maliyet hesaplamalarına göre bu yatırım değerinin kendini yaklaşık 28 yılda amorti edeceği tahmin edilmektedir. Sistemin on-grid olması elektriğin satışına olanak tanıdığından bu sürenin kısılacığı düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELELER: Yeşil ev; Güneş paneli, Rüzgar enerjisi; Isı kaybı; Elektrik enerjisi; Maliyet hesabı

Temmuz 2022, 81 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

ENERGY AND COST ANALYSIS FOR A DESIGNED GREEN BUILDING EMRE SAĞLAM

SINOP UNIVERSITY INSTITUTE OF GRADUATE PROGRAMS DEPARTMENT OF INTERDISCIPLINARY NUCLEAR ENERGY AND ENERGY SYSTEMS

SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. MUSTAFA KEMAL BALKİ

Today, mostly fossil-based sources are used to meet the energy demand. However, the use of renewable energy sources is increasing day by day. Green buildings can be given as an example of the individual use of renewable energy sources. In this study, firstly, general information is given about the properties of the buildings that are called green. At the same time, some of the systems used in green houses are explained. Secondly, a green building was designed in Sinop Province. Heat loss calculations were made for this green building, and the electrical needs of the devices were determined. In order to meet these needs, a passive system trombe wall was designed on the south facade of the green building. In addition, it is emphasized how to select an air source heat pump for the required heat. An on-grid hybrid system has been designed, where the building's electricity requirement consists of wind and solar energy systems. Moreover, calculations were made by determining the need for hot water for use, and a rainwater storage system was planned. Finally, the installation costs for this green building are detailed for each system. According to the results of the calculations made for Sinop, it has been determined that 3.54 kW of heat energy and 18.837 kW of electrical energy per day are needed for the green building project with a closed usage area of 94.3 m². It has been determined that an air source heat pump with a power of 5 kW is required for heating and hot water. Electricity demand was met with a hybrid system. In this system, it has been determined that the amount of electricity demanded will be met by two 2 kW wind turbines and forty-six solar panels with 260 W each. According to the cost analysis, it has been determined that an investment of 876,274.4 ₺ is required according to today's unit prices in order for the projected house to be a green building. Moreover, according to cost calculations, it is estimated that this investment value will pay for itself in approximately 28 years. Since the on-grid system allows the sale of electricity, it is thought that this period will be shortened.

KEYWORDS:Green building; Solar panel; Wind energy; Heat loss; Electrical energy; Cost calculation

July 2022, 81 Page

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda değerli bilgi, tecrübe ve birikimleriyle bana yol gösterici ve destek olan değerli danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kemal BALKİ'ye; yeşil evin tasarlanmasında yardımcı olan Mimar Deniz KIRMIZIGÜL, Mimar Eda KIRMIZIGÜL, İnşaat Mühendisi Emrah KÖŞTEOĞLU ve Makine Mühendisi Alp ÇAĞLAR'a; ilgisini, desteğini ve sonsuz sevgisini esirgemeyen sevgili aileme ve eşim Viktoriia'ya, Sinop Üniversitesi'nde bana yardımcı olan tüm akademisyenlere ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Emre SAĞLAM

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ KABUL	ii
ETİK BEYANI.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. YEŞİL EV	3
2.1 Yeşil Ev Yapımında Dikkate Alınan Temel Kriterler	3
2.1.1 Yapının çevresiyle uyumu	3
2.1.2 Enerji verimi	4
2.1.3 Bina yapımında kullanılan malzeme verimi	4
2.1.4 Su verimi	5
2.1.5 Kullanıcı sağlığı ve güvenliği	5
2.1.6 Satın alınabilirlik.....	6
2.2 Yeşil Evlerin Faydaları	6
2.3 Dünyadaki ve Ülkemizdeki Yeşil Ev Örnekleri	7
3. YEŞİL EV UYGULAMARINDA KULLANILAN SİSTEMLER.....	16
3.1 Yeşil Çatı	16
3.2 Isı Yalıtımlı Bahçe Çatı Terası	17
3.3 Güneş Pilleri (Fotovoltaik Güneş Panelleri).....	18

3.3.1	Şebekeden bağımsız (off-grid) sistem.....	18
3.3.2	Şebekeye bağlı (on-grid) sistem.....	19
3.4	Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri.....	19
3.5	Rüzgar Enerjisi	20
3.6	Trombe Duvar.....	21
3.7	Güneş Odalı Sistemler	22
3.8	Termosifon Sistemler.....	22
3.9	Bidon Duvar.....	23
3.10	Çatı Havuzları.....	23
3.11	Isıl Bacalar (Güneş Bacaları).....	24
3.12	Işık Bacaları	25
3.12.1	Işık rafları.....	25
3.12.2	Işık tüpleri	25
3.12.3	Anidolik tavanlar.....	26
3.12.4	Heliostatlar	27
3.13	Isı Pompaları.....	27
3.14	Yağmur Suyu Toplama.....	29
4.	YEŞİL EV TASARIMI, ENERJİ HESAPLAMARI VE MALİYET ANALİZİ	30
4.1	Ev Tasarımı.....	30
4.2	Yeşil Ev için Isı Enerjisi Hesaplamaları	32
4.2.1	Isı yalıtım hesapları.....	32
4.2.2	Trombe duvardan ısı kazancı hesabı.....	46
4.2.3	Isı pompası hesapları.....	47
4.3	Elektrik Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması	51
4.4	Yağmur Suyu Depolama Hesabı	55
4.5	Maliyet Hesabı.....	57
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	60

KAYNAKLAR	63
EKLER	67
EK 1. Mimari Planlar, kesitler ve üç boyutlu görünümle.....	67
EK 2. Statik çizim, hesap ve metraj tablosu	71
EK 3. En düşük ortalama dış hava sıcakları	77
EK 4. MaxiAir plus 5 kW – Isıtma kapasite tabloları	79
EK 5. MaxiAir plus teknik özellikleri	80
ÖZGEÇMİŞ	81



TABLÖLER DİZİNİ

Sayfa

Tablo 4.1 Tasarlanan yeşil eve ait özgül ısı kaybı hesaplamaları.....	34
Tablo 4.2 Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü ($r_{i,ay}$) (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825)	41
Tablo 4.3 Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825) ...	42
Tablo 4.4 Farklı derece gün (dg) bölgeleri için ısı kaybı ve yoğuşma hesaplamalarında kullanılacak aylık ortalama dış sıcaklık değerleri [Φ_e (°C)] (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825)	42
Tablo 4.5 Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışıınımı şiddeti değerleri (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825).....	42
Tablo 4.6 Aylara göre hesaplanan ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	44
Tablo 4.7 En büyük ve en küçük $A_{top}/V_{brüt}$ oranları için ısıtma enerjisi değerleri (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825).....	45
Tablo 4.8 Kullanım yerleri için ani sıcaklık su ihtiyaç değerleri (TS 1258 temiz su tesisatı hesap kuralları).....	48
Tablo 4.9 Evin sıcak su kapasite çizelgesi.....	49
Tablo 4.10 Sinop İli için aylara göre şebeke suyu sıcaklığı (°C) (Harran Üniversitesi, 2019).....	49
Tablo 4.11 Evde kullanılan cihazların elektrik tüketimi.....	52
Tablo 4.12 Seçilen rüzgar türbin özellikleri	53
Tablo 4.13 Seçilen panelin teknik özellikleri	54
Tablo 4.14 Sinop aylık yağış verileri (mm) (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022).....	55
Tablo 4.15 Saf malzeme için maliyet tablosu.....	57
Tablo 4.16 Makine- Teçhizat için maliyet tablosu	58
Tablo 4.17 Hizmet alımı için maliyet tablosu.....	58
Tablo 4.18 Proje için toplam maliyet tablosu	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Norveç'teki Snohetta'nın Sıfır Enerjili Pilot Evi (Archdaily 2022a)	7
Şekil 2.2 ArchiBlox Tarafından Tasarlanan Karbon Pozitif Ev (Archdaily 2022b)	8
Şekil 2.3 Ralph Disch'in Heliotrop Evi (Епифанский (Epifansky), 2018)	9
Şekil 2.4 Nathan Good Architects Tarafından Tasarlanan Cannon Sahil Evi (Nathan Good Architects, 2022)	10
Şekil 2.5 AART Architects'in Tasarladığı "Yaşam için Ev" Projesi (Archdaily 2022c)10	
Şekil 2.6 Werner Sobek Grup'un Tasarladığı B10 Aktivhaus (Schittich, 2012).....	11
Şekil 2.7 Interface Studio Architects'in Tasarladığı Roxbury E+ Sitesi (Archdaily, 2022d)	12
Şekil 2.8 Cardiff Üniversitesi'nin Tasarladığı Phil Jones'un Solcer Evi (Inhabitat 2022a)	12
Şekil 2.9 7 World Trade Center (Newyork-Architects 2022).....	13
Şekil 2.10 Green Building (Inhabitat 2022b).....	14
Şekil 2.11 İstanbul Sapphire (Sapphireavym 2022)	14
Şekil 2.12 Eser Holding Binası (Altensis 2022).	15
Şekil 3.1 Milenyum Park (Chicago)-Yeşil çatı örneği (Uçurum, 2007).....	16
Şekil 3.2 Isı yalıtımlı bahçe terası detayı (Kabuloğlu Karaosman, 2006)	17
Şekil 3.3 Şebekeden bağımsız sistem (Bayar ve Atılğan, 2015)	19
Şekil 3.4 Şebekeye bağlı sistem (Demircan ve Gültekin, 2017)	19
Şekil 3.5 Rüzgar Türbinlerinde Mekaniksel Gücün Elektriksel Güce Dönüşümü Aşamaları (Elibüyük ve Üçgül, 2014)	20
Şekil 3.6 Trombe duvar (Demircan ve Gültekin, 2017)	21
Şekil 3.7 Güneş odalı sistem (Yüre, 2007)	22
Şekil 3.8 Termosifon sistem (Demircan ve Gültekin, 2017)	23
Şekil 3.9 Bidon duvar (Demircan ve Gültekin, 2017)	23
Şekil 3.10 Çatı havuzu (Mantar ve Karakılçık, 2009)	24
Şekil 3.11 Isıl baca (Demircan ve Gültekin, 2017).....	25
Şekil 3.12 Işık rafı modeli (Sevinç ve Altın, 2021)	25
Şekil 3.13 Işık tüpü (Sevinç ve Altın, 2021).....	26
Şekil 3.14 Anidolik tavan modeli (Sevinç ve Altın, 2021).....	26

Şekil 3.15 Heliostat modeli (Sevinç ve Altın, 2021)	27
Şekil 3.16 Isı pompası çalışma prensibi (Erdoğan vd., 2006)	28
Şekil 3.17 Isı pompası modeli (Erdoğan vd., 2006)	28
Şekil 3.18 Yağmur Suyu Toplama Modeli (Kantaroglu, 2009)	29
Şekil 4.1 Yeşil evin mimari kat planı	30
Şekil 4.2 Yeşil evin üç boyutlu görüntüsü.....	31
Şekil 4.3 Yeşil evin zemin kat tavanın statik kalıp planı.....	31



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

η_{ay}	: Aylık kazanç kullanım faktörü
ρ	: Havanın yoğunluğu
ρ_{su}	: Suyun yoğunluğu
λ_h	: Isıl iletkenlik hesap değeri
Φ_e	: Isı kaybı ve yoğunlaşma hesaplamalarında kullanılacak aylık ortalama dış sıcaklık değerleri
$\Phi_{i,ay}$	: Aylık ortalama iç kazançları
$\Phi_{s,ay}$	: Aylık ortalama güneş enerjileri kazançları
Σ	: Toplam simgesi
A	: Alan
A_i	: i yönündeki toplam pencere alanı
A_{top}	: Isı kaybedilen toplam yüzey alanları
A_n	: Yapı kullanım alanı
c	: Havanın özgül ısısı
c_{su}	: Suyun özgül ısısı
$^{\circ}C$	: Santigrat derece
CO_2	: Karbondioksit
d	: Yapı elemanının kalınlığı
F_w	: Camlar için düzeltme faktörü
$g_{i,ay}$	: i yönünde saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü
$g_{\perp}$	: Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü
H	: Yapının toplam özgül ısı kaybı
H_i	: Bahsi geçen katmanın özgül ısı kaybı
H_T	: İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen özgül ısı kaybı
H_v	: Havalandırma yoluyla gerçekleşen özgül ısı kaybı
$I_{i,ay}$	: i yönüne dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti
O_2	: Oksijen molekülü
GWh	: Gigawatt saat

K	: Kelvin
KKO_{ay}	: Kazanç kullanım faktörü
kN	: Kilonewton
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowatt saat
lt	: Litre
max	: Maksimum
MW	: Megawatt
N	: Newton
PVC	: Polivinil klorür
Q	: Alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi
Q_{ay}	: Toplam aylık ısıtma enerjisi gereksinimi
Q_{yıl}	: Toplam yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi
Q_{su}	: Sıcak su temini için gerekli olan enerji
Q_{T,yıl}	: Trombe duvardan kazanılan toplam yıllık ısıtma enerjisi
R	: Isıl geçirgenlik direnci
R_e	: Dış yüzey ısıl iletim direnci
R_i	: İç yüzey ısıl iletim direnci
r_{i,ay}	: i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü
t	: Zaman
T_{çıkış}	: Su çıkış sıcaklığı
T_{d,ay}	: Aylık ortalama dış sıcaklık değeri
T_{çıkış}	: Su giriş sıcaklığı
T_{i,ay}	: Aylık ortalama iç sıcaklık değeri
TWh	: Terawattsaat
U	: Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı
V'	: Hacimce toplam hava değişim debisi
V_{brüt}	: Yapının ısıtılan brüt hacmi
V_h	: Havalandırılan hacim
V_{su}	: Sıcak su ihtiyacının hacmi
W	: Watt
\$	: Amerikan Doları

₺ : Türk Lirası

Kısaltmalar

EN : Europeane Norm (Avrupa Standatı)

KDV : Katma değır vergisi

LCD : Liquid Crystal Display (sıvı kristal ekran)

PC : Personal Computer (kişisel bilgisayar-masaüstü bilgisayar)

TL : Türk Lirası

TS : Türk Standartı



1. GİRİŞ

Araştırmalarla elde edilen istatistik verilere göre, dünyada üretilen elektriğin yaklaşık %26,6'a yakını, kullanılan içme suyunun ise yaklaşık %15'i konutlarda kullanılmaktadır. Bu istatistiki verilere göre konutlarda kullanılan elektrik ve su miktarı önemli ölçülere ulaşmaktadır. Bu yüksek harcamaların farkında olan ve daha doğal ortamda yaşamını sürdürmek isteyen insanlar, yaklaşık %30 oranında daha az enerji, daha az fosil yakıt ve daha az su tüketen, atık maliyetlerini %50-90 oranında azaltan çevreye yararlı yapıların meydana çıkmasını sağlamışlardır (Sevgi, 2020). Çevre kirliliği ve küresel ısınma arttıkça, doğal kaynaklarda hızla azalarak canlıların doğal yaşamında problemler doğurmaktadır. Her geçen gün her alanda görülen bu sorunlara çözüm aramak amacıyla yapı sektöründe kaynakların daha doğru şekilde kullanılması için çevreye yararlı binaların yapılması düşüncesi oluşturulmuştur.

Çevreci düşünceyle çevreye yararlı binaya ilgi giderek artarak yeşil ev diye ifade edilen binalar meydana çıkmıştır. Belirli standartlar getirilerek sertifikalandırılmaya başlanan yeşil evler; yapı sektöründe daha değerli, konforlu, ekolojik ve enerji tüketimini azaltan yapılar olarak yeni bir sektörü ve yönelimi meydana çıkarmıştır (Boz, 2018). Bahsettiğimiz binalara yeşil ev adını; yer seçimi, inovasyon binalarda kullanılan yapı malzemelerinin özellikleri, tasarım, yapım sırasında önem verilen çevresel etkinlikler, yapım tekniği, atık malzemenin yeniden değerlendirilmesi konularındaki seçici yaklaşımlar vermektedir. Çevreci akıllı evler, konforla beraber binaların çevreye olan etkilerinin de ön planda tutulduğu yapılardır. Çevreci akıllı evlerde en az miktarda atık oluşumu planlanmakta ve oluşan atıkların da tekrardan kullanımı ve geri dönüşümü sağlanarak değerlendirilmesi hedeflenmektedir.

Enerji tasarrufunun ve doğal enerji kaynaklarının kullanımının ön planda tutulduğu bu evlerde, havalandırma ve ısıtmada kullanılan enerji önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Yapılan araştırmalarla elde edilen istatistik verilere göre, binalar dünya üzerinde üretilen enerjinin yaklaşık üçte birini harcamaktadır (Karabulut ve Kartal, 2021). Yeşil ev uygulamalarıyla doğayı koruma, enerji tasarrufu, yenilebilir enerjinin kullanımı ve konforlu yaşam ortamı hedeflenmektedir.

Bu tez çalışmasında yeşil evlerin çevremiz ve geleceğimiz için gereksinim olmasından daha çok zorunluluk olduğunun toplumlarda farkındalık yaratmayı amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda ilk olarak yeşil evlerin tanıtımı okuyuculara yapılmaktadır. Daha sonra örnek bir yeşil ev tasarımı yapılmıştır. Tezin diğer bir amacı ise bir yeşil ev de ısı kayıp hesaplarının ve elektrik ihtiyacının nasıl hesaplandığını ortaya koymak ve kullanılan sistemlerin seçiminde yol gösterici olmaktır. Dahası bir yeşil ev için gerekli maliyet kalemlerini göstermek ve günümüz şartlarındaki maliyetinin durumunun sunulması hedeflenmiştir. Böylece geleceğin evleri olan bu evlere talebi arttırmak amaçlanmaktadır.



2. YEŞİL EV

Yeşil evleri diğer evlerden ayıran birçok özellik vardır. Yeşil evlerde soğutma, ısıtma, havalandırma ve elektrik ihtiyaçlarının sağlanması amacıyla yenilenebilir enerji sistemlerinden faydalanılmaktadır (Hekim Seçkin, 2022). Projeler, doğal ışıktan en yüksek seviyede faydalanılabilecek şekilde yapılmaktadır. Bahçenin sulanmasında, evsel atık sular arıtma işlemi yapıldıktan sonra kullanılmaktadır. Böylece su tasarrufu bakımından büyük kazanç sağlanmaktadır. Tasarruflu musluklar, ampuller, akıllı klozetler ve duş başlıkları kullanılmaktadır. Yeşil çevreci evlerin yapılacağı yerler seçilirken bazı önemli kriterlere dikkat edilmelidir. Tarım alanlarına, tarihi alanlara ve ekolojik dengeyi bozacak yerlere çevreci yeşil evler inşa edilmemelidir.

Genellikle yeşil ev tasarım esasları;

- İnşaat sırasında çevreye zararsız malzemelerin kullanılmasına özen gösterilmesi,
- Binanın ısıtılması, soğutulması ve su ısıtma maliyetlerinin en aza indirilerek enerji harcamasının düşürülmesi,
- Binanın ısıtma ve soğutma sisteminin en yüksek kapasitede olması, evin enerji ihtiyacına uygun güneş paneli seçimi, sıcak su temini için güneş kolektörleriyle sıcak su sisteminin kurulumu,
- Yağmur sularının toplanabileceği sistem kurularak temiz su eldesi,
- Yüksek enerji tasarruflu elektrikli ev aletleri ve aydınlatma sistemlerinin kullanılmasıyla bu aletlerin ve aydınlatma sistemlerinin kullanılmadıkları sürelerde kapatılması olarak sıralanabilir (Hekim Seçkin, 2022). Bu uygulamalarla yeşil evlerin enerji verimliliği en yüksek seviyelere çıkarılmaktadır.

2.1 Yeşil Ev Yapımında Dikkate Alınan Temel Kriterler

Bir yapının yeşil ev olarak tanımlanabilmesi için bazı kriterlere sahip olması gerekir. Bu yeşil ev yapımında dikkate alınan temel kriterler başlıklar halinde aşağıda açıklanmıştır.

2.1.1 Yapının çevresiyle uyumu

Yeşil evlerin en önemli özelliği çevreci yapılar olmasıdır. Bunun içinde çevreye en az zarar veren ve hatta mümkünse hiç zararı olmayan, çevreyle uyumlu ve olumlu şekilde

entegre olabilen yapılar olmalıdır. Bunun için; yapıların inşa edildiği alanların doğal özelliklerini muhafaza edip, bunların daimi olması sağlamalıdır. Az ilaçlama, az sulama ve az bakım ihtiyacı gerektirecek bitkiler seçmeli ve organik gübreyi kullanmaya çalışılmalıdır. Geri dönüşüm olanağına sahip asfaltlama ve döşeme malzemeleri kullanarak doğal geri dönüşüme katkıda bulunulmalıdır (Kıncay, 2010).

2.1.2 Enerji verimi

Enerjinin verimli şekilde üretilmesini ve tüketimini sağlayarak doğal ve yapay kaynakların verimli şekilde kullanılmasını sağlamak gerekir. Ayrıca üretim ve tüketim süreci esnasında çevreye verilen zararı en aza indirmek gerekir (Yılmaz, 2018). Bunun için;

- İnsanların çalışmalarında faydalı olan doğal ışıktan en iyi şekilde yararlanabileceği projeler üretmek,
- Hareket sensörlerine sahip ayarlanabilir ışıklandırma kontrolleri içeren yüksek verime sahip sistemleri kurmak,
- Yalıtım sistemine uygun şekilde, yüksek verimli soğutma ve ısıtma sistemlerini geliştirmek ve kurmak,
- Işıklandırma, teçhizat ve cihazlar için elektrik yükünü sınırlandırmak,
- Isıl direnci yüksek olan yalıtım malzemeleri ile çatı, tavan ve duvar yalıtımı yapmak,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarını halihazırda mevcut olan sistemde kullanmak gerekir (Kıncay, 2010).

2.1.3 Bina yapımında kullanılan malzeme verimi

Bina yapımında kullanılacak malzemenin hem kaliteli ve ekonomik, hem de çevreye zararı olmayan malzemeler olması sağlanmalıdır. Bunun için; inşaat, yıkım ve yapı analiziyle ilgili malzeme yönetimi planları yapmak, yapı malzemelerini ve parçalarını yapının yapılacağı bölgeden veya yakın bölgelerden temin etmek, kullanım ömrü bitince kolayca parçalanabilen ve yeniden kullanım imkanına sahip olan tekrardan kullanılabilir ya da geri dönüştürülebilme özelliğine sahip malzemeleri seçmek, geri dönüşümü kolaylaştırıcı uygun projeler yapmak ve katı atık için yönetim programları hazırlamak gerekir (Kıncay, 2010).

2.1.4 Su verimi

Temiz kullanılabilir suyun temininde günümüzde yakın coğrafyamızda sorun yaşanmasa da dünyada yaşan bölgeler bulunmaktadır. Artan nüfus ve temiz suyun kullanımındaki büyük israflar, yakın gelecekte büyük su krizlerinin ortaya çıkacağını göstermektedir. Bu sebeple doğru temiz su kullanımı yönünden toplumlar bilinçlendirilmeli ve yapılan binalarda su israfının önüne geçebilecek şekilde tasarlanmalıdır. Bunun için;

- İhtiyaç halinde kullanılabilecek geri dönüşümlü su veya yağmur suyundan elde edilen gri su sistemleri ile içme suyu hatları kullanmak,
- Peyzaj düzenlemelerinde sulama için planlar yapmak ve uygun su bütçesi oluşturmak,
- Tuvaletlerde düşük su tüketimi sağlayan sifon sistemlerini kullanarak su tüketimini azaltmaya çalışmak ve diğer su kullanımını minimum seviyeye getirecek sistemler kullanmak,
- Peyzaj alanları için binalardan ayrı, farklı su sayacı kullanmak,
- Çimensiz alanlarda su sağlamak için fiske ve yüksek basınç püskürtücüsü içermeyen minimum su tüketimini sağlayan sulama sistemleri kurmak,
- Merkezi sıcak su dağıtımını sağlayacak çevrim sistemlerini kullanmak, en gelişmiş sulama kontrol araçları, otomatik kapanan hortum başlıkları kullanmak gerekmektedir (Bayar ve Atılğan, 2015).

2.1.5 Kullanıcı sağlığı ve güvenliği

Yapılar insan sağlığı ve konforu için uyumlu olmalıdır. Bunun için;

- Nem direncine sahip, mikrobiyal büyümeye karşı dirençli malzemeleri kullanarak iç mekan kirliliğinin önüne geçmek,
- Kullanılacak malzemelerde hava kirliliğine sebep olabilecek gazları içermeyen ya da çok az miktarda içeren malzemeleri tercih etmek,
- Kimyasal emisyonu azaltır iken, enerji ve kaynak verimliliğini arttıran malzemeler kullanmak,
- Yeterli seviyede havalandırma ve uygun şekilde filtrelemeye sahip soğutma ve ısıtma sistemleri kullanmak,

- Bina çatısı ve çevresinden geçen etkili pis su sistemini ve kanalizasyon sistemini sağlamak,
- Yatak odalarında etkili havalandırma sistemi kurmak ve nem oranını kontrol etmek gereklidir (Aşıkoğlu, A. vb., 2021).

2.1.6 Satın alınabilirlik

Sürdürülebilir binalar alanında faaliyet gösteren şirketler ve kurumlar tarafından, yeşil evlerin kuruluş sırasında geleneksel yapılardan daha pahalı olabileceği, fakat yapının kullanımı sırasında düşük işletim giderlerinin bu maliyeti karşıladığı bildirilmektedir.

Yeşil evlerin satın alınabilirliği, hayat döngüsü maliyetinin, geleneksel malzemelerle inşa edilmiş binayla karşılaştırılabilir olması şeklinde tanımlanmaktadır. Bu nedenle kullanılan malzemelerin, araçların ve teknolojilerin ekonomikliği ikna edici olmalıdır.

2.2 Yeşil Evlerin Faydaları

Yeşil evin faydaları maddeler halinde sıralanırsa (Demircan ve Gültekin, 2017);

- Şehirsel yaşam alanlarına değer katması
- İnşaatı sırasında doğa tahribatının ve zararlarının en aza indirilmeye çalışılması
- Yapım sırasında oluşan atık malzemelerin değerlendirilmesi
- Yapılan binanın ekonomik değerini artırması
- Temiz çevreci teknolojilerin kullanılmasına ve geliştirilmesine ortam sağlaması
- Yağmur sularının yeşil çatı uygulaması ile arındırılması
- Kanalizasyon sisteminin yükünün yağmur sularının kullanımı ile azaltılması
- Güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi gibi doğa dostu yenilenebilir enerjilerden yararlanılması
- Doğal ışıktan yararlanma
- Sera etkisini oluşturan yansımaların, yeşil katmanların yapılmasıyla güneş ışınlarını yansıtması ile azaltılması
- Enerji tasarrufunun sağlanması
- Yeşil katmanlarıyla oksijen üretimine katkı sağlanması

- Yapılan izolasyon sistemleriyle ısıtma soğutma maliyetlerinin azaltılması ve karbondioksit salınımının da azaltılmasında yardımcı olması
- Meydana gelen geri dönüştürülebilir atık malzemelerin kullanılabilmesi olarak sıralamak mümkündür.

2.3 Dünyadaki ve Ülkemizdeki Yeşil Ev Örnekleri

Dünyada ve ülkemizde yeşil ev çalışmalarına yönelik birçok uygulama yapılmıştır. Şekil 2.1’de Norveç’teki Snohetta’nın sıfır enerjili pilot evi verilmiştir.



Şekil 2.1 Norveç’teki Snohetta’nın Sıfır Enerjili Pilot Evi (Archdaily 2022a)

Snohetta’nın sıfır enerjili evi, sene boyunca bir tane elektrikli arabanın enerji ihtiyacını karşılayacak kadar fazla enerji üretebilen, artı-enerjili özelliğe sahip bir aile evidir. Çatısında güneş enerjisi panelleri bulunmakta ve jeotermal enerji de kullanılmaktadır (Divisare 2022). Bu ev, tükettiği enerjinin iki katını üretebilme özelliğine sahiptir. En son sürdürülebilir (yenilenebilir) teknolojileri yansıtmakta ve yapının ihtiyacından fazla enerjiyi üretebileceğini kanıtlanmıştır. Çatıdaki eğiminin açısı, sene süresince güneş ışınlarını en iyi absorbe edebilecek şekilde optimize edilmiş ve doğal havalandırılma yapılması sağlanmıştır. Evde üretilen ihtiyaç fazlası ısı sayesinde açık yüzme havuzu da ısıtılabilir (Divisare 2022).

Şekil 2.2’de gösterilen ArchiBlox tarafından tasarlanan karbon pozitif ev Avustralya’daki ilk karbon pozitif prefabrik evidir.



Şekil 2.2 ArchiBlox Tarafından Tasarlanan Karbon Pozitif Ev (Archdaily 2022b)

İhtiyacı olan enerjiden daha fazlasını üretebilen güneş paneline sahiptir. Yaklaşık 75 metre karelik ev, çift camlı bir cepheyle bol miktarda doğal ışığı alabilmektedir. Yeşil çatı ve dikey bahçe duvarları bulunmaktadır (Nemati, 2020).

Kendi kendine yetebilecek şekilde güneş enerjisi kazancını ve pasif tasarım teknolojilerini en üst düzeye çıkarmak için tasarlanmıştır. Mekanik soğutma ve ısıtma yerine, doğal olarak havalandırılma sistemleri kullanılmaktadır. Soğuk havayı güney cepheden çekmek için zeminde yer alan borular kullanılmaktadır (Nemati, 2020).

Şekil 2.3’de gösterilen Ralph Disch’in tasarladığı Heliotrop evi Almanya’da güneş ışınlarının geliş açılarını izleyerek ve güneş panellerinin verimliliğini en üst seviyeye çıkarmak için 180° dönebilen bir ev tasarımıdır.



Şekil 2.3 Ralph Disch'in Heliotrop Evi (Епифанский (Epifansky), 2018)

Çatıdaki güneş panel dizisi 6,6 kWh gücündedir. Güneş enerjili termal boru sistemiyle evin su ve radyatörlerini ısıtmaktadır. Tükettiği enerjinin beş katı kadar enerjiyi üretebilme kapasitesine sahiptir. Yağmur suyu geri dönüşüm sistemiyle, evdeki kullanımdan dolayı duştan, lavabodan, eviyeden, çamaşır ve bulaşık makinelerinden oluşan az kirli gri su ve yağmur suyu yeniden kullanılmaktadır ve ev kompostlama tuvaletine sahiptir (BubbleMania 2022).

Şekil 2.4'de gösterilen Nathan Good Architects tarafından tasarlanan Cannon sahil evi yeşil çatıya sahiptir. Ev, güneş enerjili sıcak su ısıtıcılarını, fotovoltaik güneş panellerini, jeotermal enerjiyi, enerji ısı geri kazanımlı vantilatörleri ve yüksek verime sahip ısı pompası kombinasyonunu kullanarak kendi enerjisini ve ısısını üretebilmektedir (Yudelso,2016).



Şekil 2.4 Nathan Good Architects Tarafından Tasarlanan Cannon Sahil Evi (Nathan Good Architects, 2022)

Binada pasif güneş tasarımı kullanılmaktadır. Yalıtımlı beton formlardan yapılmış, oldukça yalıtımlı ve sızdırmaz binanın iç ortamını dış ortamdan ayıran bina zarfı bulunmaktadır.

Şekil 2.5’de gösterilen AART Architects tarafından tasarlanan Yaşam için Ev projesi Danimarka’da 190 metrekare alana sahip 2 odalı evde doğal ışık çok iyi kullanılmakta ve kış aylarında ısıtmasının yüzde 50’sini pasif güneş teknolojilerinden elde etmektedir. Evde, fotovoltaiik güneş panelleri, ısı pompası, güneşten sıcak su elde etme sistemi, doğal havalandırma sistemi ve enerjiyi optimize eden pencereler vardır (Archdaily 2022c).



Şekil 2.5 AART Architects’in Tasarladığı “Yaşam için Ev” Projesi (Archdaily 2022c)

Şekil 2.6’da gösterilen Werner Sobek Grup tarafından tasarlanan B10 Aktivhaus’da eve ve iki elektrikli arabaya yetecek enerji üretebilen, aynı anda komşu eve de enerji sağlayacak şekilde bu evi tasarlanmıştır (Schittich, 2012). 85 metrekairelik alana sahip bu ev, tablet veya akıllı telefonla kontrol edilebilmekte ve sadece ihtiyaç olduğunda ısıtılmakta; sensörlerle ve sakinlerinin alışkanlıklarına göre uyum sağlamaktadır. Geceleri, enerji kayıplarının önüne geçebilmek amacıyla yalıtım sağlayan paneller camı örtmek için aşağı inmektedir.



Şekil 2.6 Werner Sobek Grup’un Tasarladığı B10 Aktivhaus (Schittich, 2012)

Şekil 2.7’de gösterilen Interface Studio Architects tarafından tasarlanan Roxbury E+ Sitesinde Evlerin her birinin çatısında yılda 10 MW enerji üretebilen 39 adet güneş panelleri bulunmaktadır (Archdaily, 2022d). İhtiyaçtan daha fazla enerji üretebilmekte ve bu sayede ev sahipleri şehir şebekesine elektrik satma imkanına sahiptir. Evler, yeşil çatılar, güneş panelleri, yağmur suyu toplama sistemleri ve üç kat camlı pencereler gibi teknolojilere sahiptirler.



Şekil 2.7 Interface Studio Architects'in Tasarladığı Roxbury E+ Sitesi (Archdaily, 2022d)

Şekil 2.8'de gösterilen İngiltere'de bulunan Cardiff Üniversitesi tarafından tasarlanan Phil Jones'un Solcer Evi güneş enerjisiyle, senenin sekiz ayında şebekeye fazladan enerji aktarabilecek kapasitede tasarlanmıştır (Inhabitat 2022a). Güneş enerjisi pillerde depolamaktadır. Yalıtımının çok iyi olmasına rağmen, kış aylarında enerji kullanımı artmaktadır. Fakat kış aylarının haricindeki 8 ayda şebekeye ekstra enerji verebilmektedir.



Şekil 2.8 Cardiff Üniversitesi'nin Tasarladığı Phil Jones'un Solcer Evi (Inhabitat 2022a)

New York'da bulunan Şekil 2.9'da gösterilen Seven World Trade Center'da kullanılmış çeliğin %30'u geri dönüşümlü çelikten imal edilmiştir (Newyork-Architects 2022).

Yağmur suyunu çatıda toplanarak depolanmaktadır. Bu su, parkın sulanmasında ve binanın soğutulması için saklanmaktadır. Böylece binanın soğutulması için kullanılan enerjide %25 oranında enerji tasarrufu sağlanmaktadır (Newyork-Architects 2022).



Şekil 2.9 Seven World Trade Center (Newyork-Architects 2022)

Miami’de bulunan Şekil 2.10’da gösterilen Green Building 40 milyon dolara imal edilmiş ve hem ticari amaçlı hem de konut amaçlı kullanılmaktadır (Inhabitat 2022b). Rüzgar türbinleri, güneş panelleri, güneşten sıcak su elde etme gibi teknolojiye sahiptir (Inhabitat 2022). Binanın dışı hiper efektif yüzeyden oluşmaktadır.



Şekil 2.10 Green Building (Inhabitat 2022b)

İstanbul’da bulunan Şekil 2.11’da gösterilen Sapphire Türkiye'nin ilk yeşil gökdelenidir. 64 katlı ve 182 000 m² inşaat alanına sahiptir. Türkiye’nin en yüksek yapısı ünvanına sahiptir. Camlarındaki yalıtım sistemiyle enerjiden %25 tasarruf elde edilmektedir.



Şekil 2.11 İstanbul Sapphire (Sapphireavym 2022)

Özel bina cephesi sayesinde, olumsuz hava koşullardan ve gürültü kirliliğinden etkilenmemektedir.

Kış aylarında güneş ışığından en yüksek seviyede faydalanılabilmektedir. Yaz aylarında ise yüksek sıcaklıklarda sıcaklığında bahçede rahatlıkla durulabilmektedir.

Şekil 2.12’de gösterilen Eser Holding binası Türkiye’nin ilk LEED Platin sertifikalı projesidir. Uluslararası sıralamada da ilk ona girmiştir. Ankara’da Eser Holding’in Genel Müdürlük Binası olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2.12 Eser Holding Binası (Altensis 2022).

Isı kontrollü camlar mevcuttur. Binada kullanılan betonun %75, tuğlanın %70, camın %20, çeliğin %60’ı geri dönüştürülen kaynaklardan temin edilmiştir (Altensis 2022).

Binada bir adet rüzgar türbini, çatı ve cephesinde fotovoltaik güneş panelleri vardır. Çatısında üç adet güneş bacası bulunmaktadır. Isıtma ve soğutmanın bir kısmı toprak kaynaklı ısı pompasıyla sağlanmaktadır (Altensis 2022).

3. YEŞİL EV UYGULAMALARINDA KULLANILAN SİSTEMLER

Yeşil ev uygulamalarında çevreye dost ve enerji en verimli şekilde elde etmek ve kullanmak için kullanılan sistemler mevcuttur. Bu sistemlerin bazıları ısı kaybını en aza indirmek, bazıları pasif olarak ısı ve ışık üretmek ve bazıları da enerji üretmek için kullanılmaktadır. Bu sistemler aşağıda başlıklar halinde açıklanmıştır.

3.1 Yeşil Çatı

İlave donanım gerekmeksizin yapının enerji performansını, kent ekolojisini ve çevresinin hava kalitesini iyileştirmektedir. Yağmur suyunun çıkardığı sorunlara yardımcı olur. Bu bahsedilen özellikleriyle yeşil evlerde yer alan önemli sistemlerdir. Chicago'daki Milenyum Park 2004 yılı itibarı ile dünyanın en büyük yoğun yeşil çatısıdır (Uçurum, 2007).



Şekil 3.1 Milenyum Park (Chicago)-Yeşil çatı örneği (Uçurum, 2007)

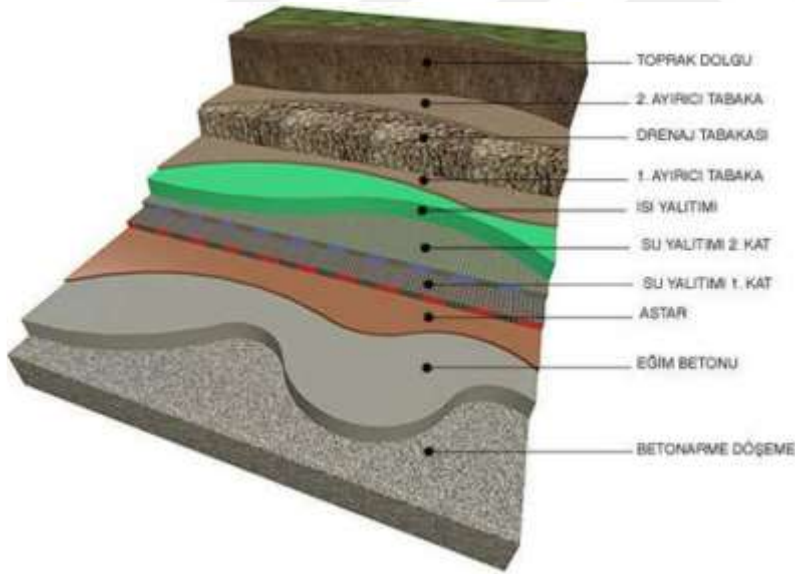
Yeşil çatıların yapılar ve çevresi için faydaları değerlendirilirse (Uçurum, 2007);

- Binaların enerji performansının arttırmasına yardımcı olur,
- Doğanın ve biyolojik çeşitliliğin korunmasını sağlar,
- Kentlerde ısı adalarının etkilerinin azaltılması sağlanır,
- Karbondioksit (CO₂) ve oksijenin (O₂) karşılıklı olarak dengeli değişimini sağlar,
- Soğutucu rüzgarların etkisinin azaltmasını sağlar,

- Havadan, savrulan zararlı partiküllerin filtre edilmesini sağlar,
- Gürültünün etkisinin azaltılmasında yardımcı olur,
- Yağmur suyunun zararlı etkisini azaltır,
- Elektromanyetik radyasyonu azaltıcı etkisi vardır,
- Çatı membranının kullanım ömrünün arttırmasında yardımcı olur,
- Rekreasyon faaliyetleri ve sağlık yönünden önemi dikkat çekmektedir.

3.2 Isı Yalıtımlı Bahçe Çatı Terası

Isı yalıtımlı bahçe çatı terası, bina düzeyinde ya da genelde zemin seviyesinin üzerinde yer alan herhangi bir yapıya ait düz ve eğimli çatılarda özel malzeme, yalıtım ve tekniklerin kullanımıyla gerçekleştirilen az ya da çok bakım gerektiren bir çok işleve sahip açık yeşil mekan sistemidir. Bahçe teras çatılar Şekil 3.2’de gösterildiği gibi katmanlardan oluşmaktadır.



Şekil 3.2 Isı yalıtımlı bahçe terası detayı (Kabuloğlu Karaosman, 2006)

Bahçe teras çatılarda uygulama yürünmeyen teras çatılar ile aynı olmaktadır. Bahçe çatı terası ile (Kabuloğlu Karaosman, 2006);

- Yalıtım sisteminin ömrünün uzatılması sağlanır,
- Isı yalıtımına katkı sağlar,
- Yapılan drenaj sistemlerinin maliyetinin azaltılmasını sağlar,

- Su tasarrufunda yardımcı olur,
- Yetiştirilen bitkiler sayesinde karbondioksit (CO₂) gazlarının absorbe edilmesi sağlanır.
- Ses yalıtımında katkıda bulunulur.

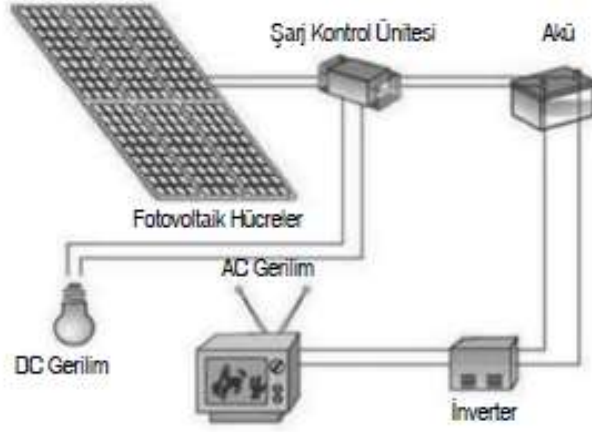
3.3 Güneş Pilleri (Fotovoltaik Güneş Panelleri)

Güneş pilleri, gelen güneş ışınlarını direk olarak elektrik enerjisine dönüştürebilen yarı iletken maddelerdir. Güneş pili hücrelerinin üst tabakaları çatlamaların, kırılmaların ve enerji kaybının önlenmesi için yansımayı önleyici kaplama ve korumalardan oluşur. Bu katmanların altında ise N tipi ve P tipi yarıiletken maddeler bulunur. N ve P tipi maddeler yarıiletken maddelerin eriyik halindeyken istenilen maddeler ile kontrollü olarak katkılandırılması sonucu oluşurlar. Güneş pillerinde yarıiletken madde olarak çoğunlukla çok kristalli silisyum kullanılmaktadır (Öksüz, 2014).

Binalarda kullanılan iki farklı sistemde kurulabilir. Bunlar şebekeden bağımsız (Off-Grid) ve şebekeye bağlı (On-Grid) sistemlerdir.

3.3.1 Şebekeden bağımsız (off-grid) sistem

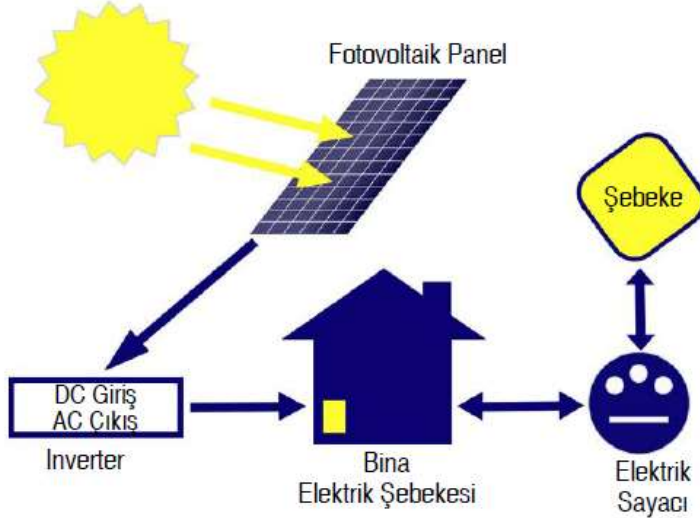
Şebekeden bağımsız (off-grid) sistemlerde, elektrik şebekesinden bağımsız olarak güneş panellerinde üretilen elektrik, şarj kontrol cihazlarında düzenlenerek akülerde depolanmaktadır (Karamanav,2007). Akülerde depolanan doğru akım enerjisi inverterlerle alternatif akıma dönüştürülerek kullanımımıza sunulmaktadır. Şebekeden bağımsız sistemler dört temel elemandan oluşmaktadır. Bunlar Şekil 3.3’de gösterildiği gibi fotovoltaik güneş panelleri, şarj kontrol cihazları, bataryalar ve inverterlerdir.



Şekil 3.3 Şebekeden bağımsız sistem (Bayar ve Atılgan, 2015)

3.3.2 Şebekeye bağlı (on-grid) sistem

Şebekeye bağlı sistemler; fotovoltaik güneş panellerinden üretilen elektriği inverterlerle elektrik sayacıyla elektrik şebekesine veren sistemlerdir (Altaş, 1998). Şebekeye bağlı sistemlerde üç adet temel sistem elemanı bulunmaktadır. Bunlar Şekil 3.4’de gösterildiği gibi fotovoltaik güneş panelleri, on-grid inverterler ve çift yönlü elektrik sayaçlarıdır.



Şekil 3.4 Şebekeye bağlı sistem (Demircan ve Gültekin, 2017)

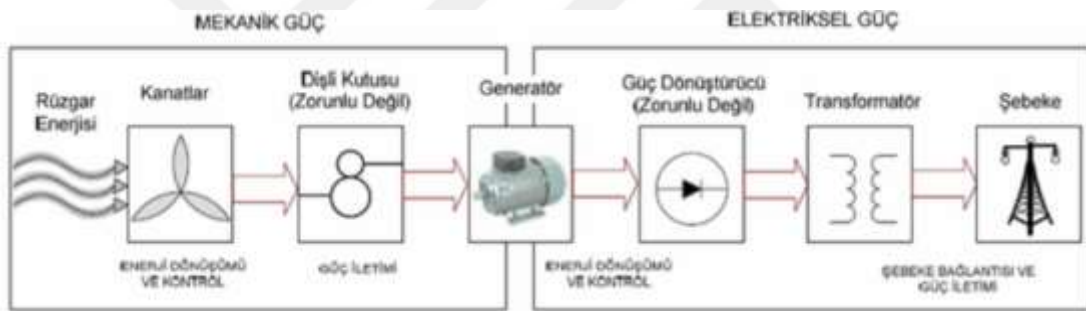
3.4 Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri

Güneş enerjisiyle sıcak su elde edilen sistemler, güneş enerjisini toplayan kollektörler, ısınan suyun toplandığı depo, pompa, yalıtımlı borular ve kontrol edici gibi elemanlardan oluşmaktadır (Öksüz, 2014).

Güneş enerjisiyle sıcak su elde edilen sistemleri daha çok su ısıtma üzerine kullanılıyor gibi görülseler de bu amacının yanı sıra havuzların ısıtılması, binaların ısıtılıp soğutulması ve daha gelişmiş şekilleri, elektrik üretimi gibi özelliklerin de görülmesi mümkündür. Gün boyu yüksek ışınlıma maruz bölgelerde GESIS gibi sistemlerin kurulması, su ısıtma maliyetlerinde de %90'a varan bir azalmayı karşılama potansiyeline sahiptir (Öksüz, 2014). Sistem sürdürülebilir bazda dikkate alınırsa yaklaşık 5 sene gibi çok kısa sürede kendini amorti edebilir. Bu yönüyle çok iyi bir yatırım sistemi olarak değerlendirilebilir.

3.5 Rüzgar Enerjisi

Rüzgar türbinleri, rüzgarın sahip olduğu kinetik enerjiyi öncelikle mekanik enerjiye, sonradan da elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Bir rüzgar türbini genel olarak kule, hız dönüştürücüleri, jeneratör, pervane ve elektrik-elektronik elemanlardan oluşmaktadır.



Şekil 3.5 Rüzgar Türbinlerinde Mekaniksel Gücün Elektriksel Güce Dönüşümü Aşamaları (Elibüyük ve Üçgül, 2014)

Rüzgar, yön ve hız olmak üzere iki parametreyle ifade edilmektedir. Rüzgar hızı yükseklikle artmakta ve teorik gücü de hızının küpüyle doğru orantılı şekilde değişir (Hayli, 2001). Rüzgar türbinlerinden elde edilecek teorik güç aşağıdaki denklem 3.1 ile hesaplanabilmektedir (Oskay, 2014).

$$E = 0,5 \cdot \rho_{hava} \cdot A_{rotor} \cdot C_p \cdot V_{rüzgar}^3 \quad (3.1)$$

Burada;

E : Türbinin teorik gücü (W)

ρ_{hava} : Havanın yoğunluğu (kg/m^3)

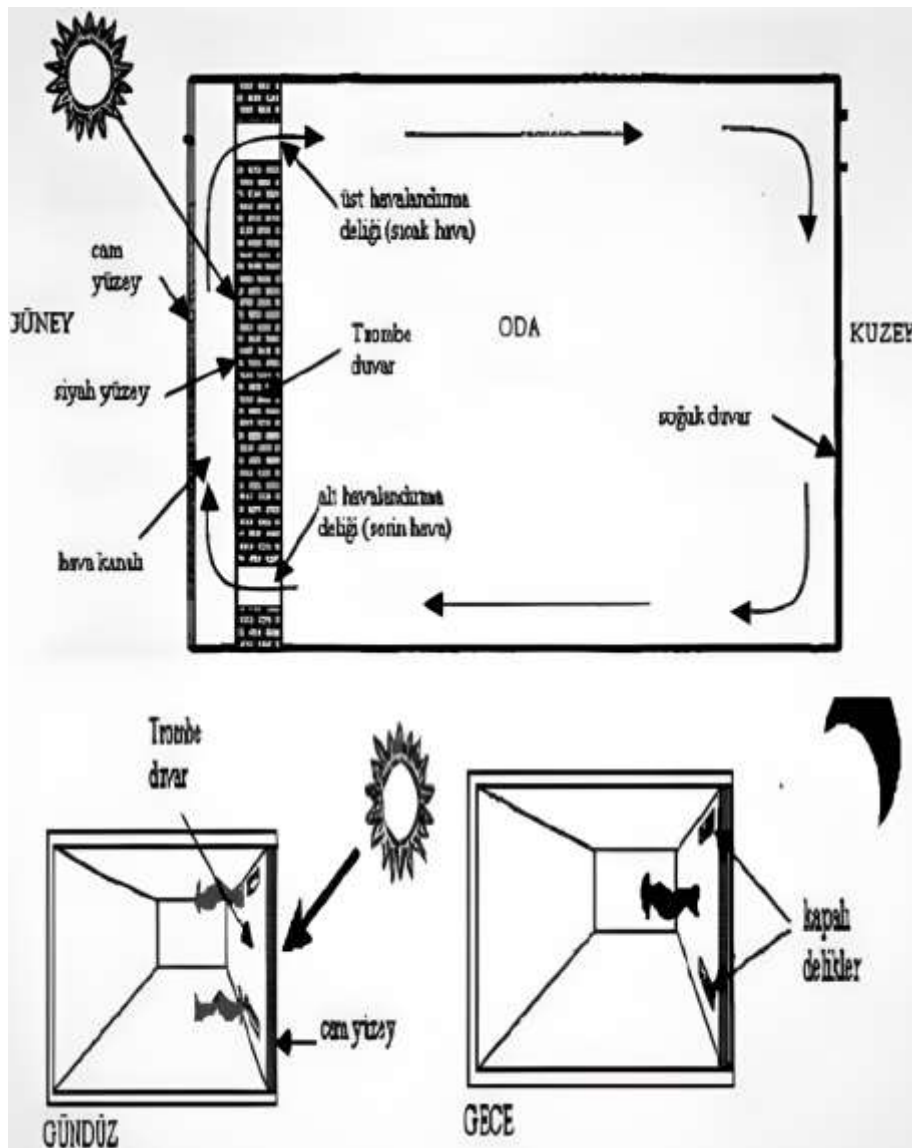
A_{rotor} : Rotorun süpürdüğü alan (m^2)

C_p : Güç Katsayısı

$V_{rüzgar}$: Rüzgarın hızı (m/s) ifade etmektedir.

3.6 Trombe Duvar

Güneşten pasif olarak dolaylı faydalanma imkanı veren teknolojidir. Şekil 3.6’da gösterildiği gibi yapının güney cephesinde, duvar boyu ve yüksekliğince dar bir camekan sera yapılıdır. Bu serayla duvar arasında ısınan hava, duvarın yukarısında bulunan deliklerden içeri aktarılır ve duvarın aşağısında bulunan deliklerden de evin içinden dışarıya soğuk hava aktarılmaktadır (Karaman vd.,2016). Böylece güneşli günlerde evin içine sıcak, evin dışına soğuk havayı aktararak hem havalandırma hem de ısınma yapılmaktadır.



Şekil 3.6 Trombe duvar (Demircan ve Gültekin, 2017)

Trombe duvar imalatında ilk yatırım maliyeti diğer pasif yöntemlere göre pahalı olmaktadır. Trombe duvarlarda duvarın güneşe bakan dış yüzeyinin kısmı koyu renkte boyanmalıdır (Öztürk, 2011).

3.7 Güneş Odalı Sistemler

Güneş odaları Şekil 3.7’de gösterildiği gibi yapıda dış mekanla iç mekan arasında bulunan, dış mekandan saydam bir yüzeyle ayrılmış ve diğer mekanlardan ayrı şekilde oluşturulmuş olup, bu ikisi arasında ısı transferini sağlayan sistemlerdir (Yüre, 2007).

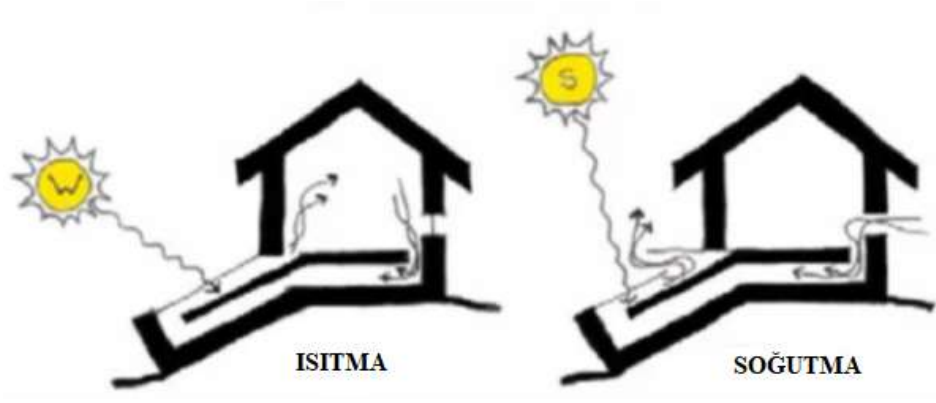


Şekil 3.7 Güneş odalı sistem (Yüre, 2007)

Isı toplamanın yanı sıra yapıya ilave yaşama mekanı kazandırır. Yaz aylarında gündüzleri çok sıcak, kış aylarında geceleri çok soğuk olabilir. Mekana gelen güneş ışığını ve güney manzarasını engelleyebilir.

3.8 Termosifon Sistemler

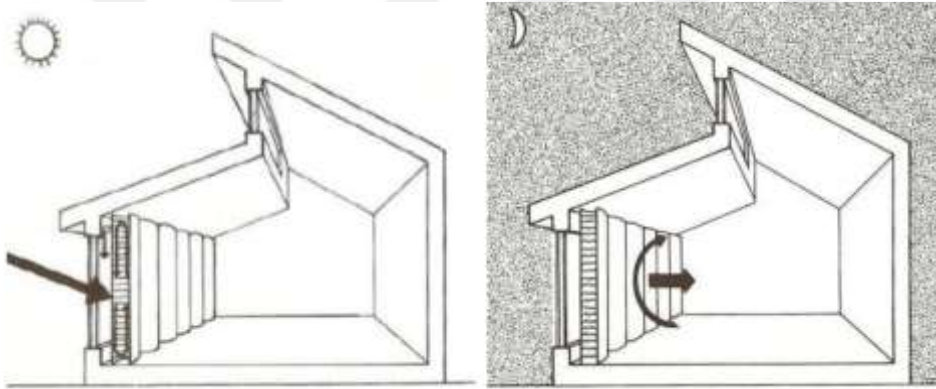
Bu pasif sistemde, Şekil 3.8’de gösterildiği gibi yapı cephesinden farklı olarak direkt güneş ışıınımı ve yaşam alanı arasındaki bağlantıyı sağlayacak biçimde bir toplayıcı bölüm bulunmaktadır (Tavşan vd., 2021). Soğuk hava toplayıcı bölümünün en düşük seviyesindeyken, güneş ışınlarıyla ısınır ve alçak basınç etkisiyle yükselerek yüksek basınca sahip soğuk havayla yer değişimi yapmaktadır. Toplayıcı alan koyu renkli ahşap veya metal yüzeylerden oluşmaktadır.



Şekil 3.8 Termosifon sistem (Demircan ve Gültekin, 2017)

3.9 Bidon Duvar

Bu sistemin çalışma mantığı Trombe duvarıyla benzerlik göstermektedir.



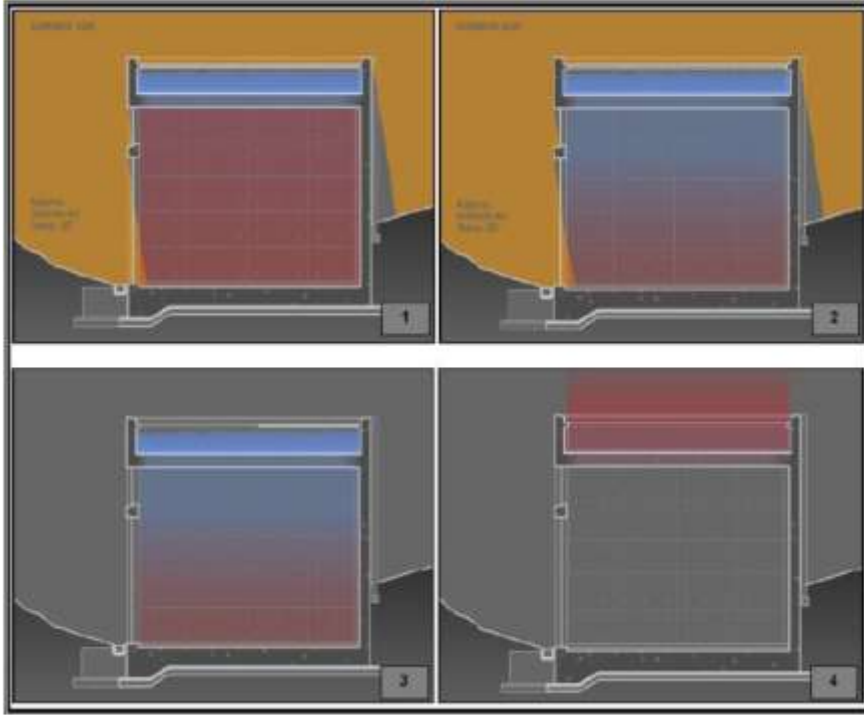
Şekil 3.9 Bidon duvar (Demircan ve Gültekin, 2017)

Sistemi oluşturan elemanlar Şekil 3.9’da gösterildiği gibi geniş cam yüzeyleri ve buna bitişik ısı depolama kütesidir. Bu sistemde ısı depolama görevi yapan bidonlar su veya benzer bir akışkanla doldurmaktadır. Bidonlar koyu renge boyanarak ışın toplayıcı yüzey oluşturmakta, böylece bidonlar toplayıcı ve ısı depo görevlerini beraber yapmaktadırlar (Tavşan vd., 2021). Güneş ışınları bidonun içindeki suyu ısıtmakta ve gündüz kazanılan ısıyı gece kaybetmemek amacıyla duvardaki kapaklar kapatılarak ısı kayıpları engellenmektedir. Bu sistemdeki en önemli sorun, buharlaşma, paslanma ve sızmadır.

3.10 Çatı Havuzları

Çatı havuzları, Şekil 3.10’da gösterildiği gibi güneş ışınlarıyla içi su dolu plastik torbalar ya da havuzla depolanan ısıнын mekânın tavanlarından içeriye aktarılması prensibine dayanmaktadır (Mantar ve Karakılçık, 2009). Havuzun üzeri yalıtım elemanlarıyla kışın

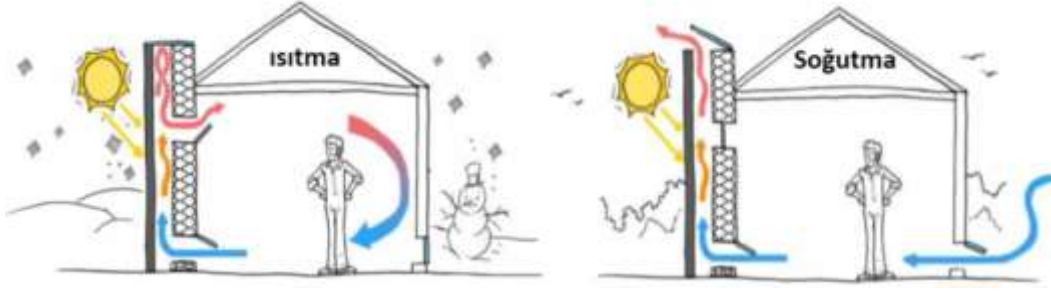
gün içinde açılarak güneş enerjisiyle ısınma sağlanmakta, geceleriye kapatılarak ısı kayıpları engellenmesine çalışılmaktadır. Yazın gündüzleriye bunun tam tersi uygulanmaktadır. Üzeri kapanarak fazla ısıdan korunmaktadır. Geceleri ise yalıtım elemanları açılarak yapının içinden dışına ısı geçişiyle mekanın soğutulması sağlanmaktadır.



Şekil 3.10 Çatı havuzu (Mantar ve Karakılçık, 2009)

3.11 Isıl Bacalar (Güneş Bacaları)

Isıl bacalarla güneş enerjisinden soğutma, ısıtma ve havalandırma amaçlı fayda sağlanabilmektedir. Isıl bacalar, yapının güney cephesinde yapılmaktadır. Isıl bacanın dış tarafı şeffaf cam kaplama ve iç tarafı koyu renkli metal malzemeyle kaplanmaktadır. Şekil 3.11’de gösterildiği gibi baca içerisindeki hava güneş ışınlarıyla ısınarak alçak basınç oluşarak yükselmekte ve bacadan dışarı çıkmaktadır (Çetegen, 2002). Bacanın altından giren soğuk hava, hava sirkülasyonu oluşturmaktadır ve böylece doğal havalandırma olmaktadır.



Şekil 3.11 Isıl baca (Demircan ve Gültekin, 2017)

Yazın ise, havalandırma borularının eve girişi kapatılmakta, plakaların üzerindeki kapakçıklar açılmakta ve ısınan hava yukarıdan dışarıya aktarılmaktadır.

3.12 Işık Bacaları

Işık bacaları genel olarak yapı dışındaki ışığın çeşitli yollarla istenilen amaçlara göre yapı içine alınması prensibine dayanır. Amacına göre çeşitli tipleri vardır.

3.12.1 Işık rafları

Şekil 3.12’de görüldüğü gibi güneş ışığını istenmeyen bölgelerden engellemek ve istenilen bölgelerin tavanına yönlendirmek amacıyla tasarlanan, pencerenin dış veya iç yüzeyinde bulunan yatay elemandır (Yener, 2007).

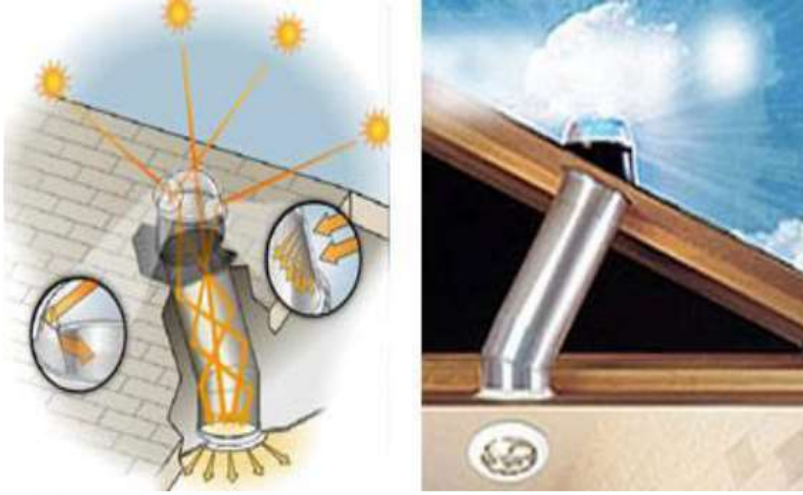


Şekil 3.12 Işık rafı modeli (Sevinç ve Altın, 2021)

3.12.2 Işık tüpleri

Küçük çatı ışıklıklarından alınan gün ışığının yansıtıcı borularla istenilen mekanların tavanına taşındığı teknolojilerdir (Yener, 2007). Şekil 3.13’de gösterildiği gibi gün ışığının

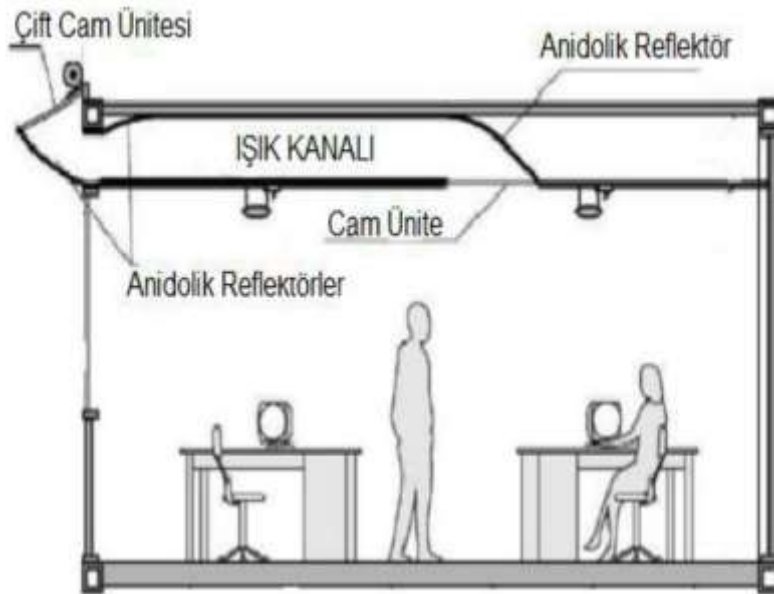
boru içerisinden istenilen mekana dağılımı boru içinde yer alan yayıcı elemanlarla sağlanmaktadır.



Şekil 3.13 Işık tüpü (Sevinç ve Altın, 2021)

3.12.3 Anidolik tavanlar

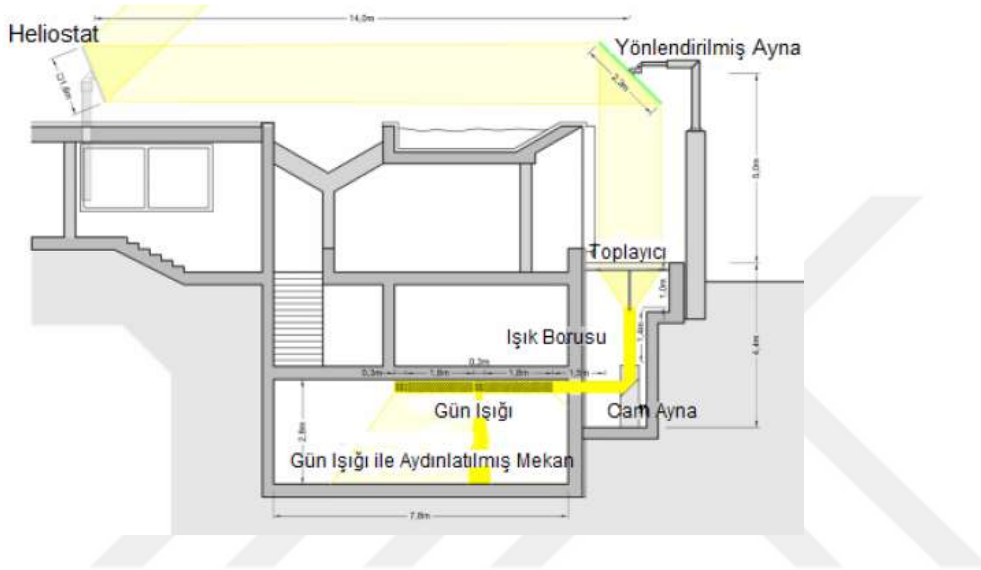
Kapalı ve karanlık koşullara sahip bölgelerdeki yapılarda, yayınık gün ışığını aydınlatılmak istenilen mekanların derinliklerine yönlendirmek için kullanılan teknolojilerdir (Erdem, 2022). Şekil 13.14’de gösterildiği gibi cephe yüzeyinde bulunmakta olan ilk yansıtıcı (reflektör) yayınık ışığı toplayarak ışık kanalına iletmekte ve ışık tam iç yansıma ilkesine göre kanal boyunca iletilmektedir.



Şekil 3.14 Anidolik tavan modeli (Sevinç ve Altın, 2021)

3.12.4 Heliostatlar

Işığın dışarıda toplayarak Şekil 3.15’de gösterildiği gibi yapı içerisine iletilmesini sağlayan aktif teknolojilerdir (Sevinç ve Altın, 2021). Otomatik takip sistemiyle güneşi takip edebilen, bir veya daha fazla aynadan ve bir mercekten oluşan bütünleşik bir sistemdir. Bu sisteme yapay bir ışık kaynağı da eklenerek gün ışığının yetersiz olduğu zamanlarda da kullanılabilir.

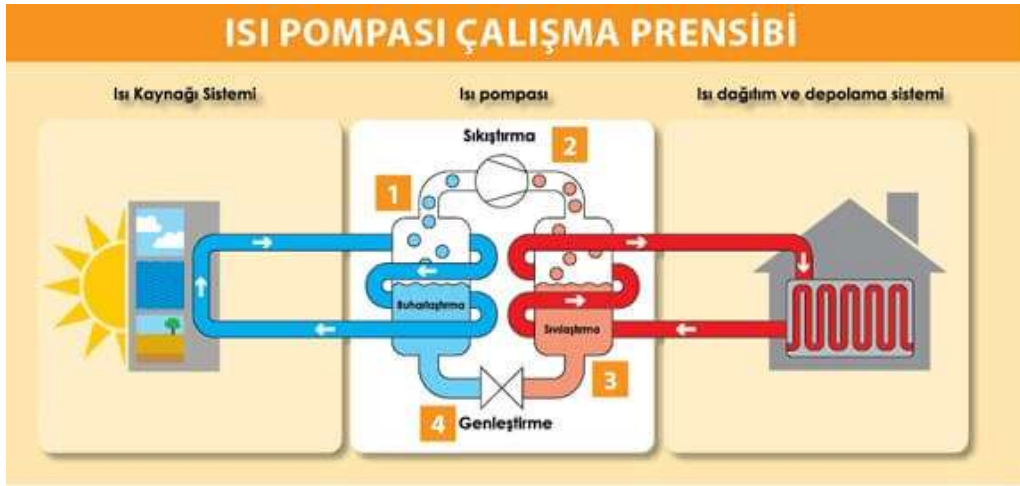


Şekil 3.15 Heliostat modeli (Sevinç ve Altın, 2021)

Bu teknolojinin amacı, doğal aydınlatma olanağı olmayan mekânları gün ışığı ve ona takviye olarak lamba ile aydınlatmaktır.

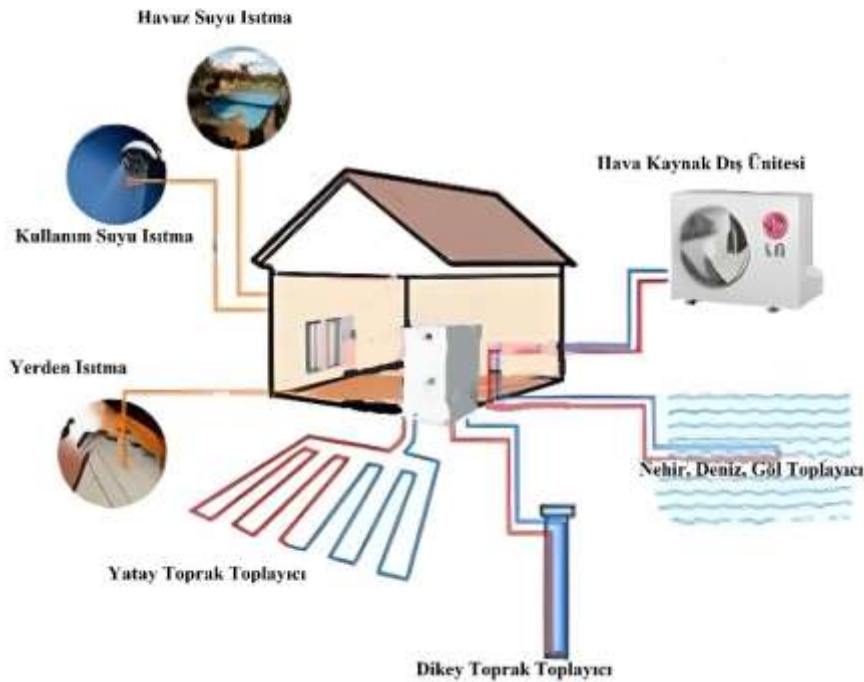
3.13 Isı Pompaları

Isı pompaları, Şekil 3.16’da gösterildiği gibi ısı enerjisini bir ortamdan başka bir ortama taşıma ilkesine sahip ve elektrikle çalışan sistemlerdir. Şartlar sağlandığında yüksek miktarlarda enerjiyi düşük maliyetlerle kullanıma imkanına sahip olunabilmektedir (Kuş ve Çomaklı, 2015). Enerjinin alındığı kaynak ise hava, su ya da topraktır.



Şekil 3.16 Isı pompası çalışma prensibi (Erdoğan vd., 2006)

Termodinamiğin birinci kanununa göre enerji vardan yok, yoktan var olmaz, sadece ya biçim değiştirir ya da bir yerden bir yere taşınır. Isı pompasının da mantığı, ısı enerjisini bir ortamdan diğer bir ortama taşımaktır.



Şekil 3.17 Isı pompası modeli (Erdoğan vd., 2006)

Şekil 3.17’de gösterildiği gibi toprak, su ve hava sürdürülebilir enerji kaynaklarıdır. Isı pompaları çoğunlukla kışın ısınmak amacıyla, yazınsa aynı ortamı serinletmek amacıyla kullanılmaktadır.

Sonuç olarak ısı pompalı sistemlerde ihtiyaç olan ısı enerjisinin %75'ini doğada depolanmış güneş enerjisi olan doğal termal enerjiden (toprak, su, hava), %25'iniyse elektrik enerjisinden karşılanır.

3.14 Yağmur Suyu Toplama

Yağış zamanında, Şekil 3.18'de gösterilen şekilde çalışma prensibi anlatılan sistemin, hava sıcaklığının artmasıyla çatılardaki kar ve buzlar eridiğinde ve yağışlarda yağmur suyu toplamayla evin su kullanımını azaltabilme imkanı vardır (Kantaroğlu, 2009). Yağmur suyu toplama sistemleri evlerin ya da işletmelerin tesisatına bağlanabilir ve hem tuvalet suyu hem de çamaşır yıkamak için kullanılabilir. Bu sayede su kullanımından tasarruf edilebilmektedir.

Yağmur suyu toplama sistemlerinden elde edilen su, içme suyu için güvenli değildir ve bu suyla duş veya banyo yapılmamalıdır. İçme suyu olarak kullanmak için ek arıtma sistemleri kurulmalıdır. Aksi takdirde sadece temizlik, yıkama, bahçe sulama için kullanılması gerekmektedir.



Şekil 3.18 Yağmur Suyu Toplama Modeli (Kantaroğlu, 2009)

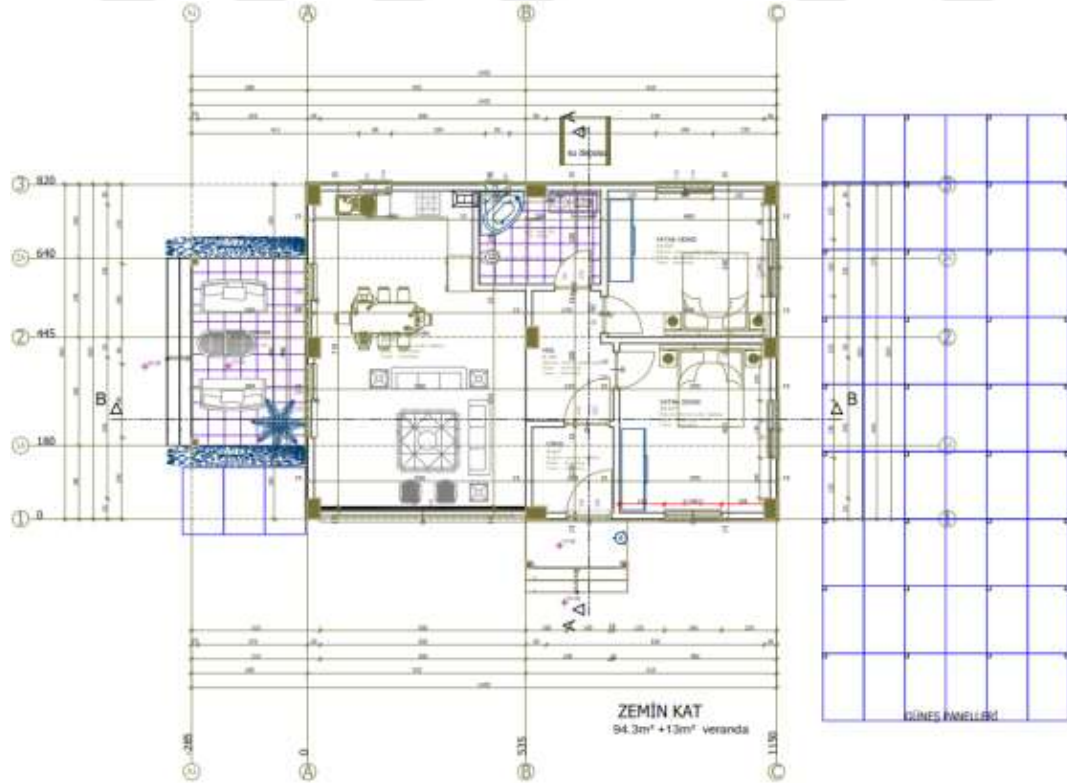
Çimlerimizi sulamak için yağmur suyunu kullanarak su faturamızda tasarruf edebiliriz. Yağmur suyu, düşük mineral içeriği sayesinde pencereler ve arabaların temizliği için etkili bir çözümdür.

4. YEŞİL EV TASARIMI, ENERJİ HESAPLAMARI VE MALİYET ANALİZİ

Bu bölümde ilk olarak bir mimar yardımı ile ev tasarımı gerçekleştirilmiş ve yapının statiği hesaplanmıştır. Evin bütün tasarım ve hesaplamaları mevcut mevzuatlara göre yapılmış olup inşaa edilmeye uygun şekilde planlanmıştır. Evin yeşil ev olarak adlandırılabilmesi için enerji ihtiyacını yenilenebilir enerji kaynaklarından ve ısı yalıtımı ile ısı kazancına yönelik modern tasarım parametrelerinden yararlanılmıştır. Buna yönelik enerji hesaplamaları başlıklar halinde yapılmış ve irdelenmiştir. Ayrıca, evin tuvalet rezervuarı ve bahçe sulama amaçlı yağmursuyu depolama sistemine ait hesaplamalar sunulmuştur. Son olarak da kullanılan bütün sistemlere ait tasarlanan yeşil evin maliyet hesaplaması verilmiştir.

4.1 Ev Tasarımı

Yeşil ev tasarımı Sinop İli Merkez ilçe sınırları içinde standartların belirttiği ölçütler çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.1'deki gibi yeşil ev projesi yaklaşık 500 m² yerleşim alanına oturacak şekilde tasarlanmıştır. Mimari projenin detayları EK 1'de sunulmuştur.

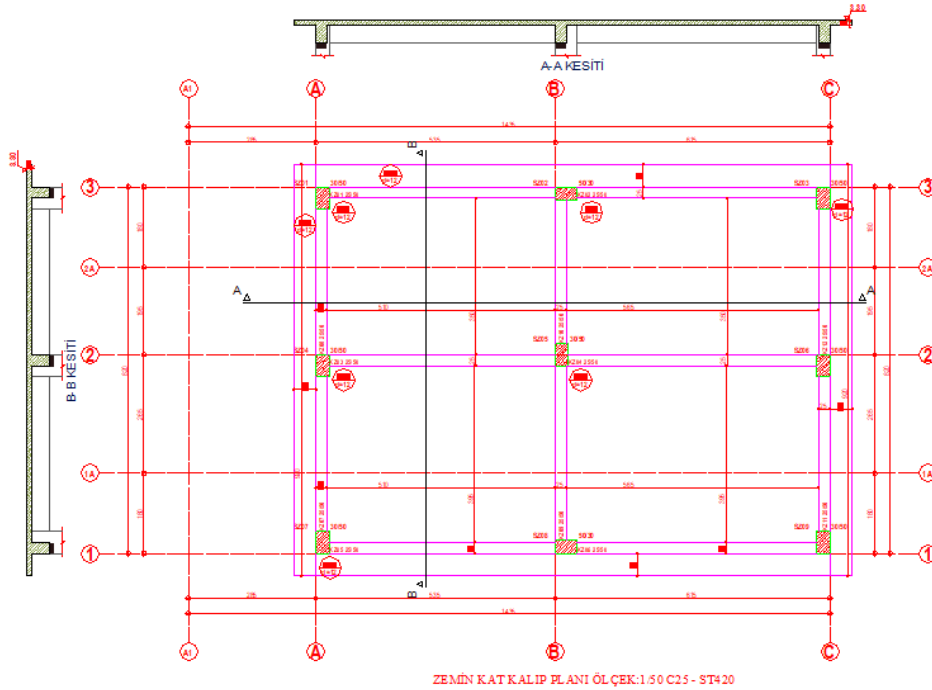


Ev tek katlı olup yaklaşık brüt 94 m² kapalı alana ve 13 m² verandaya sahiptir. Evin giriş kapısının yönü güney doğrultusundadır. Yapının üç boyutlu görüntüsü Şekil 4.2’de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.2 Yeşil evin üç boyutlu görüntüsü

Evin taşıyıcı sistemi Şekil 4.3’de gösterildiği gibi betonarme ve çatının taşıyıcısı ise ahşap sistem olarak belirlenmiştir. Yapının statik detayları EK 2’de sunulmuştur. Isı yalıtım kurallarına uygun olan yapı elemanları ve ısı yalıtım bileşenleri kullanılarak enerjinin etkin tüketimi sağlanması hedeflenmiştir.



Şekil 4.3 Yeşil evin zemin kat tavanın statik kalıp planı

4.2 Yeşil Ev için Isı Enerjisi Hesaplamaları

Tasarlanan yeşil ev için ilk olarak mevzuatlara uygun şekilde bu bölümde ısı yalıtım hesaplamaları yapılmış ve asgari ısınma enerjisi ihtiyacı belirlenmiştir. Tasarımda kullanılan ısı pompası ve trombe duvara ait hesaplamalar sunulmuştur. Dahası yağmur suyunun depolanmasına yönelik hesaplamalar başlıklar halinde incelenmiştir.

4.2.1 Isı yalıtım hesapları

Bu tasarımda TS 825 Isı Yalıtım Yönetmeliği'ne uygun çerçevede Tablo 4.1'de verilen özelliklere uygun olarak ısı yalıtım hesaplamaları yapılmıştır. Örneğin tasarımda duvarlar için 13,5 cm kalınlığında AB sınıfı tuğla, 5 cm kalınlığında ekstrüde polistiren köpüğü, güney cephesinde 11,5 m² alana sahip trombe duvar gibi parametreler hesaplamalarda yer almaktadır. Öncelikle ısı kaybı ve ısı kazançları hesaplanarak net ısı kaybı bulunacaktır. Sonrasında bulunan birim alan başına net ısı kaybı ile tasarlanan evin özelliklerine göre TS 825 belirtilen tablodaki belirtilmiş standart değerle karşılaştırılarak yalıtımın uygunluğu belirlenecektir.

Kapsamlı olarak yapılan ısı yalıtım hesaplamaları arasından örnek bir katmana ait özgül ısı kaybı hesaplamaları aşağıda verilmiştir.

DH-1-Duvar (Dış Hava Temaslı) nolu katmanı için hesaplanacak olursa;

- Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç) için Isıl İletkenlik Direnci (R_i) $0,13 \frac{m^2 \cdot K}{W}$
- Alçı harçlı şap için Isıl İletkenlik Hesap Değeri (λ_h) $1,2 \frac{W}{m \cdot K}$ ve kalınlığı 0,02 m **(1)**
- Normal harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar için Isıl İletkenlik Hesap Değeri (λ_h) $0,32 \frac{W}{m \cdot K}$ ve kalınlığı 0,135 m **(2)**
- Kireç harcı, kireç-çimento harcı için Isıl İletkenlik Hesap Değeri (λ_h) $1 \frac{W}{m \cdot K}$ ve kalınlığı 0,02 m **(3)**
- Ekstrüde polistiren köpüğü (TS 11989 EN 13164'e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletkenlik grubu 035) için Isıl İletkenlik Hesap Değeri (λ_h) $0,035 \frac{W}{m \cdot K}$ ve kalınlığı 0,05 m **(4)**
- Anorganik asıllı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları için Isıl İletkenlik Hesap Değeri (λ_h) $0,35 \frac{W}{m \cdot K}$ ve kalınlığı 0,004 m **(5)**

- Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış) için Isıl İletkenlik Direnci (R_e) $0,04 \frac{m^2 \cdot K}{W}$

“Çok tabakalı yapı bileşenlerinde ısı geçirgenlik direnci (R), tek tek yapı elemanı kalınlıkları ($d_1, d_2, \dots, d_n$) ve bu yapı elemanlarının, ısı iletkenlik hesap değeri ($\lambda_{h1}, \lambda_{h2}, \dots, \lambda_{hn}$) kullanılarak (4.1) eşitliği ile hesaplanır. ” (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825).

$$R = \frac{d_1}{\lambda_{h1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h2}} + \frac{d_3}{\lambda_{h3}} + \frac{d_4}{\lambda_{h4}} + \frac{d_5}{\lambda_{h5}} \quad (4.1)$$

Yukarıda verilen duvar kalınlıkları ve ısı iletkenlik katsayıları eşitlik (4.1)’de yerine yazılarak ısı iletkenlik direnci (R) hesaplanır.

$$R = \frac{0,02}{1,20} + \frac{0,135}{1,32} + \frac{0,02}{1} + \frac{0,05}{0,035} + \frac{0,004}{0,35}$$

$$R = 1,899 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

“Bir yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik direnci ($1/U$), (4.2) eşitliğinde gösterildiği gibi yapı bileşenlerinin ısı geçirgenlik dirençlerine (R), yüzeysel ısı iletim direnç değeri R_i, R_e eklenerek hesaplanır.” (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 - TS 825).

$$1/U_{DH-1} = R_i + R + R_e \quad (4.2)$$

$$\frac{1}{U_{DH-1}} = 0,13 + 1,899 + 0,04 \rightarrow \frac{1}{U_{DH-1}} = 2,069 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

“Bir yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik katsayısı (U), ($1/U$) eşitlik denklemin aritmetik tersi alınarak hesaplanır.” (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825).

$$U_{DH-1} = \frac{1}{2,069} = 0,483 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

İlgili katmanın alanı (A_{DD}) $45,66 m^2$ olduğuna göre bu katmanın özgül ısı kaybı (H_{DH-1});

$$H_{DH-1} = A_{DH-1} \cdot U_{DH-1} + IU_I \text{ formülünden}$$

Binada ısı köprüsü olmadığını kabul edilirse $IU_I = 0$ olacağından;

$$H_{DH-1} = 45,66 \cdot 0,483 + 0 = 22,074 W/K$$

olarak hesaplanır.

Evin bütün cephe ve seçilmiş tasarım özelliklerine göre her bir katman için benzer hesaplamalar yapılmış ve bulunan sonuçlar Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1 Tasarlanan yeşil eve ait özgül ısı kaybı hesaplamaları

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey Alan	Özgül Isı Kaybı
		d	λ_{th}	R	U	A	A x U
		(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	W/m ² K	m ²	W/K
DH-1-Duvar (Dış Hava Temaslı)							
1/a _i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,130			
4,5	Alçı harçlı şap	0,020	1,200	0,017			
7.1.3.1.1	Normal harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,135	0,320	0,422			
4,1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	1,000	0,020			
10.3.2.1.2	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥25; ısı iletkenlik grubu 035	0,050	0,035	1,429			
4.08.2002	Anorganik asıllı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	0,004	0,350	0,011			
1/a _d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				2,069	0,483	45,660	22,074
DH-2-Duvar (Dış Hava Temaslı-Kolon)							
1/a _i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,130			
4,5	Alçı harçlı şap	0,020	1,200	0,017			
5.01.2001	Donatılı-Normal beton (TS 500’e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,300	2,500	0,120			

4,1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	1,000	0,020			
10.3.2.1.2	Ekstrüde polistiren köpüğü-TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletkenlik grubu 035	0,050	0,035	1,429			
4.08.2002	Anorganik asıllı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	0,004	0,350	0,011			
1/a _d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				1,767	0,566	14,560	8,242
DH-2-Duvar (Dış Hava Temaslı-Kiriş)							
1/a _i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,130			
4,5	Alçı harçlı şap	0,020	1,200	0,017			
5.01.2001	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,250	2,500	0,100			
4,1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	1,000	0,020			
10.3.2.1.2	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletkenlik grubu 035	0,050	0,035	1,429			
4.08.2002	Anorganik asıllı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	0,004	0,350	0,011			
1/a _d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				1,747	0,573	14,972	8,572
Trombe Duvar							
1/a _i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,130			
4,5	Alçı harçlı şap	0,020	1,200	0,017			

7.1.5.1	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1)	0,135	0,330	0,409			
4,1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	1,000	0,020			
	Çift Cam			0,357			
1/a _d	Yüzeysel ısıtım katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				0,973	1,028	11,500	11,822
CC-1-Tavan (Üzeri Çatılı) B							
1/a _i	Yüzeysel ısıtım katsayısı (iç)			0,130			
4,5	Alçı harçlı şap	0,020	1,200	0,017			
5.01.2001	Donatılı-Normal beton (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,120	2,500	0,048			
	Cam Yünü	0,100	0,035	2,857			
1/a _d	Yüzeysel ısıtım katsayısı (dış)			0,080			
TOPLAM				3,132	0,319	94,300	24,088
TT-1-Taban (Toprak Temaslı) B							
1/a _i	Yüzeysel ısıtım katsayısı (iç)			0,170			
1,8	Yapay Taşlar	0,005	1,300	0,004			
4,6	Çimento harçlı şap	0,030	1,400	0,021			
10.3.2.1.2	Ekstrüde polistiren köpüğü-TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥25; ısıtım iletkenlik grubu 035	0,050	0,035	1,429			
9.2.2.3	0,01 mm alüminyum folyolu bitümlü pestil	0,001	0,190	0,005			

5.01.2001	Donatılı- Normal beton (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,100	2,500	0,040			
	Dolgu Malzemesi	0,400	0,700	0,571			
5.01.2001	Donatılı- Normal beton (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,300	2,500	0,120			
5.01.2002	Donatısız- Normal beton (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,050	1,650	0,030			
9.2.2.4	Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran	0,001	0,190	0,005			
5.2.1.5	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 1114 e uygun agregalarla)	0,100	0,620	0,161			
2,1	Kum, kum - çakıl	0,100	2,000	0,050			
1/ad	Yüzey ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM				2,607	0,384	94,300	18,083
PENCERE					2,4	16,8	40,320
KAPI					3,5	2,1	7,350
GENEL TOPLAM (W/K)							140,550

Tablo özetlenecek olursa her bir katman için Isıl Geçirgenlik Katsayıları (U);

- DH-1-Duvar (Dış Hava Teması) için $U_{DH-1} = 0,483 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

- DH-2-Duvar (Dış Hava Temaslı-Kolon) için $U_{DH-2} = 0,566 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
- DH-3-Duvar (Dış Hava Temaslı-Kiriş) için $U_{DH-3} = 0,573 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
- TD-Trombe Duvar için $U_{TD} = 1,028 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
- CC-1-Tavan (Üzeri Çatılı) için $U_{CC-1} = 0,319 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
- TT-1-Taban (Toprak Temaslı) için $U_{TT-1} = 0,384 \frac{W}{m^2 \cdot K}$ bulunmuştur. Ayrıca;
- Pencere için $U_P = 2,400 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
- Kapılar için $U_K = 3,500 \frac{W}{m^2 \cdot K}$ kullanılmıştır.

Tasarıma göre her bir katmanın alan hesapları yapıldığında;

- Toplam dış duvar alanı (A_{DD}) = 45,66 m²
- Toplam betonarme kolon alanı (A_{BS}) = 14,56 m²
- Toplam betonarme kiriş alanı (A_{BK}) = 14,972 m²
- Toplam Trombe duvar alanı (A_{TD}) = 11,50 m²
- Toplam Tavan alanı (A_T) = 94,30 m²
- Toplam Taban alanı (A_t) = 94,30 m²
- Toplam Pencere alanı (A_P) = 16,80 m²
- Toplam Kapı alanı (A_K) = 2,10 m² olarak bulunmuştur.

Binanın toplam özgül ısı kaybının (H) hesabı aşağıdaki (4.3) eşitliği ile hesaplanır.

$$H = H_T + H_v \quad (4.3)$$

Burada;

H: Binaın toplam özgül ısı kaybı (W/K)

H_T: İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen özgül ısı kaybı (W/K)

H_v: Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının hesabını ifade etmektedir. (W/K)

İletim ve Taşınım Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybını Hesabı

(4.3) eşitliğinde yer alan H_T (4.4) eşitliği ile bulunur.

$$H_T = \Sigma AU + IU_l \quad (4.4)$$

Burada yer alan ΣAU ise (4.5) eşitliği ile;

$$\begin{aligned} \Sigma AU = & U_{DH-1} \cdot A_{DD} + U_{DH-2} \cdot A_{BS} + U_{DH-3} \cdot A_{BK} + U_{TD} \cdot A_{TD} + 0,8 \cdot U_{CC-1} \cdot A_T \\ & + 0,5 \cdot U_{TT-1} \cdot A_t + U_P \cdot A_P + U_K \cdot A_K \end{aligned} \quad (4.5)$$

Tablo 4.1’de hesaplanan veriler yerine yazılırsa;

$$\Sigma AU = 0,483 \cdot 45,66 + 0,566 \cdot 14,56 + 0,573 \cdot 14,972 + 1,028 \cdot 11,50 + 0,8 \cdot 0,319 \\ \cdot 94,30 + 0,5 \cdot 0,384 \cdot 94,30 + 2,400 \cdot 16,80 + 3,500 \cdot 2,10$$

$$\Sigma AU = 140,55 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Binada ısı köprüsü olamadığını kabul edilirse Eşitlik (4.4)’deki $IU_I = 0$ olacağından H_T ;

$$H_T = \Sigma AU + IU_I \rightarrow H_T = 140,55 + 0$$

$$H_T = 140,55 \frac{W}{K}$$

olarak bulunur.

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının hesabı ise;

$$H_V = \rho \cdot c \cdot V' \quad (4.6)$$

“Doğal havalandırmada, ‘ ρ ’ ve ‘ c ’ sıcaklık ve basınca bağlı olarak az da olsa değişir, fakat aşağıdaki denklemde bu durum ihmal edilmiştir. Alınan değerler 20 °C ve 100 kPa içindir. Giren ve çıkan hava arasındaki entalpi artışı ihmal edilmiştir. 0,33 katsayısının hesabında kullanılan eşitlik aşağıdaki (4.6) eşitliğinde verilmiştir.” (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825).

$$(\rho \cdot c / 3600) = (1,184 \cdot 1006 / 3600) = 0,33 \text{ Jh/m}^3 \text{ Ks} = 0,33 \text{ Wh/m}^3 \text{ K}$$

Buradan;

$$H_V = \rho \cdot c \cdot V' = \rho \cdot c \cdot n_h \cdot V_h = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h \text{ olur.}$$

Binanın brüt hacmi ($V_{brüt}$) 264,4 m³ dür.

$$V_h = 0,8 \cdot V_{brüt} = 0,8 \cdot 264,4 = 211,52 \text{ m}^3$$

Doğal havalandırma yapılan binalarda verim (n_h) 0,8 olarak alınır. Buna göre;

$$H_V = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = 0,33 \cdot 0,8 \cdot 211,52 = 55,84 \frac{W}{K}$$

Özgül Isı Kaybı

$$H = H_T + H_V = 140,55 + 55,84 = 196,39 \frac{W}{K}$$

Net ısı kaybını hesaplayabilmek için evdeki iç ve dış ısı kazançlarının da hesaplanması gerekir. Buna göre Aylık Ortalama İç Kazançların ($\Phi_{i,ay}$) hesaplanmasında aşağıdaki faktörler dahil edilmelidir.

- İnsanlardan kaynaklanan metabolik ısı kazançları,
- Sıcak su sisteminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Yemek pişirme işleminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Aydınlatma sisteminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Binalarda kullanılan muhtelif elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı kazançları

(T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825).

“Ortalama değerler ile çalışılması hâlinde, aydınlatma dışındaki ortalama değerler yıl boyunca hemen hemen sabittir. Bu standartta aydınlatmadan kaynaklanan kazançlar da sabit kabul edilmiştir ve her bir kaynak için alınacak değerler aşağıda verilmiştir.” (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825).

“Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı (büro binaları vb.) binalarda iç kazançlar olarak birim kullanım alanı başına en fazla 5 W/m² alınırken; yemek fabrikaları gibi pişirme işleminin ağırlıklı olduğu binalarda, normalin üstünde elektrikli cihaz çalıştırılan binalarda (aydınlatmanın sadece elektrikle sağlandığı binalar, tekstil atölyeleri, vb.) veya etrafa ısı veren sanayi cihazların kullanıldığı binalarda, iç kazançlar için birim döşeme alanı başına en fazla 10 W/m² değeri alınır.” (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825).

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı binalarda $\Phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)

Yüksek iç enerji kazançlı binalarda $\Phi_{i,ay} \leq 10 \cdot A_n$ (W)

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı binalarda aylık ortalama iç kazançları hesaplamak için;

$$\Phi_{i,ay} = 5 \cdot A_n \quad (4.7)$$

Eşitliği kullanılır.

$$A_n = 0,32 \cdot V_{brüt} = 0,32 \cdot 264,4 = 84,49 \text{ m}^2$$

$$\Phi_{i,ay} = 5 \cdot 84,49 = 422,46 \text{ W}$$

Evin dış ısı kazancı olarak güneş enerji kazancı alınır ve Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları ($\Phi_{s,ay}$);

“Bu madde pencerelerden sağlanan doğrudan güneş ışıınının hesaplanmasını tarif etmektedir. Pasif güneş enerjisi sistemlerinden sağlanacak kazançlar ihmal edilmiştir.” (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825).

Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı ($\Phi_{s,ay}$) aşağıdaki (4.8) eşitlikle hesaplanır.

$$\Phi_{s,ay} = \sum r_{i,ay} \cdot g_{i,ay} \cdot I_{i,ay} \cdot A_i \quad (4.8)$$

Burada;

$r_{i,ay}$: “i” yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü,

$g_{i,ay}$: “i” yönünde saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü,

$I_{i,ay}$: “i” yönüne dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışıınını şiddeti (W/m^2),

A_i : “i” yönündeki toplam pencere alanı (m^2)’dir (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825).

Ayrık (müstakil) ve/veya az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yönlerde Tablo 4.2’den $r_{i,ay}$ 0,8 alınır.

Tablo 4.2 Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü ($r_{i,ay}$) (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825)

	$r_{i,ay}$
Ayrık (müstakil) ve/veya az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yönlerde	0,8
Ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmenin olduğu ve/veya 10 kata kadar yükseklikteki binaların bulunduğu yönlerde	0,6
Bitişik nizam ve/veya 10 kattan daha yüksek binaların bulunduğu yönlerde	0,5

Güneş enerjisi geçirme faktörü (4.9) eşitliğiyle hesaplanır.

$$g_{i,ay} = F_w \cdot g_{\perp} \quad (4.9)$$

F_w : Camlar için düzeltme faktörüdür. $F_w = 0,8$ alınır.

$g_{\perp}$: Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörüdür. Tablo 4.3’den renksiz yalıtım camı birimi için 0,75 alınır (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825).

Tablo 4.3 Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825)

Cam türü	$g_{\perp}$
Renksiz tek cam için	0,85
Renksiz yalıtım camı birimi için	0,75
Isıl geçirgenlik katsayısı 2 W/m^2 daha küçük olan diğer ısı yalıtım birimleri için	0,50

Verilenler (4.9) eşitliğinde yerine yazılırsa;

$$g_{i,ay} = 0,8 \cdot 0,75 = 0,6 \text{ olur.}$$

Tablo 4.4 Farklı derece gün (dg) bölgeleri için ısı kaybı ve yoğunlaşma hesaplamalarında kullanılacak aylık ortalama dış sıcaklık değerleri [Φ_e (°C)] (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825)

Aylar	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge
Ocak	8,4	2,9	-0,3	-5,4
Şubat	9,0	4,4	0,1	-4,7
Mart	11,6	7,3	4,1	0,3
Nisan	15,8	12,8	10,1	7,9
Mayıs	21,2	18,0	14,4	12,8
Haziran	26,3	22,5	18,5	17,3
Temmuz	28,7	24,9	21,7	21,4
Ağustos	27,6	24,3	21,2	21,1
Eylül	23,5	19,9	17,2	16,5
Ekim	18,5	14,1	11,6	10,3
Kasım	13,0	8,5	5,6	3,1
Aralık	9,3	3,8	1,3	-2,8

Binanın tasarladığı il olan Sinop 2. Bölgededir ve Tablo 4.4’de görüldüğü gibi 2. Bölgedeki değerler alınarak hesaplar yapılacaktır.

Tablo 4.5 Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışımasını şiddeti değerleri (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825)

Aylar	$I_{güney}$ (W/m ²)	I_{kuzey} (W/m ²)	$I_{batı/doğu}$ (W/m ²)
Ocak	72	26	43
Şubat	84	37	57
Mart	87	52	77
Nisan	90	66	90
Mayıs	92	79	114
Haziran	95	83	122
Temmuz	93	81	118

Ağustos	93	73	106
Eylül	89	57	81
Ekim	82	40	59
Kasım	67	27	41
Aralık	64	22	37

Binadaki her yön için pencere alanları aşağıdaki gibidir;

$$A_{güney} = 2,1 \text{ m}^2, A_{doğu} = 4,2 \text{ m}^2, A_{kuzey} = 2,94 \text{ m}^2, A_{batı} = 7,56 \text{ m}^2$$

Örnek olarak; Eşitlik (4.8) Ocak ayı için cephelere göre yeniden düzenlenir ve Tablo 4.5’de yer alan değerleri yenine yazılacak olursa Ocak ayı için aylık ortalama güneş enerjisi kazancı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\Phi_{s,ocak} = r_{i,ocak} \cdot g_{i,ocak} \cdot [I_{kuzey,ocak} \cdot A_{kuzey} + I_{batı,ocak} \cdot A_{batı} + I_{güney,ocak} \cdot A_{güney} + I_{doğu,ocak} \cdot A_{doğu}]$$

$$\Phi_{s,ocak} = 0,8 \cdot 0,6 \cdot [(72 \cdot 2,1) + (43 \cdot 4,2) + (26 \cdot 2,94) + (43 \cdot 7,56)]$$

$$\Phi_{s,ocak} = 351,99 \text{ W}$$

Kazanç Kullanım Faktörü (KKO_{ay}) hesabı;

$$KKO_{ay} = \frac{\Phi_{s,ay} + \Phi_{i,ay}}{[H \cdot x \cdot (T_{i,ay} - T_{d,ay})]} \quad (4.10)$$

Binalar için hesaplamalarda kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık değeri konutlar için (T_{i,ay}) 19°C alınır.

Aylık ortalama dış sıcaklık (T_{d,ay}) değerleri için ise her ay için tablodan değerler seçilir. Ocak ayı için T_{d,ocak} değeri Tablo 4.4’den 2. Bölge için 2,9 °C’dir. (4.10) eşitliğinde hesaplanan değerler ile tablodaki veriler yerine yazılırsa;

$$KKO_{ocak} = (351,99 + 422,46)/[196,39 \cdot (19 - 2,9)]$$

$$KKO_{ocak} = 0,24$$

Kazanç Kullanım Faktörü (η_{ay})

$$\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}} \quad (4.11)$$

$$\eta_{ocak} = 1 - e^{-1/0,24}$$

$$\eta_{ocak} = 0,983$$

Toplam Aylık Isıtma Enerjisi Gereksinimi (Q_{ay})

$$Q_{ay} = [H \cdot x \cdot (T_{i,ay} - T_{d,ay}) - \eta_{ay} \cdot (\Phi_{s,ay} + \Phi_{i,ay})] \cdot t \quad (4.12)$$

Hesaplanan değerler (4.12) eşitliğinde yerine yazılırsa;

$$Q_{ocak} = [196,39 \cdot (19 - 2,9) - 0,983 \cdot (351,99 + 422,46)] \cdot (J/sn) \cdot 31g \cdot 24s \cdot 60dk \\ \cdot 60sn \cdot 0,001kJ/J$$

$Q_{ocak} = 6\,429\,446,15\,kJ$ olarak Ocak ayı için bulunmuş olur.

Bu işlemler her ay için ayrı ayrı hesaplanmış ve çıkan sonuçlar Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6 Aylara göre hesaplanan ısıtma enerjisi ihtiyacı

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H=H_i + H_v$	$T_i - T_d$	$H \cdot (T_i - T_d)$	Φ_i	Φ_s	$\Phi_T = \Phi_i + \Phi_s$			
	(W/K)	(K, °C)	(W)	(W)	(W)	(W)			
Ocak	196,39	16,1	3162	422,46	351,99	774,46	0,24	0,983	6429446,15
Şubat	196,39	14,6	2867	422,46	458,64	881,10	0,31	0,961	4887293,76
Mart	196,39	11,7	2298	422,46	595,73	1018,19	0,44	0,895	3712717,93
Nisan	196,39	6,2	1218	422,46	691,89	1114,36	0,92	0,665	1236202,26
Mayıs	196,39	1,0	196	422,46	847,73	1270,19	6,47	0,143	38647,24
Haziran	196,39	T_d yüksek	(-)	422,46	901,56	1324,02	(-)	(-)	0,00
Temmuz	196,39	T_d yüksek	(-)	422,46	874,14	1296,60	(-)	(-)	0,00
Ağustos	196,39	T_d yüksek	(-)	422,46	795,11	1217,57	(-)	(-)	0,00
Eylül	196,39	T_d yüksek	(-)	422,46	627,38	1049,84	(-)	(-)	0,00
Ekim	196,39	4,9	962	422,46	472,15	894,61	0,93	0,659	998567,87
Kasım	196,39	10,5	2062	422,46	337,08	759,54	0,37	0,934	3506573,27
Aralık	196,39	15,2	2985	422,46	304,42	726,88	0,24	0,984	6080538,72

Aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçları (4.13) eşitliğindeki gibi toplanarak yıllık ısı enerjisi ihtiyacı hesaplanabilir.

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \quad (4.13)$$

$Q_{yıl} = 26\,889\,987,21\,kJ$ olarak yıllık toplam ısı kaybı hesaplanmıştır. İç mekanın yaşam standardına uygun olan sıcaklık değerinde (19 °C) tutulabilmesi için en az bu kayıp enerji kadar ısı enerjisinin mekan içine verilmesi gerekmektedir.

Bu değer kWh cinsinden yazılmak istenirse;

$$Q_{yıl} = 26\,889\,987,21 \cdot \frac{1}{60dk \cdot 60sn} = 7\,475,42 \text{ kWh}$$

Binadaki kullanım alanı (A_n) başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (4.14) eşitliğinde gösterildiği hesaplanırsa;

$$Q = \frac{Q_{yıl}}{A_n} \quad (4.14)$$

$$Q = 7475,42 / 84,49 = 88,47 \text{ kWh/m}^2$$

Değer yönetmeliğe uygunluk açısından kontrol edilmek istenirse;

Tasarlanan yeşil evin ısı kayıp hesaplamalarında yer alan ve Tablo 4.1’de özetlenmiş ısı kaybedilen yüzey alanları toplanarak ısı kaybedilen toplam yüzey alanları (A_{top}) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$A_{top} = 45,66 + 14,56 + 14,972 + 11,50 + 94,30 + 94,30 = 294,192 \text{ m}^2$$

Bu alanın yeşil evin brüt hacmine oranı ($V_{brüt}$) ise;

$$A_{top}/V_{brüt} = 294,192/264,4 = 1,114 \text{’dür.}$$

Hesaplanan bu değer oranı 2. bölge için standartlaştırılmış olan Tablo 4.7’de yer alan 1,05’den büyük olduğu için ilgili sütundaki değerler ile hesaplanan Q değeri kıyaslanmıştır. 2. Bölgede yer alan Sinop için tablodan bakıldığında Q_{DG} değerinin maksimum 97,90 kWh/m² olması gerektiği görülmektedir.

Tablo 4.7 En büyük ve en küçük $A_{top}/V_{brüt}$ oranları için ısıtma enerjisi değerleri (T.C. Resmi Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825)

Bölgeler	Karşılaştırma türü	Yıllık birim alan Isıtma Enerjisi Q (kWh/m ² , yıl)	
		$A_n/V_{Brüt} < 0,2$ için	$A_n/V_{Brüt} > 1,05$ için
1. Bölge	A_n ile ilişkili	19,2	56,7
	$V_{Brüt}$ ile ilişkili	6,2	18,2
2. Bölge	A_n ile ilişkili	38,4	97,9
	$V_{Brüt}$ ile ilişkili	12,3	31,3
3. Bölge	A_n ile ilişkili	51,7	116,5
	$V_{Brüt}$ ile ilişkili	16,6	37,3
4. Bölge	A_n ile ilişkili	67,3	137,6
	$V_{Brüt}$ ile ilişkili	21,6	44,1

Sonuç olarak hesaplanan Q değerine bir uygunluk değerlendirmesi yapılır. Şayet bu Q değeri Q_{DG} değerinden küçük ise seçilen ve tasarlanan yalıtım uygulamasının uygun olduğu anlamına gelir. Yapılan ısı kayıp hesaplamalarında yeşil evin Q değeri 88,47 kWh/m² olduğu ve bu değer 97,90 kWh/m²'den küçük olduğu tespit edilmiştir. Buna göre proje, bu standartta verilen hesap metoduna göre uygundur.

4.2.2 Trombe duvardan ısı kazancı hesabı

Yapılarda güneş ışınlarından ısı kazanmak için yapılan Trombe Duvarlarda ısı kazancı hesapları detaylı ve karmaşıktır. Bu çalışmada tasarlanan yeşil ev için kullanılması düşünülen trombe duvarın yapısal ve fiziksel özellikleri Fatih ÖZTÜRK tarafından 2011 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi'nde yapılmış olan yüksek lisans tezindeki tasarımla uyushmaktadır. Aynı zamanda İstanbul İlinin Sinop İliyle olan iklim şartlarındaki, güneşlenme süresi ve güneş ışınımı değerlerindeki benzerlik ve her iki ilin 2. Bölgede olduğu görölmektedir. Bu bağlamda benzer hesapların tekrar yapılması yerine ilgili tezdeki değerlerin kullanılmasına karar verilmiştir. İlgili tez çalışmasında 33 m² alana sahip trombe duvarından elde edilen enerji kazancının 21 819 850 kJ/yıl olarak hesaplandığı görölmüştür (Öztürk, 2011).

Bu tasarımda kullanılan trombe duvarın ilgili tez çalışmasıyla tek farkı yüzey alanıdır. Bunun için öncelikle metre kare başına kazanılan enerji hesaplanıp tasarımdaki trombe yüzey alanı ile çarpılarak yeşil evdeki trombe duvarın tahmini ısı kazancı hesaplanabilir. Buna göre;

Trombe duvar alanı 11,5 m² ise;

$$21\,819\,850 \cdot \frac{11,5}{33} = 7\,273\,283,33 \text{ kJ/yıl değeri elde edilir.}$$

Bu bina için trombe duvardan elde edilen tahmini enerji kazancının 7 273 283,33 kJ/yıl olduğu bulunmuştur. Bu değer kWh cinsinden yazılmak istenirse;

$$Q_{T,yıl} = 7\,273\,283,33 \cdot \frac{1}{60dk \cdot 60sn} = 7\,475,42 \text{ kWh}$$

Binadaki kullanım alanı (A_n) başına düşen yıllık enerji kazancı ise;

$$Q = 7\,475,42 / 84,49 = 23,91 \text{ kWh/m}^2 \text{ bulunur.}$$

Trombe duvar yapısal olarak ısı iletim katsayısı diğer cephelerdeki duvarlara göre yüksek olduğundan güneşli havanın olmadığı dönemlerde ve gecelerde ısı kaybını azaltmak için trombe duvara özel yalıtım örtüleriyle kaplanmalıdır. Bu durum hesaplamalara dahil edilmemiştir.

Bütün yıl için trombe duvarın ısı kazancını trombe duvardan kaynaklanan ısı kaybı ile karşılaştırmak istenirse; Tablo 4.4’de 2. Bölge için ısı kaybının yaşanacağı dış sıcaklığın 19 °C’den düşük olduğu ayların dış sıcaklıklarının ortalaması belirlenir. Isı kaybının olacağı sekiz ay için ortalama dış sıcaklık değeri 8,98 °C’dir. Tablo 4.1’den görüldüğü üzere trombe duvar için özgül ısı kaybı ise 11,822 W/K’dir. Yıl içindeki trombe duvarının toplam ısı kaybı (4.15) eşitliğiyle hesaplanırsa;

$$Q_{TD} = [U_{TD} \cdot (T_i - T_d)] \cdot t \quad (4.15)$$

$$Q_{TD} = [11,822 \cdot (19 - 8,98)] \cdot 8 \cdot 30 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60$$

$$Q_{TD} = 2\,456\,312\,740 \text{ W/yıl} = 2\,456\,312,74 \text{ kW/yıl bulunur.}$$

Trombe duvarından kazanılan ısı kazancı, trombe duvarından kaybedilen ısı kaybına oranlanırsa;

$$7\,273\,283,33 / 2\,456\,312,74 = 2,96$$

Isı kazancının ısı kaybının yaklaşık üç katı olduğu görülmekte ve bu da trombe duvar imalatının yeşil eve ısı kazancı sağlayacağı ve verimli olduğunu göstermektedir.

4.2.3 Isı pompası hesapları

Önceki bölümlerde ısı kayıp ve kazançları hesaplanmıştır. Yeşil ev tasarımında ısıtma enerjisinin yenilenebilir kaynaklardan ve daha düşük enerji ile elde edilebilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda güney cepheye yerleştirilen trombe duvar ile ısı kazancı güneşten alınmıştır. Geriye kalan ısı enerjisi kazancı ise daha düşük enerji ile çalışan ısı pompalarından yararlanılması düşünülmüştür. Isı pompası seçiminde en soğuk olan ocak ayındaki veriler dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu bağlamda tasarımın net ısı kaybı hesaplanırsa;

Ocak ayı için ısı enerjisi kaybı: 6 429 446,15 kJ

Ocak ayı için Trombe duvar kazancı alansal olarak oranlanıp tahmini bir değer alınırsa (Öztürk, 2011): 2 169 473,33 kJ

Ocak ayı için net ısı kaybı ise: 4 259 972,82 kJ olarak bulunur. Aynı zamanda bu değer Ocak ayı için mekanın ihtiyacı olan ısı enerjisini ifade eder.

Isı pompaları üretebileceği kW cinsinden maksimum ısı enerjisine göre kategorize edilmektedir. Buna göre net ısı farkı kW'a çevrilecek olunursa;

$$Q_{ocak} = 4\,259\,972,82 \text{ kJ} \cdot \frac{1}{31g \cdot 24 \cdot 60dk \cdot 60sn} = 1,59 \text{ kW}$$

Sonuç olarak bulunan bu değer evin Ocak ayında ısınması için gerekli olan minimum ısı ihtiyacıdır.

Isı pompaları sadece evin mekan ısıtılmasında değil aynı zamanda kullanım amaçlı sıcak suyun temin edilmesinde de kullanılmaktadır. Bu nedenle ısı pompası seçiminde kullanım amaçlı ısıtılacak suyun enerjisi de hesaplanmalıdır.

Yaklaşık olarak sıcak su hesabı için; ısı pompası için seçilecek boylerin serpantin yüzeyi diğer boylerlere göre daha fazla olmak zorundadır. Isıtma sistemlerinde 80°C ısıtma suyu sıcaklığıyla boylerler rejime girmeye çalışırken, ısı pompası sistemlerinde maksimum 63°C ısıtma suyu sıcaklığı, en yüksek ΔT 10°C ile boyleri rejime sokmaya çalışır. Bu durumdan dolayı yüksek sıcak su kullanımlarında ısı pompası sistemlerinde depolama miktarı da yüksek tutulmalıdır (Demirdöküm 2020).

Tablo 4.8 Kullanım yerleri için ani sıcaklık su ihtiyaç değerleri (TS 1258 temiz su tesisatı hesap kuralları)

	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	160-136	-	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

Boylar hesabı ile ilgili kullanılacak tüketim değerleri Tablo 4.8'de verilmiş ve en düşük ve en yüksek ani kullanım değerlerini göstermektedir. Sistemin beslediği kullanma yerlerinin hepsinin aynı anda çalışma olasılığı çok düşüktür. Örneğin bir konuttaki tüm duş, lavabo ve eviyelerin aynı zaman diliminde açık olması, çok düşük bir olasılıktır. Bu durum göz önüne alınarak yapı cinsine göre kullanma eş zaman faktörü tariflenmiştir.

Günümüz çamaşır ve bulaşık makinalarında sıcak su girişleri bulunmadığından boyler hesabına dahil edilmemiştir. Bu projedeki tüketim değerleri Tablo 4.9’da gösterilmiştir ve gerekli hesaplar yapılmıştır. Hesaplamalara göre gerekli sıcak su ihtiyacı saatte 79,38 lt olarak bulunmuştur.

Tablo 4.9 Evin sıcak su kapasite çizelgesi

Armatür	Adet	Sarfiyat (lt/h)	Toplam Sarfiyat(lt/h)
Lavabo	1	8	8
Duş	1	250	250
Eviye	1	40	40
Toplam			298
Kullanma Eş Faktörü (0,3) dahil edildiğinde			89,4
Depolama Faktörü (0,7) dahil edildiğinde			62,58

Sıcak su ihtiyacı belirlendikten sonra, bu miktardaki suyu ısıtacak bir ısı kaynağına gereksinim vardır. Verilen katsayılar standart bir daire ve 50 °C depolama için belirlenmiş ve standart daire ortalama kişi sayısı 4 olarak düşünülmüştür. Kullanma eş faktörü TS 1258 göre 0,3 olarak alınmıştır. Buna göre ısıtıcının ısıtma yükü hesabı için gereken sıcak su miktarı 89,4 lt/h olarak belirlenmiştir.

Boylar için gerekli enerji miktarını bulmak için sisteme giriş yapacak şebeke suyunun sıcaklığını belirlemek gerekmektedir. Tablo 4.10’da Sinop İli için aylara göre şebeke suyu sıcaklıkları verilmiş ve bunun ortalaması alınmıştır. Şebeke suyu sıcaklığı 15,64 °C olarak seçilmiştir.

Tablo 4.10 Sinop İli için aylara göre şebeke suyu sıcaklığı (°C) (Harran Üniversitesi, 2019)

Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
10,1	9,1	9,5	11,6	15,2	17,2	21,5	23,6	22,0	19,0	16,1	12,8	15,64

Boylar için gerekli enerji miktarı (4.16) eşitliğiyle bulunmak istenirse;

$$Q_{su} = m \cdot c_{su} \cdot \Delta T = \rho_{su} \cdot V_{su} \cdot c_{su} \cdot (T_{çıkış} - T_{giriş}) \quad (4.16)$$

ρ_{su} : Suyun yoğunluğu (1000 kg/m³)

V_{su} : Hesaplanan sıcak su ihtiyacının hacmi (89,4 lt/h = 0,0894 m³/h)

c_{su} : Suyun özgül ısısı (4,184 kJ/kg°C)

ΔT : Sıcaklık farkı ($T_{çıkış} - T_{giriş}$)

$T_{\text{çıkış}}$: Su çıkış sıcaklığı (Boylerde üretilmesi istenen su sıcaklığı) (°C)

$T_{\text{giriş}}$: Su giriş sıcaklığı (Şebeke suyu sıcaklığı) (°C)

Q_{su} : Sıcak su temini için gerekli olan enerji

$$Q_{su} = 1000 \cdot 0,0894 \cdot 4,184 \cdot (50 - 15,64) = 12\,852,34 \text{ kJ/h}$$

$$Q_{su} = 12\,852,34/3600 = 3,57 \text{ kW}$$

Olarak bulunur.

Boyler tankının boyutu için depolama faktörü TS 1258 göre 0,7 olarak alınarak minimum gereken tank hacmi 62,58 lt olarak belirlenmiştir. Sonuca göre 100 litrelik tek serpantinli bir boylerin kullanım için yeterli olacağı düşünülmektedir.

Isı pompaları kaynağına göre üç farklı şekilde tasarlanmaktadır. Bunlar hava, su ve toprak kaynaklı olmak üzere kendi aralarında ayrılmaktadır. Yapının yapılacağı her arsada su kaynağı bulunamayacağı için daha çok toprak temaslı ve hava temaslı ısı pompaları tercih edilmektedir. Toprak temaslı sistemler için de yeterli arazi ve yüksek maliyetli ilk yatırımlar gerekmektedir. Fakat çok soğuk mevsim geçiren bölgelerde avantajları yüksektir ve tercih edilmesi gereken sistemdir. Hava temaslı sistemlerin ise tasarımı, maliyeti ve uygulanabilirliği daha uygundur. Aşırı soğuk ve aşırı sıcak olmayan iklimlere sahip yerlerde kullanımı daha rahat, ekonomik ve maliyetin geri dönüşümü daha kısadır. Bu sebeple orta ve güney Avrupa'da kullanımı yaygındır.

Hava, ısı pompası sistemleri için en ucuz ve bol bir ısı kaynağıdır. En büyük avantajlarıysa daima bulunabilmesi, her ortamda ve her yerde kullanılabilmesi, kullanılan ekipmanların ve araçların makul, uygun boyutlarda olması ve düşük tesis ve işletme maliyetleri gerektirmesidir. Bu sistemler, dışarıda bulunan havayı; ısıtma, soğutma veya kullanım sıcak suyu için enerji kaynağı olarak kullanır. Isı enerjisinin dağıtımı genellikle bir hidrolik dağıtım sistemi (air/water) veya bir fan (air/air) yardımıyla yapılır. Ilıman iklimler için geliştirilen bu sistem gelişen teknolojiyle daha zorlu iklimlerde de kullanılmaya başlamıştır (Demirdöküm 2020).

Projede yapının bulunduğu yerin iklimi ve sınırlı arsa alanı göz önüne alındığında seçilen ısı pompası çeşidi hava kaynaklı olması gerektiği uygun görülmüştür. Isı pompaları ısıtma için kullanıldığı gibi soğutma için de kullanılmaktadır. Sinop İli için yazın soğutma sistemi gerektirecek iklim şartları olmadığı için soğutma için ilave bir sisteme veya

maliyete gerek duyulmamıştır. Bu sebeple soğutma için hesap yapılmayacaktır. Aşırı ısıcağın olacağı zamanlarda doğal havalandırma ve doğal hava sirkülasyonu yeterlidir.

Yapılan mekan ısıtması ve boyler hesaplarına göre en yüksek enerji ihtiyacının 3,57 kW olduğu tespit edilmiştir. Isı pompası seçimini bu değer dikkate alınarak yapılmıştır. Bunun için örnek olarak DemirDöküm firmasına ait katalog incelenmiştir. Cihaz seçiminde, bölgede görülen en düşük dış hava sıcaklığı, tesisat çalışma sıcaklığı ve kompresör devrine göre cihaz kapasitesi belirlenmektedir. Cihaz kapasitesi belirlenirken en yüksek kompresör hızı alınır. Bu belirlemeleri yapmak için il ve ilçe bazında görülen en düşük dış hava sıcaklıkları ve kapasite tablolarına göre seçimler yapılır. İlgili tablolar tez sonunda Ekler bölümünde EK 3 ve EK 4’de verilmiştir.

Sinop İli için EK 3’deki tabloya bakıldığında en düşük ortalama dış hava sıcaklık değerinin -3 °C olduğu görülmektedir. Katalogdan firmaya ait MaxiAir Plus’ın 5 kW’lık ısıtma kapasitesi 55-47 °C modelinde 100 rps kompresör hızı seçilmiştir. Bu ısı pompası modeli için EK 4’e bakıldığında ise 4,4 kW’lık ısıtma sağladığı görülmektedir. Hesaplamalarda bulunan maksimum ısı enerjisi ihtiyacı olan 3,57 kW’dan büyük olduğu için bu değer yeterli olmaktadır.

Isı pompası radyatör hesabında yaklaşık 900 W/m güce sahip 55/45 Tip 22 panel radyatör seçilerek toplam ne kadar uzunlukta radyatör ihtiyacı olunduğu hesaplanmak istenirse;

$$(yaklaşık\ ısı\ kaybı)/(radyatör\ gücü) = (1,59\ kW)/(0,9\ kW/m) = 1,77\ m$$

Yaklaşık toplam 1,8 m uzunluğunda radyatör ihtiyacı vardır.

4.3 Elektrik Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması

Evin; ısıtma, aydınlatma, buzdolabı, çamaşır makinesi, televizyon gibi kaynaklanan elektrik tüketimi toplamının bulunması gerekmektedir. Tablo 4.11’de görüldüğü gibi cihazların haftanın kaç günü kullanıldığı ve bu kullanılan günlerde kaç saat kullanıldığı gösterilmiştir. Hesaplamalara göre tabloda gösterilen ev içindeki cihazların günlük ortalama elektrik tüketimi yaklaşık 7437 W olarak bulunmaktadır.

Tablo 4.11 Evde kullanılan cihazların elektrik tüketimi

Cihaz türleri	Güç (Watt)	Adet	Çalışma süresi (saat)	Haftalık kullanım sayısı	Günlük enerji tüketimi (W/gün)	Aylık ortalama enerji tüketimi (W/ay)
Buzdolabı (A+)	44	1	24	7	1056	31680
Çamaşır Makinesi(A+)	303	1	2,9	3	376,59	11297,57
Bulaşık Makinesi(A+)	510	1	2,16	3	472,11	14163,43
Bilgisayar (PC)	200	1	3	7	600	18000
Dizüstü Bilgisayar	90	1	3	7	270	8100
Elektrikli Fırın	2500	1	1,5	2	1071,43	32142,86
Ütü	2600	1	2	2	1485,71	44571,43
Televizyon (LCD) (A+)	98	1	8	7	784	23520
Elektrik Süpürgesi	2000	1	0,8	2	457,14	13714,29
İç Aydınlatma	12	6	5	7	360	10800
Kettle	2200	1	0,2	7	440	13200
Telefon Şarjı	4	4	4	7	64	1920
TOPLAM (W)					7436,99	223109,57

Seçilen MaxiAir Plus 5 kW ısı pompasının saatte harcadığı efektif güç tüketimi EK 5'e bakıldığında 0,95 kW'dır. Soğuk kış ve bahar aylarında ortalama 12 saat çalıştığı düşünülürse, yaklaşık günde 11 400 W elektrik enerjisi harcamaktadır.

Tablo 4.11'de bulunan evdeki bulunan günlük toplam elektrik ihtiyacına ısı pompasının bu ihtiyacı eklenirse günlük ortalama toplam elektrik ihtiyacı (11400 W+7437 W) 18 837 W olarak hesaplanır. Bulunan bu toplam değer tasarlanan yeşil ev için günlük ortalama elektrik ihtiyacını ifade etmektedir. Yeşil ev tasarımında bu elektrik ihtiyacının hibrit bir sistem olan güneş ve rüzgar enerjilerinden karşılanması planlanmıştır. Buna göre ilk olarak rüzgar türbini seçimi yapılırsa;

Dikey eksenli rüzgar türbinlerinin Türkiye'de satışı sınırlı olduğu için ve rüzgar hızının Sinop İli için diğer illere göre daha fazla olması nedeniyle ev tipi olarak satılan yatay eksenli rüzgar türbinlerinin 2 kW'lık modellerinden seçilmiştir. Bu seçimi yaparken yeşil evin tasarlandığı Sinop için ortalama rüzgar hızlarından yararlanılmıştır. Yapılan bir tezde Sinop'ta ortalama rüzgar hızının 2,76 m/s olduğu ifade edilmiştir (Öztürk, 2019).

Bu şartlara uygun olarak seçilen 2000 W'lık rüzgar türbinine ait teknik özellikler Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.12 Seçilen rüzgar türbin özellikleri

Özellikler	Değerler
Değerlendirilen güç	2000W
Ağırlık	25 Kg
Desibel	40 dB
Başlangıç rüzgar hızı	2 m/s
Optimum rüzgar hızı	12-15 m/s
Amper	40 amper
Voltaj	48V-AC
Kanat ağırlığı	650 g (1 Kanat)
Kanat malzemesi	Kompozit
Kanat rotor çapı	220 cm
Kanat uzunluğu	107cm

Tablo 4.12'de görüldüğü gibi türbinin başlangıç rüzgar hızı Sinop'un ortalama hızından düşük kaldığı ve kullanılabilir olduğu görülmektedir. Yeşil ev projesinde çatının 2 köşesine rüzgar türbini konulması tasarlanmıştır. Yatay rüzgar türbinleri genellikle %25 ile %40 aralıktaki verimle çalışmaktadır. Seçilen rüzgar türbininin Sinop İli şartlarında %25'lik verimle çalıştığı düşünüldüğünde seçilen 2 rüzgar türbini saatte 4000 W yerine 1000 W'lık üretim sağlayacaktır. Günde 6 saat verimli çalıştığı düşünülürse, bu iki türbinden günde toplam 6000 W elektrik enerjisi üretililebilecektir.

Rüzgar enerjisinden elde edilmesi planlanan miktar 18 837 W olan toplam ihtiyaçtan düşüldüğünde güneş enerjisinden elde edilecek günlük elektrik enerjisi payı 12 837 W olması gerektiği hesaplanmıştır. Buna göre ticari olarak satılan güneş panelleri arasından teknik özellikleri Tablo 4.13'de verilen 260 W'lık polikristal panel kullanılması tercih edilmiştir.

Tablo 4.13 Seçilen panelin teknik özellikleri

Teknik Özellikleri	Değerler
Hücre Tipi:	Polikristal
Maksimum Güç	260 W
Maksimum Güç Voltajı:	31,0V
Maksimum Güç Akımı	8,54A
Açık Devre Voltajı Voc:	38,4V
Kısa Devre Akımı Isc	8,94A
Ağırlık	19,5 kg
Boyut:	1648x995x35 mm

Panelin maksimum güç değeri bir saatteki verebileceği maksimum değeri ifade eder. Panelin güneşlenme süresindeki verimi genellikle %20 olarak hesaplanır. Buna göre seçilen bu panelin biri ile saatte 52 W güç üretilebilmektedir. Günde bu panelden üretilebilecek toplam elektrik enerjisi güneşleme süresi ile çarpılarak bulunur. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre Sinop İlinin ortalama güneşlenme süresinin günde 5,4 saat olduğu tespit edilmiştir. Bu değer ile verime göre hesaplanan 52 W değeri çarpıldığında bir panelden bir günde üretilebilecek elektrik enerjisi değeri hesaplanabilmektedir. Bu değer 280,8 W olarak bulunur. Güneş enerjisinden ihtiyacımız olan değer bu değerle bölünerek ihtiyaç duyulan panel sayısı hesaplanır. Sonuç olarak;

$$Panel\ sayısı, n = \frac{12\ 837\ W}{280,8\ W} = 45,72' den$$

Yaklaşık 46 adet 260 W'lık polikristal panel kullanımı gerekmektedir.

Tasarıma göre 15 adet panelin çatının güney cephesine ve geri kalan 31 tanesi ise bahçeye konularak, sistemde bulunan diğer elemanların teknik özelliklerine uygun olarak seri ve paralel şekilde paneller birbirine bağlanmalıdır.

Bu hibrit sistemler on-grid ve off-grid olmak üzere iki şekilde kurulabilir. On-grid sistemler, şebekeye direk bağlı olarak çalışan ve elektrik ihtiyacının anlık durumuna göre alım ve satımını sağlayan sistemlerdir. Off-grid ise şebekeden bağımsız olarak aküler yardımıyla enerjinin depolanarak kullanıma olanak sağlayan sistemlerdir. Maliyet analizi bakımından düşünüldüğünde off-grid sistemlerin yeşil ev tasarımının ihtiyacı olan 18 837 W'lık enerji için yaklaşık 30 adet jel aküye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumun maliyeti arttırması ve yeşil evin elektrik şebeke hattının içinde tasarlanması nedeni ile on-grid

sistem tercih edilmiştir. Bu sistem sayesinde güneşlenme sürelerinin ve rüzgar hızlarının fazla olduğu dönemlerde elektrik dağıtım şirketlerine bir satış gerçekleştirilerek kazanç elde etmek mümkündür. Bu metot ile yatırım maliyetlerinin karşılanabileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda on-grid sistem ile bu tasarlanan hibrit enerji sisteminin günlük enerji sistemini karşılayamadığı zamanlarda şebekeden elektrik ihtiyacı karşılanabilir. Bütün bir yıl elektriğin alım ve satım dengesi açısından kazancın daha yüksek olacağı düşünülmektedir.

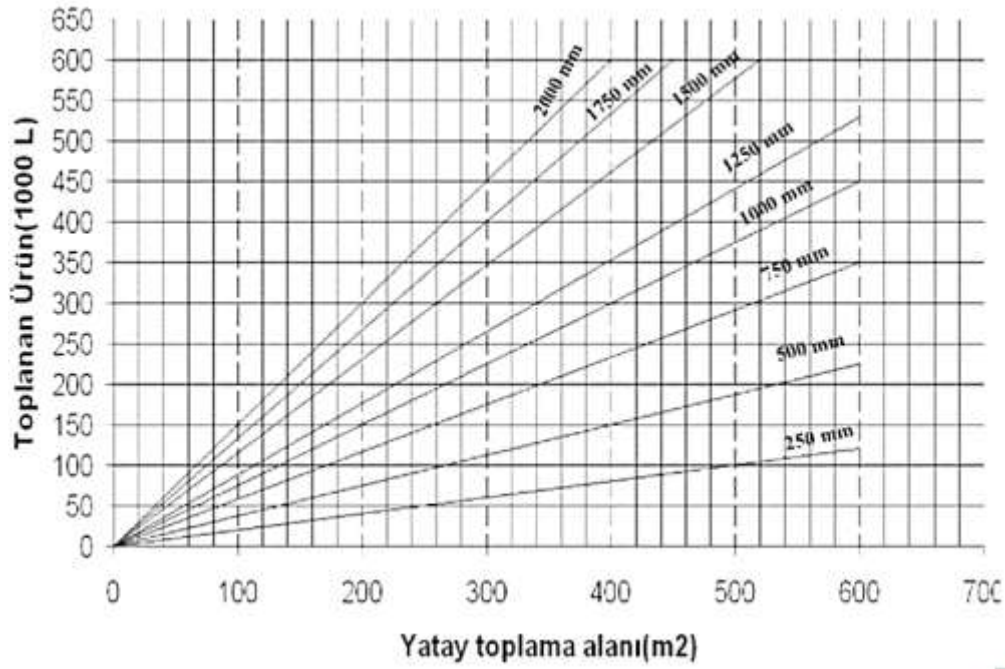
4.4 Yağmur Suyu Depolama Hesabı

Yağmur suyu kullanımı, yeşil binalar için özellikle tuvalet rezervuarlarında ve bahçe sulamada kullanılarak şebekeden kullanılan sudan büyük ölçüde tasarruf elde edilmektedir (Kantaroğlu, 2009). Tablo 4.14’de Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün verilerine göre, 1935- 2021 yılları arasındaki ölçümlerde Sinop’a düşen yıllık alansal yağış miktarı ortalaması 689,3 mm olarak ölçülmüştür. Tasarımı yapılan yeşil evin yatay çatı alanı yaklaşık 135 m²’dir.

Tablo 4.14 Sinop aylık yağış verileri (mm) (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022)

Ocak	Şubat	Mart	Mayıs	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
73,2	51,5	52,7	38,2	35,1	35,3	42,7	42,7	66,9	86,6	82,9	91	689,3

Şekil 4.2’deki grafikte yıllık yağış miktarı ile çatının alanı olan yatay toplama alanına karşılık toplanan yağmur suyu miktarı kesiştirildiğinde yıllık toplanan yağmur suyu miktarı yaklaşık 75 000 lt civarında bulunur.



Şekil 4.2 Yıllık yağış miktarı ve yatay toplama alanına karşılık toplanan ürün miktarı

Normal bir tuvalet rezervuarlarının kapasitesi 16 lt'dir. Bu miktar her kullanım için ciddi miktarda suyun israf edildiği demektir. Bu nedenle, yeşil binada kullanılan tuvalet rezervuarlarının kapasitesi 7 lt olarak tercih edilmiştir.

Bir kişinin günde 3 kez tuvaleti kullandığı ve evde 4 kişinin yaşadığı kabul edilirse, evde günlük 84 lt su, tuvalet rezervuarında kullanılmaktadır. Bahçe sulama içinse günlük su kullanım miktarı 11 lt olarak kabul edilmiştir. Bu kabullerle birlikte, su tüketimi günlük 95 lt, aylık 2 850 lt ve yıllık 34 675 lt olarak belirlenmiştir. Çatının toplayabileceği su miktarı 75 000 lt ise, tuvalet rezervuarı ve bahçe sulamada kullanılan suyun yağmur suyundan temin edilebileceği hesaplanmıştır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün verilerinden Sinop'ta yağışın en fazla görüldüğü ay Aralık ayıdır. Yaz aylarında ise bu miktar üçte birine düşmektedir. Yağışın pik yaptığı sonbahar ve kış ayları göz önünde bulundurulduğunda, seçilecek olan depolama tankının kapasitesinin 6 000 lt olarak belirlenmesi uygun görülmüştür.

4.5 Maliyet Hesabı

EK 2’de verilen statik metraj tablosu ve belirlenen materyaller, araçlar ve cihazların maliyet hesabı saf malzeme için Tablo 4.15’de verilmiştir. Hesaplamalar Mayıs 2022’deki birim fiyatlara göre yapılmıştır.

Tablo 4.15 Saf malzeme için maliyet tablosu

SARF MALZEME							
No	Ürün adı	Miktar	Ölçü birimi	Birim fiyatı (₺)	KDV Oranı	Tutar (₺) KDV dâhil (toplam)	Gerekçesi
1	Beton	80	m ³	1 000	% 18	80 000	Kaba İnşaat
2	Demir	6	ton	13 560	% 18	96 000	Kaba İnşaat
3	Hafriyat- dolgu	90	m ³	84,75	% 18	9 000	Kaba İnşaat
4	Duvar	60	m ²	185	% 18	13 000	Kaba İnşaat
5	Çatı	100	m ²	10	% 18	11 800	Kaba İnşaat
6	Dış Cephe	60	m ²	452	% 18	32 000	İnce İnşaat
7	Şap	100	m ²	50,84	% 18	6 000	İnce İnşaat
8	Seramik	1	Paket	23 730	% 18	28 000	İnce İnşaat
9	Mermer	1	Paket	8 475	% 18	10 000	İnce İnşaat
10	Elektrik-Tesisat	1	Paket	32 200	% 18	38 000	İnce İnşaat
11	Sıva-boya	1	Paket	16 950	% 18	20 000	İnce İnşaat
12	Pencere	1	Paket	39 830	% 18	47 000	İnce İnşaat
13	Kapı	1	Paket	27 120	% 18	32 000	İnce İnşaat
14	Ahşap işleri-Dolap	1	Paket	50 850	% 18	60 000	İnce İnşaat
15	Ankastre	1	Paket	21 185	% 18	25 000	İnce İnşaat
16	Balkon Korkulukları	1	Paket	12 711	% 18	15 000	İnce İnşaat
17	Peyzaj	1	Paket	5 084	% 18	6 000	İnce İnşaat
TOPLAM FİYATI						528 800 ₺	

Makine – Teçhizat için maliyet hesabı Tablo 4.16’de verilmiştir. Bu tabloda verilen değerler evin yeşil ev özelliğine sahip olmasını sağlayan cihazlar ve araçlardır. Buradaki maliyetler klasik evlerde yapılmayan maliyetlerdir. Buradaki yapılan maliyetler aslında maliyetten daha çok yatırımdır. Çünkü sonraki yıllarda yapılan bu maliyetler kendini amorti edecek ve sonrasındaki elektrik ve su ihtiyacı için yapılmış bu maliyetleri sistem kendisi karşılamış olacaktır.

Tablo 4.16 Makine-Teçhizat için maliyet tablosu

MAKİNE-TEÇHİZAT							
No	Ürün adı / modeli	Miktar	Ölçü birimi	Birim fiyatı (₺)	KDV Oranı	Tutar (₺) KDV dâhil (toplam)	Gerekçesi
1	Güneş Panel Sistemi(kW)	46	Adet	1 980	% 18	107 474,4	Enerji Üretimi
2	Rüzgar türbini (2 kW)	2	Takım	12 711,9	% 18	30 000	Enerji Üretimi
3	İnverter (20 kW) vd.	1	Adet	42 372,9	% 18	50 000	Enerji Üretimi
4	Isı Pompası	1	Takım	59 322	% 18	70 000	Isı Üretimi
5	Boylar (100 lt)	1	Adet	4237,29	% 18	5 000	Isı Üretimi
6	Yağmur suyu Tankı	1	Takım	12 711	% 18	15 000	Depolama
TOPLAM FİYATI						277 474,4 ₺	

Hizmet alımı için maliyet hesabı Tablo 4.17’de verilmiştir. Burada evin yapımından önceki yapılması gereken yasal süreçlerin kalemleri mevcuttur. Ev idari birim sınırlarında şantiye şefliğinin gerekmediği alanda yapılacağı düşünülerek şantiye şefliği ücretinden muaf olarak maliyet hesabı yapılmıştır. Eğer ki şantiye şefliği gerektiren alan içinde yapılacaksa bu maliyetin de eklenmesi gerekmektedir.

Tablo 4.17 Hizmet alımı için maliyet tablosu

HİZMET ALIM							
No	Mahiyeti	Miktar	Ölçü birimi	Birim fiyatı (₺)	KDV Oranı	Tutar (₺) KDV dâhil (toplam)	Gerekçesi
1	Proje bedelleri	1	Paket	38 135	% 18	45 000	Proje
2	İdare harçları	1	Paket	21 186	% 18	25 000	Harç
Toplam fiyatı						70 000 ₺	

Proje için toplam maliyet hesabı Tablo 4.18’de verilmiştir. Her bir kategori için değerler verilmiş ve buradaki sarf malzeme ve hizmet alımı kısımları klasik bir ev içinde yapılması gereken maliyetlerdir.

Tablo 4.18 Proje için toplam maliyet tablosu

PROJE BÜTÇESİ				
Bütçe	Sarf malzeme	Makina teçhizat	Hizmet alımı	Toplam (KDV dâhil)
Maliyet	528 800	277 474,4	70 000	876 274,4 ₺

Maliyet tablolarından görüldüğü üzere tasarlanan yeşil evin yapının gerçekleşmesi için yaklaşık olarak 876 274,4 TL bütçe gerekmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılarak bir yeşil ev uygulaması analiz edilmiştir. Yeşil evde; elektrik için fotovoltaik güneş panellerinden, ısıtma ve sıcak su temini için ısı pompası desteğinden, WC rezervuarı ve bahçe sulama için gereken su temini için ise yağmur suyu depolama sisteminden faydalanılmıştır. Yeşil evin toplam kurulum maliyeti ise 876 274,4 TL olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan maliyet analizlerinde görüldüğü üzere klasik bir ev için gereken maliyetlerle aynı olan maliyet kısımları yaklaşık olarak 598 000 TL olacağı ön görülmektedir. Toplam maliyetin 277 474,4 TL'lik kısmını yeşil ev özelliğini gösterecek alternatif enerji kaynakları ve teçhizatlar kapsamaktadır. Bu değerinde yaklaşık yüzde 31,7'sine denk gelmektedir.

Klasik bir ev gibi tasarım yapılmak istendiğinde evin ısıtma, sıcak su temini ve elektrik ihtiyacı hesaplanırsa;

Sinop İli için 2022 yılı 1 kWh elektrik enerjisinin ücreti 1,25 TL'dir. Evdeki cihazların günlük elektrik ihtiyacı 7,837 kWh ise aylık 235,11 kWh'dır. Böylece aylık elektrik ihtiyacının karşılanabilmesi için şebekeye verilmesi gereken ücret 294 TL olacaktır. Bu değer yılda ise 3528 TL yapmaktadır.

Isıtma sisteminin ise doğalgaz kaynaklı kombi sistemi olduğu düşünüldüğünde, sistemin kurulabilmesi için 2022 yılı şartlarında minimum 30 000 TL masraf yapılması gerekmektedir. Ayrıca, evin ısıtılması için kombinin ortalama 40 derecede çalıştığı düşünüldüğünde saatte 0,42 m³ miktarda doğal gaz harcanması gerekmektedir. Bu miktar aylık olarak 302 m³ yapmaktadır. 4 kişilik ailenin aylık kullandığı sıcak su miktarı ise yaklaşık 60 m³'dür. Soğuk aylarda hem ısıtma hem de sıcak su için doğal gaz kullanılır. Soğuk aylar Sinop İli için 7 ay kabul edilirse 2534 m³ (362x7) doğal gaz harcanır. Sıcak aylar ise 5 ay kabul edilirse 300 m³ (60x5) doğal gaz harcanır. Yılda ise toplam 2 834 m³ doğal gaz harcanır. Sinop İli için 2022 yılı 1 m³ doğal gazın ücreti 1,923 TL'dir. Bu da yılda doğal gaz harcaması için ortalama 5 450 TL harcama yapılacağı anlamına gelir.

Ev klasik sistemde tasarlandığında elektrik enerjisi, sıcak su temini ve ısınma için her yıl toplam ortalama 8 978 TL harcama yapacağı hesaplanmıştır. Ayrıca, kombi sisteminin

kurulması için de 30 000 TL harcama yapılacaktır. Yeşil evin elektrik enerjisi, sıcak su temini ve ısınma için yatırım maliyeti yaklaşık 277 474,4 TL olarak hesaplanmıştır. İki sistemi karşılaştırılmak istenirse;

Net yatırım maliyeti 247 474,4'dir (277 474,4 – 30 000). Net yatırım maliyeti yıllık klasik ev harcamasına oranlandığında;

$$\frac{247474,4}{8978} = 27,56 \text{ Yıl}$$

Sonuçtan görüldüğü üzere yeşil evin elektrik enerjisi, sıcak su temini ve ısınma için yapılan yatırım maliyeti kendini yaklaşık 28 yılda amorti edebilmektedir. Şebekeye satılacak elektrik enerjisi kazançlarıyla ise bu sürenin daha da kısılması beklenmektedir. Hesaba katılmayan yağmur suyundan kazançlar ise bu süreyi daha da kısaltacaktır. 28 yıl sonra sistem bakım masrafları hariç enerji için hiçbir harcama yapılmayacak ve enerji temini bedava olacaktır.

Yapılan tasarımda güneş kollektörleri kullanılmamıştır. Sıcak su ihtiyacının temininde güneş kollektörleri ile sistem desteklenerek maliyet daha da azaltılabilir. Ayrıca, güneş kollektörlerinin daha verimli çalışması için panel altına soğutucu sistemlerin yer aldığı paneller tercih edilebilir. Böylelikle sıcak su ihtiyacı da bu sistemden karşılanarak düşük güçlü bir ısı pompası seçilebilir.

Ev tipi rüzgar türbinlerinde dikey eksenli tipleri de kullanılabilir. Dikey eksenli rüzgar türbinlerinin güç verimi yatay eksenli rüzgar türbinlerine düşük olsa da sürekli yön değişimi yapan rüzgarlarda ve düşük rüzgar hızlarında çalışabildiğinden gündeki çalışma süreleri uzayarak yatay eksenli rüzgar türbinlerine göre günde daha fazla elektrik üretebilmektedir.

Bu özelliğinden dolayı türbin tipi olarak dikey eksenli rüzgar türbinleri de kullanılarak elektrik enerjisi temini arttırılabilir. Dikey eksenli rüzgar türbinlerinin Türkiye'de satışı sınırlı olduğu için ve rüzgar hızının Sinop İli için diğer illere göre daha fazla olması nedeniyle yatay eksenli rüzgar türbinleri seçilmiştir.

Sonuç olarak bu maliyetin geri dönüşümü uzun olsa da yapılan tasarımın doğru ve yeşil evin kurulumunun uygulanabilir olduğunu göstermiştir. Devletlerin ve bireylerin yeşil ev hakkında daha da bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Devletler yeşil evlerin yapımı için bireyleri teşvik edecek yasalar, yönetmelikler çıkartmalı ve maddi yardımlarda bulunmalıdırlar. Bu evler sayesinde hem daha sağlıklı çevreye sahip yerleşim birimleri oluşturulacak hem de bireylerin devlet üzerindeki elektrik enerjisi ve su ihtiyacı yükleri azaltılmış olunacaktır. Bizim ülkemiz gibi enerji kaynakları açısından büyük ölçüde dış ülkelere bağımlı ülkeler için bu projelerin yapılması şarttır. Enerji kaynakları yönünden zengin ülkelerin de dünyanın doğal çevresini ve iklimini korumak amacıyla bu tür çevreci yapıların yapımını arttırıcı yasa ve teşvikleri yapması gerekmektedir.



KAYNAKLAR

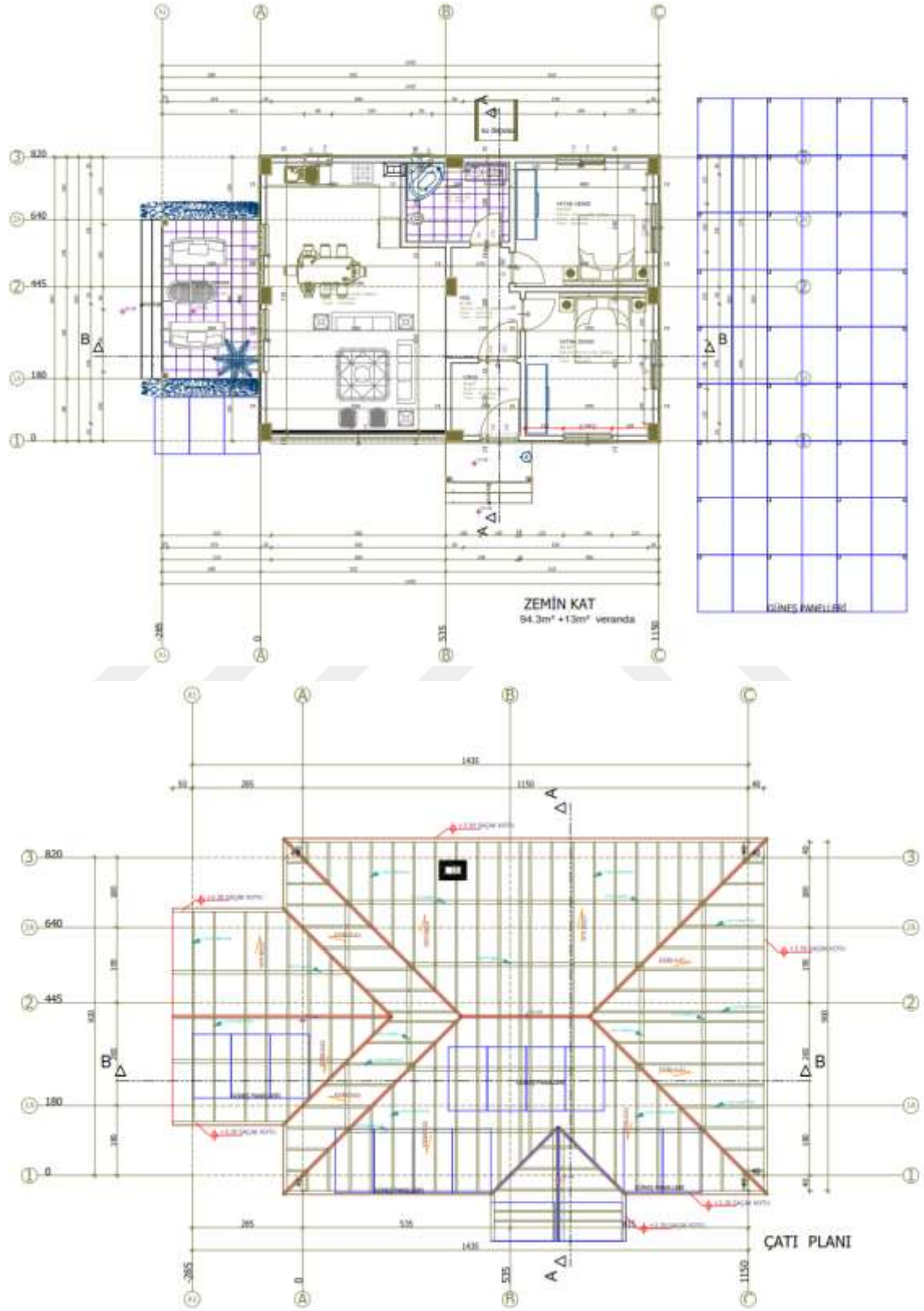
- Altaş, İ. H. (1998). Fotovoltaj güneş pilleri: yapısal özellikleri ve karakteristikleri. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, 47, 66-71.
- Altensis (2022). Eser Holding Merkez Ofisi (İlk LEED Platin Sertifikalı Bina), Erişim: 12 Şubat 2022, <https://www.altensis.com/proje/eser-holding-merkez-ofisi-ilk-leed-platin-sertifikali-bina/>
- Archdaily (2022a). ZEB Pilot House - Pilot Project / Snøhetta, Erişim: 04 Ocak 2022, <https://www.archdaily.com/773383/zeb-pilot-house-pilot-project-snohetta>
- Archdaily (2022b). ArchiBlox Designs World's First Prefabricated Carbon Positive House, Erişim: 04 Ocak 2022, https://www.archdaily.com/602666/archiblox-designs-world-s-first-prefabricated-carbon-positive-house?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all
- Archdaily (2022c). Home for Life / AART Architects, Erişim: 9 Şubat 2022, <https://www.archdaily.com/889593/home-for-life-aart-architects>
- Archdaily (2022d). E+ / Interface Studio Architects, Erişim: 03 Ocak 2022, <https://www.archdaily.com/633320/e-interface-studio-architects>
- Aşıkoğlu, A., Altın, M., Bayram, N. S. (2021). Pasif Ev Sertifika Sisteminin Mevcut Binalarda Uygulanması: EnerPHit Sertifika Sistemi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(5), 1146-1156.
- Bayar, U., Atılğan, A. İ. 2015. “Yeşil Ev Tasarımı ve Enerji Analizi İçin Uygulama Örneği,” *Mühendis ve Makina*, cilt 56, sayı 671, s. 41-52.
- Boz, A. (2018). Pasif evler hakkında analizler. Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Bölümü, Yıpr Bilgisi Anabilim Dalı, İstanbul, 1-36.
- BubbleMania (2022). Architect Rolf Disch (1944) Passive House Solar Rotating Cylinder Heliotrop (1994), Erişim: 04 Ocak 2022, <http://www.bubblemania.fr/en/bulles-architecture-rolf-disch-maison-heliotrope-solaire-tournante-1994/>
- Çetegen, E. (2002). *Gece Soğutmasında Binaların Isıl Performansı* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi).
- Demircan, R. K., & Gültekin, A. B. (2017). Binalarda pasif ve aktif güneş sistemlerinin incelenmesi. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 10(1), 36-51.
- Demirdöküm (2020). Isı pompası sistemlerinin planlanması ve hidrolik devreler, Erişim: 19 Nisan 2022, <https://www.demirdokum.com.tr/downloads/products-1/example-training-1/4-isi-pompasi-sistemlerinin-planlanmasi-ve-hidrolik-devreler-8101068245-00-1875774.pdf>

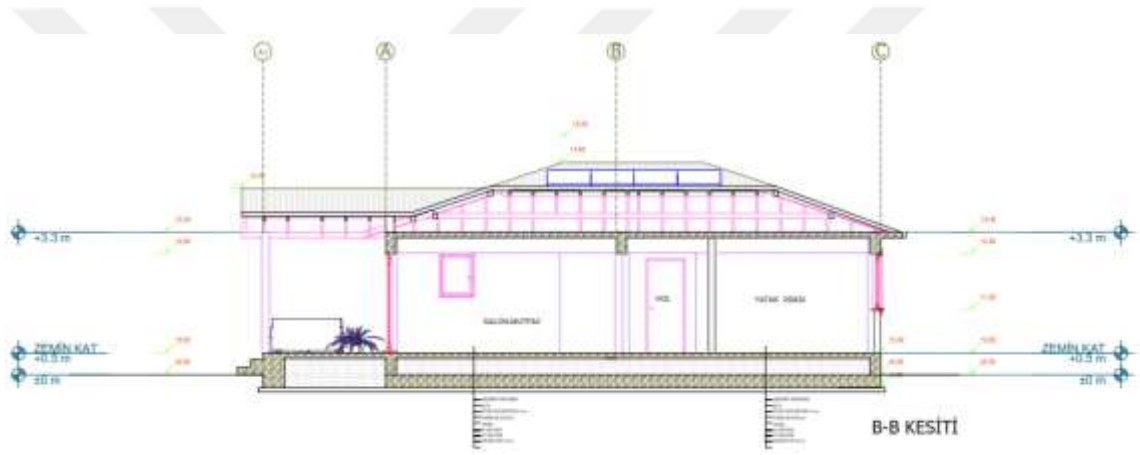
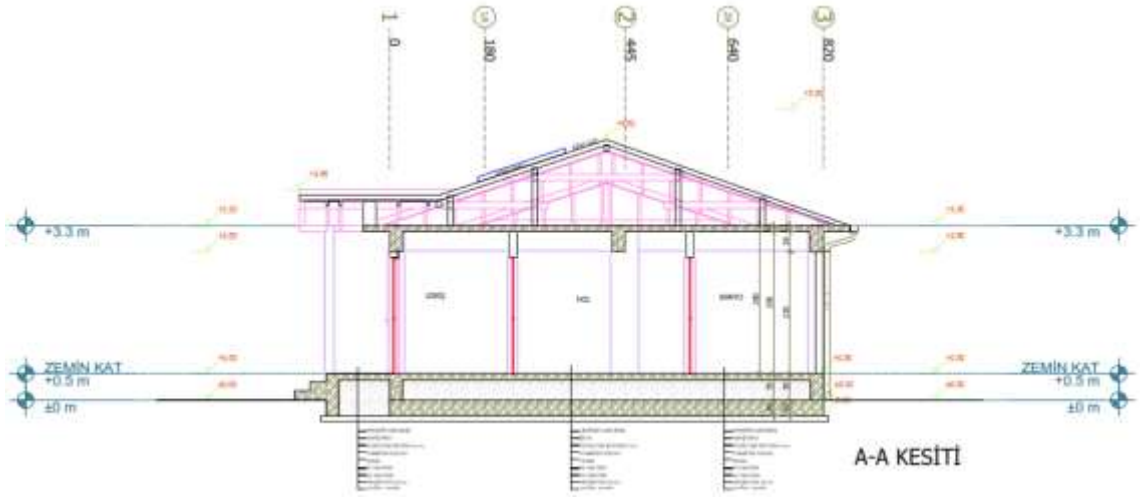
- Divisare (2022). Snøhetta ZEB Pilot House, Erişim: 04 Ocak 2022, <https://divisare.com/projects/271908-snohetta-zeb-pilot-house>
- Elibüyük, U., Üçgöl, İ. (2014). Rüzgâr türbinleri, çeřitleri ve rüzgâr enerjisi depolama yöntemleri. *Yekarum*, 2(3), 1-12.
- Erdem, E. (2022). Eğitim Kurumu Binalarında Akıllı Aydınlatma Kontrol Sistemleriyle Gün Işığını Yönlendiren Sistemlerin İncelenmesi. *Journal of Social Research and Behavioral Sciences*, 8(16).
- Erdoğan, S., Yılmaz, M., Şahin, B., & Özyurt, Ö. (2006). Isı pompası sistemlerinin seçimi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 92, 40-49.
- Harran Üniversitesi (2019). Şehirler ve aylara göre şebeke suyu sıcaklıkları, Erişim: 10 Mayıs 2022, http://eng.harran.edu.tr/sehir_ay_sebeke_sicakligi
- Hayli, S. (2001). Rüzgar enerjisinin önemi, Dünya'da ve Türkiye'deki durumu. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(1), 1-26.
- Hekim Seçkin, H. (2022). *Yenilenebilir enerji kaynakları ve yapı malzemeleri kullanımı ile pasif çelik ev tasarımı* (Yüksek lisans tezi, Maltepe Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü), 30-64.
- Inhabitat (2022a). The energy-positive UK Solcer House proves that zero carbon living can be affordable, Erişim: 11 Şubat 2022, <https://inhabitat.com/energy-positive-solcer-house-in-the-uk-can-nearly-put-out-nearly-twice-as-much-energy-as-it-uses/>
- Inhabitat (2022b). New green tower in Miami – The COR building, Erişim: 11 Şubat 2022, <https://inhabitat.com/new-green-tower-in-miami-the-cor-building/cor-building-miami/>
- Kabuloğlu Karaosman, Y. D. D. S. (2006). Yeşil çatılar ve sürdürülebilir bina değerlendirme sistemleri. Çevre Çözümlemesi ve Denetimi Bilim Dalı M.S.G.S.Ü. Mimarlık Bölümü.
- Kantaroğlu, Ö. (2009). Yağmur suyu hasadı plan ve hesaplama prensipleri. *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 6(9), 1147-1151.
- Karabulut, D., & Kartal, S. (2021). Ülkelerin Pasif Ev Potansiyeli Üzerine Bir Arařtırma-Almanya/Sachsen Bölgesi Örneği. *Climate and Health Journal*, 1(2), 34-45.
- Karaman, S., Örüng, İ., & Şirin, Ü. (2016). Trombe Duvar ile Ek Isı Kazanımı Sonucu Hayvan Barınaklarında Havalandırma Etkinlięinin Artırılması. *Uludaę Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(1), 169-178.
- Karamanav, M. (2007). *Güneş enerjisi ve güneş pilleri* (Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi), 32-43.
- Kıncay, O. (2010). “Sürdürülebilir Yeşil Binalar- II. Bölüm” , Yıldız Teknik Üniversitesi, s. 3-40.

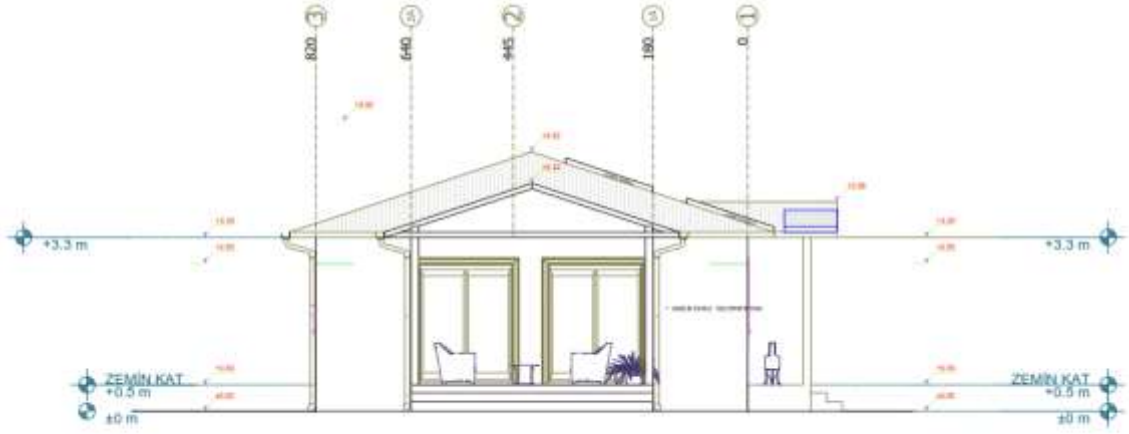
- Kuş, A. Ç., Çomaklı, K. (2015). Farklı Kaynaklı Isı Pompası Sistemlerinin Ekonomik Analizi. *Tesisat Mühendisliği*, (148), 13-21.
- Mantar, S., Karakılçık, M. (2009). Güneş ışığının güneş havuzunda depolanmasının teorik olarak incelenmesi. *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(2), 159-163.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2022). Resmi İstatistikler, Erişim: 19 Nisan 2022, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=SINOP>
- Nathan Good Architects (2022). Residential Projects, Erişim: 20 Ocak 2022, <https://www.nathangoodarchitects.com/residential>
- Nemati, S. (2020). Beyond Sustainability through Regenerative Architecture: Regenerative Urban Landscapes, 10-11.
- Newyork-Architects (2022). Skidmore, Owings & Merrill, Erişim: 11 Şubat 2022, <https://www.newyork-architects.com/en/skidmore-owings-and-merrill-new-york/project/7-world-trade-center>
- Oskay, C. (2014). Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde rüzgar enerjisinin önemi ve Türkiye’de rüzgar enerjisi yatırımlarına yönelik teşvikler. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(1), 76.
- Öksüz, S. (2014). Güneş Enerjisi Sistemleri Temel Prensipler. *Teknik ve Eğitim Bölümü. Makine Mühendisleri Odası. Ankara.*
- Öztürk, M. F. (2019). Sinop’ta rüzgar enerjisi potansiyelinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Sinop Üniversitesi, 60-73.
- Öztürk, F. (2011). Pasif güneş enerjisi sistemi ile bina ısıtmasının sayısal ve ekonomik analizi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yıldız Teknik Üniversitesi, 1-76.
- Sapphireavym (2022). Ana sayfa, Erişim: 11 Şubat 2022, <https://www.sapphireavym.com/>
- Schittich, C., Staib, G., Balkow, D., Schuler, M., & Sobek, W. (2012). *Glass construction manual*. Walter de Gruyter.
- Sevgi, O. (2020). Yeşil terimler ve anlamları. *Avrasya Terim Dergisi*, 8(1), 44-61.
- Sevinç, Ö. G. Ö., Altın, Ö. Ü. E. (2021). Gün Işığı ile Aydınlatmanın Önemi ve Işık Tüplerinin Yapılarda Etkin Kullanımı. *Online Journal of Art and Design*, 9(2), 140-157.
- T.C. Resmi Gazete. Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği (TS 825). 9.10.2008. Sayı:27019, Başbakanlık Basımevi, Ankara.
- Tavşan, F., Tavşan, C., Karahaliloğlu, A. (2021). Tasarımda aktif ve pasif sürdürülebilir ısıtma sistemleri. *International Social Mentality and Researcher Thinkers Journal*, 7(51), 2681-2694.
- Uçurum, E. (2007). *Sürdürülebilirlikte ekolojik çatının incelenmesi*, Doktora Tezi Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul Teknik Üniversitesi.

EKLER

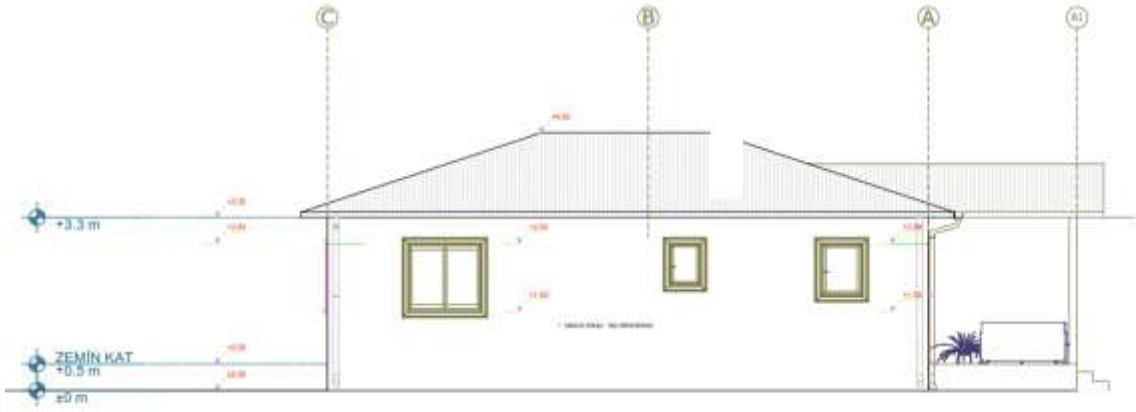
EK 1. Mimari Planlar, kesitler ve üç boyutlu görünüm



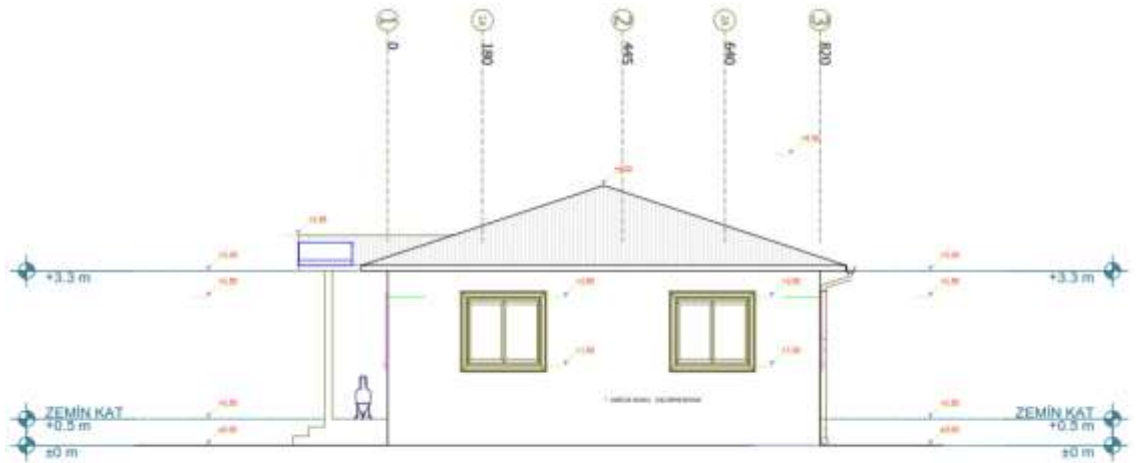




BATI CEPHEDEN GÖRÜNÜŞ



KUZEY CEPHEDEN GÖRÜNÜŞ

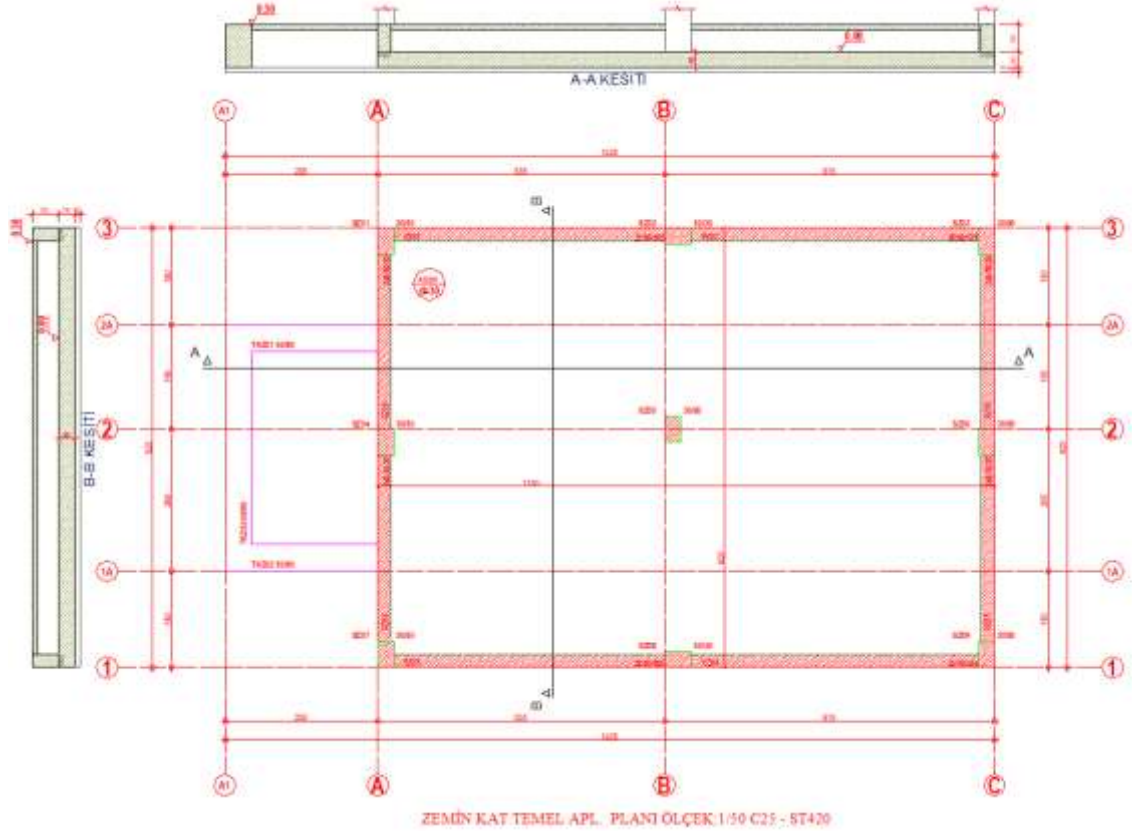


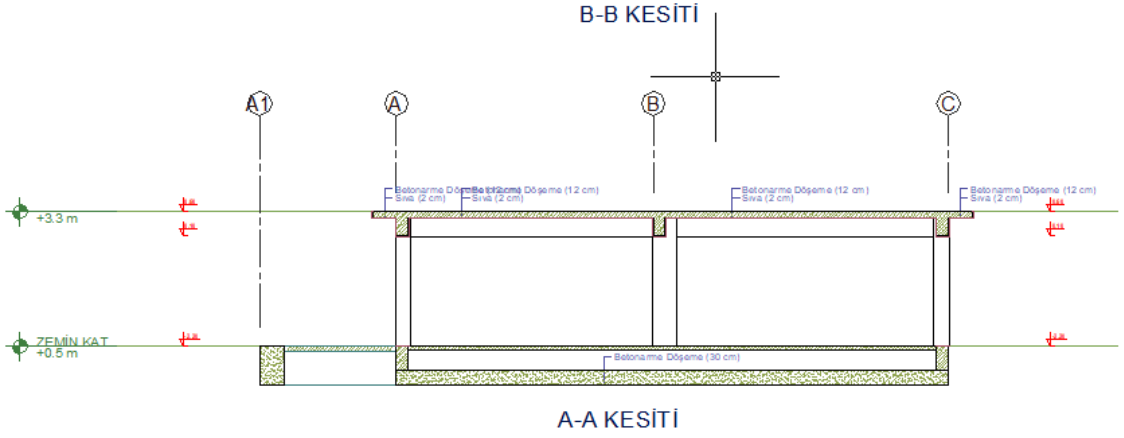
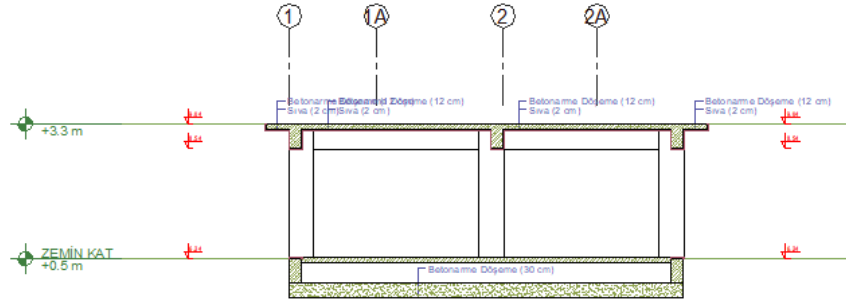
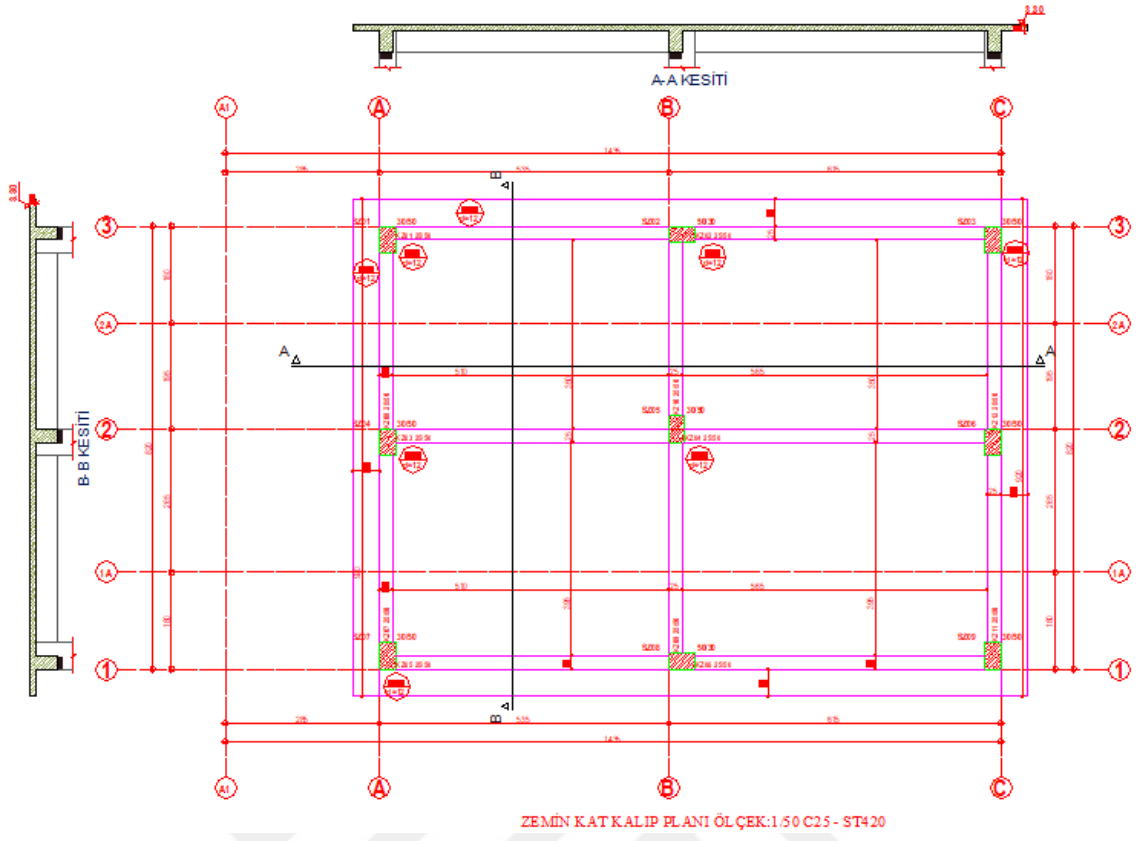
DOĞU CEPHEDEN GÖRÜNÜŞ





EK 2. Statik çizim, hesap ve metraj tablosu





	YAPAN: EMRAH KÖŞTEOĞLU		
	PROJE: YEŞİL EV		
	TARİH: 01.06.2022	DEPREM YÖNETMELİĞİ: TBDY 2018	
	10HL-0888 Statik (Betonarme) İns.Müh.Emrah Köşteoğlu		

YAPI ÖZET RAPORU

Malzeme ve Kesit Kontrolleri		
Kullanılan Beton Sınıfı	Projede en az C25 veya daha kaliteli beton kullanılmış	✓
Kesit Kontrolü	Projede tüm elemanların kesitleri yeterlidir	✓

Öteleme ve Düzensizlik Kontrolleri		
Görel Öteleme	Görel kat öteleme koşulu sağlanmıştır $\bar{\Delta}_i(\max)/h_i = 0.0019 \leq 0.008$ - (ZEMİN KAT)	✓
İkinci Mertebe Etkileri	Bütün katlarda 2. mertebe etkileri koşulu sağlanmıştır $\bar{\Delta}_i(\max) = 0.006 \leq 0.09$ - (ZEMİN KAT)	✓
A1 Düzensizliği	Bütün katlarda A1 düzensizliği koşulu sağlanmıştır $\bar{\eta}_i(\max) = 1.02 \leq 1.2$ - (ZEMİN KAT)	✓
A2 Düzensizliği	Bütün katlarda A2 düzensizliği koşulu sağlanmıştır	✓
A3 Düzensizliği	Bütün katlarda A3 düzensizliği koşulu sağlanmıştır	✓
B1 Düzensizliği	Bütün katlarda B1 düzensizliği koşulu sağlanmıştır	✓
B2 Düzensizliği	Bütün katlarda B2 düzensizliği koşulu sağlanmıştır	✓
B3 Düzensizliği	Bütün katlarda B3 düzensizliği koşulu sağlanmıştır	✓

Hesap Yöntemi ve R Katsayısının Seçimi		
R Katsayısı Seçimi (X yönü)	Girilen R katsayısı uygundur. Girilen R = 8.00 Seçilen R = 8.00	✓
R Katsayısı Seçimi (Y yönü)	Girilen R katsayısı uygundur. Girilen R = 8.00 Seçilen R = 8.00	✓
Hesap Yönteminin Seçimi	Tepki spektrum yöntemi kullanılmıştır. Modal analiz yapılmıştır	✓
Süneklik Düzeyinin Seçimi (X Yönü)	Çerçeve sistem - Süneklik Düzeyi : Yüksek	✓
Süneklik Düzeyinin Seçimi (Y Yönü)	Çerçeve sistem - Süneklik Düzeyi : Yüksek	✓

Yapı Deprem Yükünün Belirlenmesi		
Yapı Serbest Kütlesi	124.00 t	✓
	Hareketli yük katsayısı = 0.3000	
Toplam Deprem Yüğü (X)	$V_t = 12.05$ [tf] - (Dinamik Yöntem)	✓
Toplam Deprem Yüğü (Y)	$V_t = 12.44$ [tf] - (Dinamik Yöntem)	✓
Yapı Doğal Titreşim Periyodu	$T_a = 0.12 \leq T_r = 0.25 \leq T_b = 0.62$ [s] - (UX)	✓
Spektrum Katsayısı	$S(T) = 0.57$	✓
Hesaba Katılan Mod Sayısı	Hesaba katılan mod sayısı yeterlidir Hesaba 15 mod katılmıştır	✓

ideCAD	PROJE: YEŞİL EV	
Döşeme Özet Raporu		
Döşeme Yük Analizi	TS498'e göre detaylı döşeme yük analizi yapılmıştır	✓
Döşeme Yükseklik Kontrolü	TS500'e göre döşeme yükseklik kontrolleri yapılmıştır	✓
Döşeme Statik Sonuçları	Sonlu elemanlar yöntemiyle statik çözüm yapılmıştır M11(max) = -0.56 [tfm] M22(max) = -0.43 [tfm]	✓
Döşeme Betonarme Donatı Hesabı	Tüm döşemelerde gereken donatı koşulları sağlandı MdMax : -0.97 [tfm] - (DZ04) AsMax : 2.63 [cm²] - (DZ04)	✓
Döşeme Sehim Kontrolü	Bütün döşemelerde sehim koşulları sağlanmıştır. Sürekli Sehim - $\bar{\mu}$ g max = 3.66 mm - (DZ07) Ani Sehim - $\bar{\mu}$ g max = 0.66 < 15.69 mm - (DZ07) Toplam Sehim - $\bar{\mu}$ t max = 6.15 < 23.54 mm - (DZ07)	✓
Kiriş Özet Raporu		
Kiriş Yük Analizi	TS498'e göre detaylı kiriş yük analizi yapılmıştır	✓
Kiriş Yükleri	Kiriş yükleri sonlu elemanlar yöntemiyle aktarılmıştır	✓
Kiriş Statik Sonuçları	Kiriş Statik Çözümü Yapılmıştır TMax : 0.56 [tfm] - (KZ06) VMax : 6.02 [tf] - (KZ03) MMax : -5.97 [tfm] - (KZ04)	✓
Kiriş Betonarme Donatı Hesabı	Tüm kirişlerde gereken donatı koşulları sağlandı MdMax : -10.93 [tfm] - (KZ04) AsMax : 7.03 [cm²] - (KZ04)	✓
Kiriş Burulma Hesabı	$(T_d/5) + (V_d/bw_d) < 0.22f_{cd}$ koşulu tüm kirişlerde sağlanmıştır	✓
Kiriş Kesme Güvenliği	$V_e \leq 0.85 b_w d \sqrt{f_{ck}}$ koşulu tüm kirişlerde sağlanmıştır $V_e \leq V_r$ koşulu tüm kirişlerde sağlanmıştır $TS500 V_d \leq 0.22 f_{cd} b_w d$ koşulu tüm kirişlerde sağlanmıştır $Asw/sk(max) : 2.40 [cm^2] - (KZ01)$	✓
Kiriş Sehim Kontrolü	Sehim koşulları tüm kirişlerde sağlanmıştır Sürekli Sehim - $\bar{\mu}$ g max = 5.04 mm - (KZ04) Ani Sehim - $\bar{\mu}$ g max = 0.38 < 15.42 mm - (KZ04) Toplam Sehim - $\bar{\mu}$ t max = 8.18 < 23.13 mm - (KZ04)	✓
Kiriş Çatlak Kontrolü	$\omega < \omega_{max}$ koşulu tüm kirişlerde sağlanmıştır $\omega = 0.24 < \omega_{max} = 0.40 [mm] - (KZ01)$	✓
Kiriş Askı Donatısı	Projede askı donatısı gerektiren kirişler yoktur	✓
Kolon Özet Raporu		
Kolon Statik Sonuçları	Mmax : 3.37 [tfm] - (SZ06) Tmax : 0.10 [tfm] - (SZ03) Vmax : 8.78 [tf] - (SZ08) Nmax : -24.45 [tf] - (SZ05)	✓
Kolon Betonarme Donatı Hesabı	Tüm kolonlarda gereken donatı koşulları sağlandı Nd : -8.29 [tf] - (SZ09) Md2 : 4.88 [tfm] Md3 : 4.33 [tfm] As : 15.00 [cm²]	✓
Kolon Burkulma Hesabı (X Yönü)	Burkulma TS500 moment büyütme yöntemi ile hesaba katılmıştır	✓
Kolon Burkulma Hesabı (Y Yönü)	Burkulma TS500 moment büyütme yöntemi ile hesaba katılmıştır	✓
Kolon Kesme Güvenliği	$V_e \leq V_r$ koşulu tüm kolonlarda sağlanmıştır $V_e \leq 0.85 A_w \sqrt{f_{ck}}$ koşulu tüm kolonlarda sağlanmıştır	✓
Güçlü Kolon Kontrolleri	V_{is} / V_{ik} oranı 0.70'den büyük	✓
Maksimum Normal Kuvvet Kontrolü	$0.4Ac_{fck} \geq Nd_{Max}$ koşulu tüm kolonlarda sağlanmıştır $Nd_{Max} = 30.84 [tf]$	✓
Maksimum Normal Kuvvet Kontrolü	$0.9Ac_{fd} \geq Nd_{Max}$ koşulu tüm kolonlarda sağlanmıştır $Nd_{Max} = 43.67 [tf]$	✓
Poligon Kolon Bilgileri	Projede poligon kolon bulunmamaktadır	✓

ideCAD	PROJE: YEŞİL EV	
Perde Özet Raporu		
Perde Statik Sonuçları	Mmax : 3.26 [tfm] - (PZ07) Tmax : 0.25 [tfm] - (PZ08) Vmax : 20.72 [tf] - (PZ07) Nmax : -1.88 [tf] - (PZ04)	✓
Perdelerin Tasarım Eğilme Momentleri	Tasarım eğilme momentleri dikkate alınmıştır	✓
Perde Betonarme Donatı Hesabı	Tüm perdelerde gereken donatı koşulları sağlandı Nd : -1.22 [tf] - (PZ08) Md2 : 0.26 [tfm] Md3 : 7.83 [tfm] As : 20.31 [cm²]	✓
Perde Kesme Güvenliği	Ve ≤ Vr koşulu tüm perdelerde sağlanmıştır Ve ≤ VeMax koşulu tüm perdelerde sağlanmıştır	✓
Sürekli Temel Özet Raporu		
Sürekli Temel Statik Sonuçları	Sürekli temel üst yapı analizi yapıldı. Üst Yapı Temel Etkileşimli Analiz Yapıldı TMax : -0.01 [tfm] - (TKZ03) VMax : -0.87 [tf] - (TKZ03) MMax : 0.09 [tfm] - (TKZ01)	✓
Sürekli Temel Betonarme Donatı Hesabı	Tüm sürekli temellerde gereken donatı koşulları sağlandı MdMax : -0.12 [tfm] - (TKZ01) AsMax : 4.11 [cm²] - (TKZ01)	✓
Sürekli Temel Taban Basıncı	Bütün temellerde taban basıncı güvenlidir Tb = 4.90 < Ztg = 12.70 [tf/m²] - (TKZ01)	✓
Radye Temel Özet Raporu		
Radye Temel Sonlu Eleman Bilgileri	Grafiksel ve tablo biçiminde verilmiştir	✓
Radye Temel Statik Sonuçları	Sonlu elemanlar yöntemiyle statik çözüm yapılmıştır Üst Yapı Temel Etkileşimli Analiz Yapıldı M11(max) = 6.62 [tfm] M22(max) = 3.27 [tfm]	✓
Radye Temel Betonarme Donatı Hesabı	Tüm radye temellerde gereken donatı koşulları sağlandı MdMax : -4.99 [tfm] - (RDZ01) AsMax : 5.90 [cm²] - (RDZ01)	✓
Radye Temel Taban Basıncı	Bütün temellerde taban basıncı güvenlidir Min. taban basıncı : 1.40 ≤ 12.70 [tf/m²] [G+Q] Ort. taban basıncı : 3.97 ≤ 12.70 [tf/m²] [1.4G+1.6Q]	✓
Radye Temel Zımbalama Kontrolü	Radye temellerin tümünde zımbalama koşulu sağlanmıştır Vpr = 71.01 ≥ Vpd(max) = 42.05 [tf]	✓
Birleşim Bölgesi Özet Raporu		
Kolon Kiriş Birleşim Bölgesi Kesme Güvenliği	Birleşim bölgelerinde kesme güvenliği sağlanmıştır	✓

ideCAD®
10.14

YAPAN: EMRAH KÖŞTEOĞLU

PROJE: CELAL ÖZDEMİR

TARİH: 01.06.2022

10HL-0888 Statik (Betonarme) İnş.Müh.Emrah Köşteoğlu

etkin
tasarım

BETON METRAJİ

Açıklama	TOPLAM
ZEMİN KAT	
DÖŞEMELER	12.081
KİRİŞLER	6.488
PERDELER	4.275
KOLONLAR	4.455
RADYE TEMELLER	28.290
SÜREKLİ TEMELLER	4.120
KAT TOPLAM	59.708
GENEL TOPLAM	59.708

DONATI METRAJİ

Açıklama	Ø8	Ø10	Ø12	Ø14	Ø16	Ø18	Ø20	Ø22	Ø24	Ø26	Ø28	Ø30	Ø32	(Ø8-Ø12)	(≥Ø14)
ZEMİN KAT														763.96	
DÖŞEMELER	763.96													763.96	
KİRİŞLER	253.70		244.59	137.94										498.29	137.94
PERDELER	207.42	329.45												536.88	
KOLONLAR	534.81			536.83										534.81	536.83
RADYE TEMELLER	70.10			1934.44										70.10	1934.44
SÜREKLİ TEMELLER	82.40		35.94	192.73										118.40	192.73
KAT TOPLAM	1912.46	329.45	280.53	2801.94										2522.45	2801.94
GENEL TOPLAM	1912.46	329.45	280.53	2801.94										2522.45	2801.94

TOPLAM METRAJ

1-	B525 BETON	59.71
2-	BETON KALIP	262.11
3-	S420 DONATI (İNCE)	2522.45
	S420 DONATI (KALIN)	2801.94
	S420 DONATI (TOPLAM)	5324.38

EK 3. En düşük ortalama dış hava sıcaklıkları

İsim	Sıcaklık °C	İsim	Sıcaklık °C	İsim	Sıcaklık °C	İsim	Sıcaklık °C	İsim	Sıcaklık °C
ADAPAZARI	-3R	Araç	-15	Besni	-9	Çal	-9	Çüngüş	-9
Acıpayam	-6	Araklı	-3	Beşiri	-9	Çamardı	-15 R	Daday	-12
ADANA	0 R	Arapkir	-15	Beykoz	-3 R	Çameli	-6	Datça	+3 R
Adilcevaz	-15	Ardahan	-21	Beypazarı	-12 R	Çamlıdere	-15	Darende	-15
ADİYAMAN	-9	Ardanuç	-9	Beyşehir	-12	Çan	-3 R	Demirci	-6 R
Afşin	-15	Ardeşene	-3	Beyşehir	-18	ÇANAKKALE	-3 R	Demirköy	-9 R
AFYON	-12 R	Arhavi	-3	Biga	-3 R	Çankaya	-12 R	DENİZLİ	-6
Ağın	-15	Arpaçay	-27	Bigadiç	-6 R	ÇANKIRI	-15	Dereli	-6
Ağlasun	-9	Argüven	-12	BİLECİK	-9 R	Çardak	-9	Derik	-6 R
AĞRI	-24	Artova	-12	BİNGÖL	-18 R	Çarşamba	-3 R	Develi	-15
Ahlâat	-15	ARTVİN	-9	Birecik	-6 R	Çat	-21	Devrek	-9
Akçaabat	-3	Aşkale	-21	Bismil	-9	Çatak	-21	Devrekani	-12
Akçadag	-12	Avanos	-15	BİTLİS	-15	Çatalca	-6 R	Dicle	-9
Akçakale	-6 R	Ayancık	-3 R	Bodrum	+3 R	Çatalzeytin	-3 R	Digor	-27
Akçakoca	-3 R	Ayaş	-12 R	Bogazlıyan	-15	Çay	-12	Dikili	-3 R
Akdağmadeni	-15			BOLU	-15	Çaycuma	-6 R	Dinar	-9
Akhisar	-3 R	AYDIN	-3 R	Bolvadin	-12	Çayeli	-3	Divriği	-18
Akkuş	-6	Ayvacık	-3 R	Bor	-15 R	Çayıralan	-15	Diyadin	-24
AKSARAY	-15	Ayvalık	-3 R	Borçka	-3 R	Çayırli	-18	DIYARBAKIR	-9 R
Akseki	-9 R	Azdavay	-9	Bornova	0 R	Çaykara	-9	Doğanhisar	-12
Akşehir	-12	Babacski	-9 R	Boşabat	-9	Çekerek	-15	Doğanşehir	-12
Akyazı	-6 R	Bafra	-3 R	Bozcaada	-3 R	Çelikhan	-9	Doğubeyazıt	-27
Alaca	-15	Bahçe	-3	Bozdoğan	-3 R	Çemişgezek	-15	Dörtöl	+3 R
Alaçam	-3 R	Bala	-12 R	Bozkır	-9	Çerkezköy	-9 R	Durağan	-9
Alanya	+3 R			Bozkurt	-3 R	Çerkeş	-15	Dursunbey	-9 R
Alaşehir	-6	BALIKESİR	-3 R	Bozova	-6 R	Çermik	-9 R	Düzce	-9 R
Almus	-12	Balya	-3 R	Bozüyük	-9 R	Çeşme	0 R	Eceabat	-3 R
Altınözü	0 R	Banaz	-3 R	Bucak	-9	Çiçekdağı	-15	EDİRNE	-9
Altıntaş	-12	Bandırma	-6 R	Bulancak	-3	Çifteler	-12 R	Edremit	-3 R
Aluçra	-12	BARTIN	-3 R	Bulanık	-21	Çınar	-6 R	Eflani	-12
		Başkil	-12	Buldan	-6	Çine	-3 R	Eğirdir	-9
AMASYA	-12	Başkale	-27	BURDUR	-9	Çivril	-9	ELAZIĞ	-12
Anamur	+3	BATMAN	-9	Burhaniye	-3 R	Çıldır	-21	Eleşkirt	-24
Andırın	-9	Bayat	-15	BURSA	-6 R	Çorlu	-9R	Elmalı	-9
		Bayburt	-15	Bünyan	-15	Çoruh	-9	Elbistan	-17
ANKARA	-12 R	Bayındır	-3	Ceyhan	0 R	ÇORUM	-15	Emet	-9 R
ANTAKYA	0 R	Bayhan	-12	Cide	-3 R	Çubuk	-12R	Emirdağ	-12
ANTALYA	+3 R	Bayramiç	-3 R	Cihanbeyli	-12	Çukurca	-18	Enez	-9 R
Araban	-9	Bergama	-3 R	Cizre	-6	Çumra	-12	Erbaa	-12
Erdek	-6 R	Horasan	-27	Koyuhisar	-12	Palu	-15	Şefaati	-15
Erdemli	+3	Hozat	-18	Kozaklı	-15	Pasinler	-24	Şemdinli	-27
Ercis	-15	Iğdır	-18	Kozan	-3 R	Patnos	-21	Şenkaya	-27
Ereğli (Konya)	-15	Ilgaz	-15	Kozluk	-12	Pazar	-3	Şereflikoçhisar	-12
Ereğli(Zonguldak)	-3 R	İlgün	-12	Köyceğiz	-3 R	Pazarcık	-9	Şile	-3 R
Ergani	-9	İdil	-6	Kula	-9	Pazaryeri	-9	Şiran	-15
Ermenek	-9	İliç	-18	Kulp	-15	Pehlivan köyü	-9 R	Şirnak	-6
Eruh	-6	İkizdere	-9	Kumluca	0	Perşembe	-3R	Şirvan	-12
ERZİNCAN	-18	İmranlı	-18	Kurşunlu	-15	Pertek	-12	Şuhut	-12 R
ERZURUM	-21	İmroz	-3 R	Kurtalan	-9	Pervani	-15	Tarsus	0
Espiye	-3	İncesu	-15	Kurucası	-3R	Pınarbaşı	-15	Taşköprü	-12
Eskipazar	-15	İnebolu	-3R	Kuşadası	0 R	Pınarhisar	-9 R	Taşlıçay	-24
ESKİŞEHİR	-12	İnegöl	-9 R	Kuyucak	-3	Pülümür	-18	Taşova	-12
Eşme	-6 R	İpsala	-9 R	Küre	-6 R	Polatlı	-12 R	Tatvan	-15
Ezine	-3 R	İskenderun	+3	KÜTAHYA	-12	Posof	-15	Tavas	-3
Fatsa	-3 R	İskilip	-15	Ladik	-9	Pozantı	-9	Taşvanlı	-9 R
Feke	-9	İslahiye	-3	Lalapaşa	-9 R	Pütürge	-9	Tefenni	-9
Felahiye	-15	İSPARTA	-9	Lapseki	-3 R	Refahiye	-18	TEKİRDAĞ	-6 R
Fethiye	+3	İSTANBUL	-3 R	Lice	-15	Reşadiye	-12	Tekmen	-21
Findıklı	-3	Ispir	-18	Lüleburgaz	-9 R	Reyhanlı	-3 R	Tercan	-21
Finike	+3 R	İvrindi	-3 R	Maden	-9	RİZE	-3	Terme	-3 R
Foça	0 R	İZMİR	0	Maçka	-3	Safranbolu	-12	Tire	-3 R
GAZİANTEP	-9	İZMİT	-3 R	Mağara	-15	Saimbeyli	-12	Tirebolu	-3
Gazipaşa	+3 R	İznik	-3 R	MALATYA	-12	Salihli	-3	TOKAT	-15
Gebze	-3 R	Kadirli	-3 R	Mahmudiye	-12 R	Samandağ	+3 R	Tomarza	-15
Gediz	-9 R	Kadıköy	-3 R	Malazgirt	-21	SAMSUN	-3 R	Tonya	-3

İsim	Sıcaklık °C	İsim	Sıcaklık °C	İsim	Sıcaklık °C	İsim	Sıcaklık °C	İsim	Sıcaklık °C
Gelibolu	- 3 R	Kodınhan	- 12	Malkara	- 6 R	Sandıklı	- 12 R	Torbalı	0 R
Gelendost	- 12	Kağızman	- 24	Manavgat	+ 3 R	Sapanca	- 3 R	Tortum	- 21
Gemerek	- 15	Kalıte	- 9 R	MANİSA	- 3 R	Saray	- 9 R	Torul	- 9
GEMLİK	+ 3 R	Kalecik	- 12	Manyas	- 6 R	Sarayköy	- 6	Tosya	- 15
Genç	- 15	Kaman	- 12	MARAS	- 9	Sarıcakaya	- 9 R	Tozanlı	- 12
Geceliş	- 6	Kandıra	- 3 R	MARDİN	- 6	Sarıgöl	- 6	TRABZON	- 3
Gerede	- 15	Kangal	- 18	Marmaris	+ 3 R	Sarıkamış	- 27	TUNCELİ	- 18
Gerger	- 9	Karaburun	- 3	Mazıdağı	+ 6	Sarıyer	- 3 R	Turgutlu	- 3
Germencik	- 3 R	KARABÜK	- 12	Mazgirt	- 18	Sarız	- 15	Turhal	- 12
Gebze	- 3 R	Karacabey	- 6 R	Mecidiözü	- 15	Sason	- 15	Tutak	- 22
Gevaş	- 15	Karacasu	- 3	Menemen	0 R	Savaştepe	- 3 R	Tuzluca	- 18
Geyve	- 6 R	Karahallı	- 9	Mengen	- 15	Savur	- 6	Türkeli	+ 3 R
GİRESUN	- 3	Karaisali	- 3 R	Meriç	- 9 R	Seben	- 12	U la	- 3 R
Göksun	- 12	Karakoçan	- 18	MERSİN	+ 3	Seferihisar	0 R	Ulubey	- 9
Gölbasi	- 9	Karaman	- 12	Merzifon	+ 12	Selçuk	0 R	Uluborlu	- 9
Gölcük	- 3 R	Karamürsel	- 3	Mesudiye	- 12	Selendi	- 6 R	Uludere	- 12
Göle	- 21	Karapınar	- 12	Midyat	- 6	Selim	- 27 R	Ulukışla	- 15
Göhlisar	- 9	Karsu	- 3 R	Mihalıççık	- 12 R	Senirkent	- 9	Ulus	- 6 R
Gölköy	- 6	Karataş	+ 3 R	Milas	0 R	Serik	+ 3 R	URFA	- 6 R
Gölpazarı	- 6	Karayozu	- 23	Mucur	- 12	Seydişahir	- 12	Urfa	0
Göncü	- 6 R	Kargı	- 12	Mudanya	- 3 R	Seyitgazi	- 12	UŞAK	- 9 R
Görece	- 3	Karlıova	+ 21	Mudurnu	- 9	SIIRT	- 9	Uzunköprü	- 9 R
Gördes	- 6 R	KARS	- 27	MUĞLA	- 3 R	Silifke	+ 3	Ünye	- 3 R
Göynük	- 9 R	Kartal	- 3 R	Muradiye	- 18	Silivri	- 6 R	Ürgüp	- 15
Göknecek	- 15	KASTAMONU	- 12	Muratlı	- 6 R	Silvan	- 9	Üsküdar	- 3 R
Göndül	- 12 R	KAYSERİ	- 15	M.Kemalpaşa	- 6 R	Simav	- 9 R	Vakıfkebir	- 3
Gölnar	- 3	Kaş	+ 3 R	MUŞ	- 18	Sincanlı	- 12 R	VAN	- 15
Gölşehir	- 15	Kavak	- 6	Mut	- 9	SİNOP	- 3 R	Varto	- 21
Gümüşhacıköy	+ 12	Keban	- 12	Mutki	- 15	SİVAS	- 18	Vezirköprü	- 9
GÜMÜŞHANE	- 12	Keçiözü	- 9	Nallıhan	- 12 R	Sivaslı	- 9 R	Viranşehir	- 6 R
Gündoğmuş	- 3 R	Kelce	- 9 R	Narman	- 24	Sivrice	- 12	Vize	- 9 R
Güney	- 6	Kelkit	- 15	Nazilli	- 3	Siverek	- 6 R	Yahyah	- 15
Gürpınar	- 18	Kemali	- 18	Nazimiye	- 18	Sivrihisar	- 12 R	Yalvaç	- 12
Gürün	- 15	Kemaliye	- 18	NEVŞEHİR	- 15	Sındırgı	- 6 R	Yapraklı	- 15
Hacıbektaş	- 12	Kemalpaşa	- 3	NIĞDE	- 15 R	Solhan	- 18	Yayladığı	0 R
Hadun	- 9	Kepsut	- 6 R	Niksar	- 12	Soma	- 3 R	Yalova	- 3 R
Hafik	- 18	Keskin	- 12	Nizip	- 6 R	Sorgun	- 15	Yatağan	- 3 R
HAKKARİ	- 24	Keşan	- 3	Nusaybin	- 6 R	Söğüt	- 9 R	Yavuzeli	- 9
Halfeği	- 9 R	Kırıbrıcık	- 12	Of	- 3	Söke	0 R	Yenice	- 3 R
Hamur	- 24	Kığı	- 18	Oğuzeli	- 9	Sultandığı	- 12	Yenişehir	- 6 R
Hanak	- 21	Kilis	- 6	Olut	- 24	Sultanhisar	- 3	Yerköy	- 15
Hani	- 12	Kınık	- 3 R	Olur	- 18	Suluova	- 12	Yeşilova	- 9
Hasan	+ 3 R	Kiraz	- 3	ORDU	- 3	Suruç	- 6 R	Yeşilhisar	- 15
Havsa	- 9 R	Kırıkhan	0 R	Orhaneli	- 6 R	Sungurlu	- 15	Yeşilyurt	- 12
Havza	- 9	Kırıkkale	- 12	Orhangazi	- 3 R	Susurluk	- 6 R	Yığılca	- 12
Haymana	- 12 R	Kırköy	- 3	Ortaköy	- 15	Suşehri	- 15	Yıldızeli	- 18
Hayrabolu	- 9 R	KIRLARELİ	- 9 R	Ösmancık	- 12	Sütlüce	- 3	YOZGAT	- 15
Hazro	- 12	KIRŞEHİR	- 12	Osmaneli	- 6 R	Sütçüler	- 9	Yunak	- 12
Hekimhan	- 15	Kızılcahamam	- 12	Osmaniye	- 3 R	Şabanözü	- 15	Yusufoğlu	- 12
Hendek	- 6 R	Kızıltepe	- 6	Ovacık	- 18	Şarkikaraağaç	- 12	Yüksekova	- 27
Hilvan	- 6 R	Koçarlı	- 3 R	Ödemiş	- 3	Şarkışla	- 18	Zara	- 18
Hizan	- 18	KONYA	- 12	Ömerli	- 6	Şarköy	- 3 R	Zile	- 15
Hınıs	- 21	Korkuteli	- 9	Özalp	- 15	Şavşat	- 12	ZONGULDAK	+ 3 R
Hopa	- 3					Şebinkarahisar	- 12		

EK 4. MaxiAir plus 5 kW – Isıtma kapasite tabloları

Isıtma Kapasitesi (Tesisat Gidiş/Dönüş) 35-30°C										
Kompresör Hızı (rps)										
Dış Hava Sıcaklığı		40% red			50% red			60% red		
		120	110	100	90	80	72	60	52	30
	-20		4,0	3,6	3,1	2,7	2,4	2,0	1,7	
	-15	4,7	4,3	3,9	3,4	3,0	2,7	2,2	1,9	
	-10	5,0	4,6	4,2	3,7	3,3	2,9	2,4	2,1	
	-7	5,2	4,8	4,4	3,9	3,5	3,1	2,5	2,2	
	-5	5,3	4,9	4,5	4,0	3,6	3,2	2,6	2,3	1,2
	-3	5,4	5,0	4,5	4,1	3,6	3,3	2,7	2,3	1,3
	0	6,0	5,6	5,1	4,6	4,1	3,7	3,0	2,6	1,5
	2	6,4	6,0	5,5	4,9	4,4	4,0	3,3	2,9	1,6
	7	8,1	7,6	7,0	6,3	5,7	5,1	4,3	3,7	2,1
	10	8,5	7,9	7,3	6,6	6,0	5,4	4,5	3,9	2,2
	12	8,7	8,1	7,5	6,8	6,2	5,6	4,7	4,1	2,3
	20	9,5	9,0	8,4	7,7	7,0	6,4	5,3	4,7	2,7

Isıtma Kapasitesi (Tesisat Gidiş/Dönüş) 45-40°C										
Kompresör Hızı (rps)										
Dış Hava Sıcaklığı		40% red			50% red			60% red		
		110	100	90	80	72	60	52	30	
	-20	3,3	2,9	2,5	2,2	2,0	1,6	1,4		
	-15	3,7	3,3	3,0	2,6	2,3	1,9	1,6		
	-10	4,2	3,8	3,4	3,0	2,7	2,2	1,9		
	-7	4,5	4,1	3,7	3,3	2,9	2,4	2,1	1,1	
	-5	4,6	4,2	3,8	3,4	3,0	2,5	2,1	1,2	
	-3	4,8	4,4	3,9	3,5	3,1	2,6	2,2	1,2	
	0	5,3	4,8	4,3	3,9	3,5	2,9	2,5	1,4	
	2	5,6	5,1	4,6	4,1	3,7	3,1	2,7	1,5	
	7		6,4	5,8	5,2	4,7	3,9	3,4	1,9	
	10		6,6	6,0	5,4	4,9	4,1	3,6	2,1	
	12		6,8	6,2	5,6	5,1	4,3	3,7	2,1	
	20		7,6	7,0	6,3	5,8	4,9	4,3	2,4	

Isıtma Kapasitesi (Tesisat Gidiş/Dönüş) 55-47°C										
Kompresör Hızı (rps)										
Dış Hava Sıcaklığı		40% red			50% red			60% red		
		100	90	80	72	60	52	50	40	
	-20	2,6	2,2	2,0	1,8	1,4	1,2	1,2		
	-15	3,1	2,7	2,4	2,1	1,7	1,5	1,4		
	-10	3,7	3,3	2,9	2,6	2,1	1,8	1,8		
	-7	4,1	3,7	3,3	2,9	2,4	2,1	2,0		
	-5	4,2	3,8	3,4	3,0	2,5	2,2	2,1		
	-3	4,4	3,9	3,5	3,1	2,6	2,2	2,1		
	0	4,7	4,2	3,8	3,4	2,8	2,4	2,3	1,9	
	2	4,9	4,4	3,9	3,6	2,9	2,6	2,5	2,0	
	7	5,7	5,2	4,7	4,2	3,5	3,1	3,0	2,4	
	8	5,8	5,3	4,8	4,3	3,6	3,1	3,0	2,4	
	9	5,9	5,4	4,9	4,4	3,7	3,2	3,1	2,5	
	10	6,0	5,5	5,0	4,5	3,7	3,3	3,2	2,5	
	12	6,3	5,7	5,1	4,7	3,9	3,4	3,3	2,7	
	20	7,2	6,6	6,0	5,5	4,6	4,0	3,9	3,1	

EK 5. MaxiAir plus teknik özellikleri

	Birim	DemirDöküm MaxiAir Plus Isı Pompası 5 kW - İç Ünite	DemirDöküm MaxiAir Plus Isı Pompası 7 kW - İç Ünite	DemirDöküm MaxiAir Plus Isı Pompası 12 kW - İç Ünite	DemirDöküm MaxiAir Plus Isı Pompası 14 kW - İç Ünite
Ürün Tanımı		HA 5-S WSB	HA 7-S WSB	HA 12-S WSB	HA 12-S WSB
Güç Beslemesi	V/Faz/Hz	230 V (+%10/-%10), 50 Hz, 1~N/PE 400 V (+%10/-%10), 50 Hz, 3~N/PE			
Boyutlar (YxGxD)	mm	720x440x350	720x440x350	720x440x350	720x440x350
Ağırlık	kg	23	24	26,5	26,5
Entegre Takviye Isıtıcı Gücü	kW	6	6	8*	8*
Elektrikli Isıtıcı Kademe Sayısı		6	8	12	12
Ses Basınç Seviyesi****	dB(A)	38	40	45	45
Ses Gücü (Isıtma - A7/W35)***	dB(A)	41	43	45	45
Ses Gücü (Soğutma - A35/W18)***	dB(A)	39	42	43	43
Tesisat Bağlantısı	inch	1"	1"	1"	1"
Isıtma İçin Girdi Suyu Sıcaklığı (min. - maks.)	°C	20 - 55	20 - 55	20 - 55	20 - 55
Soğutma İçin Girdi Suyu Sıcaklığı (min. - maks.)	°C	7 - 25	7 - 25	7 - 25	7 - 25
Takviye Isıtıcı ile Isıtma Devresi Suyu Maks. Sıcaklığı	°C	75	75	75	75
Enerji Sınıfı (Isıtma)		A++	A++	A++	A++
Enerji Sınıfı (Soğutma)		A++	A++	A++	A++
Kaskat Yapılabilen Cihaz Adedi		7	7	7	7
İç - Dış Ünite Arası Sakar Boru Uzunluğu (Min. - Max.)	m	3 - 25	3 - 25	3 - 25	3 - 25
Dış - İç Ünite Arası Kot Farkı	m	10	10	10	10
Kablo Kesitli** (TTR) (230 V)	mm²	3x4	3x4	3x4 (Maks. 6 kW olarak)	3x4 (Maks. 6 kW olarak)
Kablo Kesitli** (TTR) (400 V)	mm²	5x2,5	5x2,5	5x2,5	5x2,5
Sekülesyon Pompası Maksimum Basma Yüksekliği	m	7,5	7,5	9,5	9,5
Sekülesyon Pompası Devir Sayısı	m³/saat	0,70	1,02	1,70	1,80
Sekülesyon Pompası Elektrik Girişi (Nömrəsi)	W	60	60	100	100
Tesisat Minimum Debri Miktarı	m³/saat	0,40	0,55	1,13	1,18
Cihaz Dayanım Basıncı	bar	3	3	3	3

*Takviye ısıtıcı infize bağlantısında 9 kW olarak belirlenebilir. Eğer monofaze bağlantısı yapılacak ise 6 kW olarak alınmalıdır.

**Diğer iç ortalama 20 m'lik kablo uzunluğu için verilen çaptır.

	Birim	DemirDöküm MaxiAir Plus Isı Pompası 5 kW - Dış Ünite	DemirDöküm MaxiAir Plus Isı Pompası 7 kW - Dış Ünite	DemirDöküm MaxiAir Plus Isı Pompası 12 kW - Dış Ünite	DemirDöküm MaxiAir Plus Isı Pompası 14 kW - Dış Ünite
Ürün Tanımı		HA 5-S OS 230V	HA 7-S OS 230V	HA 10-S OS 230V	HA 12-S OS 230V
Kapasite (Isıtma)****	kW	4,42	5,78	8,70	10,25
Kapasite (Soğutma)****	kW	4,82	6,30	12,78	12,78
Elektrik Tüketim Kapasitesi (Isıtma)****	kW	0,95	1,28	2,12	2,30
Elektrik Tüketim Kapasitesi (Soğutma)****	kW	1,29	1,76	3,90	3,90
COP****	W/W	4,68	4,58	4,57	4,54
EER****	W/W	3,76	3,58	3,28	3,28
Güç Beslemesi	V/Faz/Hz	230/50/1	230/50/1	230/50/1	230/50/1
Kullanım Aralığı (Isıtma)	°C	-20 - 20	-20 - 20	-20 - 20	-20 - 20
Kullanım Aralığı (Soğutma)	°C	15 - 48	15 - 48	15 - 48	15 - 48
Kullanım Aralığı (Sıcak Su)	°C	-20 - 43	-20 - 43	-20 - 43	-20 - 43
Ölçüler (YxGxD)	mm	785x1.100x450	965x1.100x450	1.565x1.100x450	1.565x1.100x450
Net Ağırlık	kg	82	113	191	191
Ses Gücü (Isıtma - A7/W35)***	dB(A)	53	54	58	58
Ses Gücü (Soğutma - A35/W18)***	dB(A)	54	56	59	59
Soğutucu Madde Hattı Uzunluğu (min. - maks.)	m	3 - 25	3 - 25	3 - 25	3 - 25
Soğutucu Madde Dolun Miktarı	kg	1,50	2,39	3,60	3,60
Boru Çapları (Gaz/Su)	inch	1/2" - 1/4"	5/8" - 3/8"	5/8" - 3/8"	5/8" - 3/8"

*Takviye ısıtıcı infize bağlantısında 9 kW olarak belirlenebilir. Eğer monofaze bağlantısı yapılacak ise 6 kW olarak alınmalıdır.

**Diğer iç ortalama 20 m'lik kablo uzunluğu için verilen çaptır.

***EN 12102, EN ISO 9614-1 standartlarında.

**** A7/W35 EN14511 standardına göre

***** A35/W18 EN 14511 standardına göre

***** 1 metre mesafede / 960 sesiz çalışma modunda

DemirDöküm

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : EMRE SAĞLAM

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Sinop Anadolu Lisesi, 2005

Lisans : Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2010

Lisans : Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme Bölümü, 2012

Lisans : Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Emlak ve Emlak Yönetimi Bölümü, 2014

Lisans : Sinop Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 2019

Mesleki Deneyim

Staj : Karayolları Genel Müdürlüğü 7. Bölge Müdürlüğü, Stajyer, 2009

İş Yeri : Eklips İnşaat Harita ve Müh. Sanayi ve Ticaret A.Ş., Veri giriş elemanı, 2005-2006

İş Yeri : Cengiz İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş, Kuruluş, Saha mühendisi, 2011-2012

İş Yeri : Akay Yapı Denetim Lti. Şti., Kontrol mühendisi, 2012-2018

İş Yeri : Elliye Yapı Denetim Lti. Şti., Kontrol mühendisi, 2018-2019

İş Yeri : Tokat Kemer İnş.Hafr. Nak.Gıda Ziraî Gübre San.Tic.Ltd.Şti Ahmet Aydın Adi Ortaklığı, Şantiye şefi, 2019-2020

İş Yeri : 4A Teknik Yapı Denetim Lti. Şti., Kontrol mühendisi, 2021-2022