

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



İSTANBUL'DA MEVCUT BİR OFİS YAPISININ ENERJİ ETKİN TASARIM
BAĞLAMINDA YENİLENMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sinan YARDIMCI

Mimarlık Anabilim Dalı
Mimarlık Bilim Dalı

Temmuz, 2019

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



İSTANBUL'DA MEVCUT BİR OFİS YAPISININ ENERJİ ETKİN TASARIM
BAĞLAMINDA YENİLENMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sinan YARDIMCI
(YL1613.050060)

Mimarlık Anabilim Dalı
Mimarlık Bilim Dalı

Tez Danışmanı Prof.Dr. Zülküf GÜNELİ

Temmuz, 2019



T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz Mimarlık Ana Bilim Dalı Mimarlık Tezli Yüksek Lisans Programı **Y1613.050060** numaralı öğrencisi **Sinan YARDIMCI** 'nın "**İSTANBUL'DA MEVCUT BİR OFİS YAPISININ ENERJİ ETKİN TASARIM BAĞLAMINDA YENİLENMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM**" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 16/07/2019 tarih ve 2019/14 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından **aybırığı** ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak **Kabul** edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 23/07/2019

1) Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zülkiif GÜNELİ

2) Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ayşe SİREL

3) Jüri Üyesi : Doç. Dr. Şensin YAĞMUR

.....
.....
.....

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “İstanbul’da Mevcut Bir Ofis Yapısının Enerji Etkin Tasarım Bağlamında Yenilenmesine Yönelik Bir Yaklaşım” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (.././2019..)

Sinan YARDIMCI

ÖNSÖZ

Tezim süresince sevgiyle ve sabırla tecrübelerini, bilgi birikim ve deneyimlerini benimle paylaşan, zerafeti ve çalışmalarıyla örnek olan kıymetli hocam Prof.Dr. Zülküf GÜNEL'e , beni kabul edip bilgilerini benimle paylaşan sayın Doç.Dr. Şensin AYDIN YAĞMUR'a ve aileme sonsuz teşekkürler.

Temmuz 2019

Sinan YARDIMCI

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	x
KISALTMALAR.....	xii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvi
ÖZET.....	xviii
ABSTRACT.....	xx
1. GİRİŞ.....	1
2. ENERJİNİN ETKİN KULLANILDIĞI YAPILARDA TASARIM ANA İLKELERİNİ BELİRLEYEN KOŞULLAR.....	5
2.1 Yapı ve Çevresine Ait Fiziki Koşullar.....	6
2.1.1 Yapının Konumu.....	7
2.1.2 Yapının Yönü.....	8
2.1.3 Yapı Aralıkları ve Diğer Binalara Göre Konumu.....	9
2.1.4 Yapı Formu.....	10
2.1.5 Yapı Kabuğu Özellikleri.....	11
2.1.6 Yapı Çevresindeki Zemin ve Bitki Örtüsü Özellikleri.....	13
2.2 Kullanıcı Değerleri.....	13
2.3 İklim Koşulları.....	14
3. YAPILARDA YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMI.....	17
3.1 Yapılarda Güneş Enerjisinin Kullanımı.....	17
3.1.1 Edilgen(Pasif) Sistemler.....	18
3.1.1.1 Dolaysız Isı Kazancı.....	19
3.1.1.2 Isı Depolayıcı Duvarlar(Trombe Duvarlar).....	19
3.1.1.3 Güneş Odası.....	20
3.1.2 Etken(Aktif) Sistemler.....	21
3.1.2.1 Düz Toplaçlar.....	21
3.1.2.2 Fotovoltaik Paneller.....	22
3.2 Yapılarda Rüzgar Enerjisinin Kullanımı.....	33
4. MEVCUT BİR YAPININ ENERJİ KULLANIMINA YÖNELİK İYİLEŞTİRME SENARYOSU.....	41
4.1 Yapı ve Çevresine Ait Fiziki Koşulların Tespiti.....	41

4.1.1	Yapının Konumu ve Yönü	41
4.1.2	Örnek Yapının Çevresel Özellikleri ve Yapı Aralıkları	41
4.1.3	Yapı Formu	41
4.1.4	Yapı Kabuğu Özellikleri	41
4.1.5	Kullanıcı Değerleri	42
4.1.6	İklim Koşulların Belirlenmesi	42
4.2	Bir Yapının Enerji Kullanımını Etkileyen Etmenler	43
4.2.1	Isı Yalıtım Etkisi:	43
4.2.2	Mevsimsel Değişikliklerin Etkisi	43
4.2.3	Çatı, Pencere ve Duvar Alanlarının Etkisi	46
4.2.3.1	Çatı Etkisi	46
4.2.3.2	Pencere Etkisi	47
4.2.3.3	Duvar Etkisi	47
4.2.4	Aktif ve Pasif Sistemlerin Etkisi	48
4.2.5	Güneş Kırıcılarının Etkisi	49
5.	UYGULAMA ÇALIŞMASI : MEVCUT BİR OFİS BİNASININ ENERJİNİN ETKİN KULLANIMI AÇISINDAN YENİLENMESİ	51
5.1	Uygulama Çalışmasının Adımları	51
5.1.1	Yapıya Ait Bilgilerin Toplanması ve Programda Tanımlanması	52
5.1.2	Yapının Mevcut Durumu Simüle Edilerek Isıtma Soğutma Yükleri, Enerji Giderleri ve CO2 Emisyonunun Hesaplanması	54
5.1.3	Yapının Enerji Tüketimini ve CO2 Emisyonunu Azaltmak için Öneriler	60
5.1.3.1	Trombe Duvarı Uygulaması	60
5.1.3.2	PV Kullanımı	61
5.1.3.3	Yapı Kabuğu Alternatifleri	63
5.1.3.3.1	Cam Tipleri	63
5.1.3.3.2	Isı Yalıtım Malzemeleri	63
5.1.4	Geliştirilen Alternatiflerin Sonrası Yapının Isıtma Soğutma Yükleri, Enerji Giderleri, CO2 Emisyon Hesabı	64
5.1.5	Bulgular	71
6.	DEĞERLENDİRME VE SONUÇ	73
	KAYNAKLAR	77

KISALTMALAR

%	: Yüzde
BM	: Birleşmiş Milletler
RES	: Rüzgar Enerji Santrali
GES	: Güneş Enerji Santrali
AB.	: Avrupa Birliği
CO	: Karbonmonoksit
CO₂	: Karbondioksit
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
YEGEM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
GW	: Gigawatt
MW	: Megawatt
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowatt saat
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MAM	: Marmara Araştırma Merkezi
MİLRES	: Milli Rüzgar Enerji Sistemleri Geliştirilmesi ve Prototip Türbin Üretimi Projesi
REPA	: Türkiye Rüzgar Enerjisi Atlası
RİTM	: Rüzgar Gücü İzleme ve Tahmin Merkezi
SO₂	: Kükürtdioksit
TÜREB	: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği
WASP	: Wind Atlas Analysis and Application Program
WMO	: Dünya Meteoroloji Organizasyonu
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kanunu
°K	: Kelvin
SOR	: Saydamlık oranı
U	: Toplam ısı geçirme katsayısı W/m ² . K
U_c	: Camın toplam ısı geçirme katsayısı
U_D	: Duvarın toplam ısı geçirme katsayısı
U_{do}	: Doğrmanın toplam ısı geçirme katsayısı
U_p	: Saydam bileşenin (pencerenin) toplam ısı geçirme katsayısı
U_T	: Tavanın toplam ısı geçirme katsayısı
U_t	: Tabanın toplam ısı geçirme katsayısı
φ	: Opak bileşenin genlik küçültme faktörü
Φ, h	: Opak bileşenin zaman geciktirmesi
τ, a ve r	: Opak ve saydam bileşenlerin güneş ışınımına karşı geçirgenlik (opak bileşen için geçersiz), yutuculuk ve yansıtıcılık katsayıları
nZEB	: Sıfır enerjili bina

nnZEB : Yaklaşık sıfır enerjili bina
WWR : Pencere Duvar alanları Oranı (Window Wall Ratio)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Konfor Koşullarının Sağlanmasında Etkili Olan Değişkenler.....	6
Çizelge 3.1: Fotovoltaiklerin Tarihsel Gelişimi	23
Çizelge 3.2: Çatılarda Fotovoltaik Sistemlerin Kullanım Gereksinimleri	29
Çizelge 5.1: Cephe Saydamlık Oranları	55
Çizelge 5.2: Dış Duvar Katman Detayları	56
Çizelge 5.3: Bodrum Üstü Katman Detayları	56
Çizelge 5.4: Düz Çatı Katman Detayları.....	56
Çizelge 5.5: Eğik Çatı Katman Detayları.....	57
Çizelge 5.6: Eğik Çatı Katman Detayları.....	60
Çizelge 5.7: Sera Gazı Üretimi	61
Çizelge 5.8: Dış Duvar Katman Detayları	65
Çizelge 5.9: Bodrum Üstü Katman Detayları	66
Çizelge 5.10: Düz Çatı Katman Detayları	66
Çizelge 5.11: Eğik Çatı Katman Detayları.....	67
Çizelge 5.12: Kullanılan Toplam Enerji Dağılımı	69
Çizelge 5.13: Alternatifler Sonrası Sera Gazı Üretimi	70
Çizelge 5.14: Fotovoltaik Panellerin Yıllık Elektrik Üretimi.	71

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: Pasif Güneş Sistemlerinde Isıtma Şekilleri.....	18
Şekil 3.2: Doğrudan Pasif Güneş Sistemleri.....	19
Şekil 3.3: Trombe Duvarları Örneği	20
Şekil 3.4: Güneş Odası Örneği.....	20
Şekil 3.5: Güneş Kollektörü.....	22
Şekil 3.6: Fotovoltaik Sistem Şeması	26
Şekil 3.7: Fotovoltaik Pilin Yapısı	27
Şekil 3.8: Düz Çatılarda PV Uygulama	27
Şekil 3.9: Eğimli Çatılarda Direkt Mevcut Sac ya da Kiremit Üzerine Uygulama ...	28
Şekil 3.10: Kiremit ile Bütünleşik Panel	28
Şekil 3.11: Eğrisel Çatı Uygulaması	29
Şekil 3.12: Düzlemsel Giydirme Cephe Uygulaması	30
Şekil 3.13: Yatayda Kırıklı Giydirme Cephe Uygulaması	31
Şekil 3.14: Eğimli Düzlemsel Giydirme Cephe Uygulaması	31
Şekil 3.15: Konfor Koşullarının Sağlanmasında Etkili Olan Değişkenler.....	33
Şekil 3.16: Enerji Kimlik Belgesi	34
Şekil 3.17: RES Bahçe	35
Şekil 3.18: RES Duvar	36
Şekil 3.19: RES Çatı	36
Şekil 3.20: Türbin-Bina Entegreli Rüzgar Enerjisi.....	37
Şekil 3.21: Çok Katlı Binada Çatı Uygulaması	37
Şekil 3.22: RES Ana Kısımları	38
Şekil 3.23: Dikey Eksenli ve Yatay Eksenli Türbin	39
Şekil 4.1: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)	43
Şekil 4.2: Türkiye Güneşlenme Süreleri	44
Şekil 4.3: Türkiye Global Radyasyon Değerleri	44
Şekil 4.4: Türkiye Rüzgar Atlası	46
Şekil 4.5: Pencere Duvar oranı	49
Şekil 4.6: Bir Binanın Doğal Havalandırma Şeması.....	49
Şekil 4.7: Kayar Katlanır Güneş Kırıcı Sistem	50
Şekil 5.1: Bina Konumunda Aylara Göre Güneş Yolu Çizelgesi	53
Şekil 5.2: Mevcut Bina Çizimleri	54
Şekil 5.3: Seçilen Yapının Programda Modellenmesi.....	57
Şekil 5.4: Simüle Edilen Mevcut Yapının Sonuçları.....	59
Şekil 5.5: Solar Panel Özellikleri	63
Şekil 5.6: Alternatifler Sonrası Enerji , Sıcaklık ve Isı Dengesi Verileri	68
Şekil 5.7: Alternatifler Sonrası Yapının DesignBuilder Programında Modeli.....	72

İSTANBUL'DA MEVCUT BİR OFİS YAPISININ ENERJİ ETKİN TASARIM BAĞLAMINDA YENİLENMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM

ÖZET

Dünyadaki tüm binalar fosil yakıtların yaklaşık olarak %35- %40 'ını tüketmektedir. Bu tüketime sanayideki yapı malzemelerinin üretilmesinde harcanan enerji dahil değildir. Bu nedenle her geçen gün artan enerji talebi nedeniyle yaşanılabilir alanlar ve yaşanılabilir bir çevre tasarlarırken en önemli faktörlerden biri de enerji verimliliği olacaktır. Sanayi sektörünün, inşaat alanlarının, nüfusun ve enerji tüketimini etkileyen faaliyetlerin artması yeni enerji ihtiyaçlarını gerektirecektir. İhtiyaç duyulan enerjilerin karşılanması için kullanılan fosil yakıtların tüketimi dünya üzerinde çeşitli olumsuz sonuçlar açığa çıkarmaktadır. Bu açığa çıkan olumsuz sonuçların önüne geçilmesi ve azaltılması dünyadaki iklim değişiklikleri için büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle de yenilenebilir enerjilerin kullanımı ve daha az enerji tüketen, çevre dostu ve sürdürülebilir binalar gibi bütünleşik tasarıma sahip olacak binalar büyük önem ve fayda sağlayacaktır. Az enerji tüketen, çevre dostu, sürdürülebilir ve gerekli olan enerjiyi yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayan binaların tasarımı ve inşaatı, bütünleşik ve iş birliği gerektiren bir süreçtir. Ülkemizde binalardaki enerji tasarrufu ve enerji verimliliğinin artması aynı zamanda fosil yakıtların azaltılması amacıyla Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği (BEP yönetmeliği) 5 Aralık 2009 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu noktada Türkiye'nin kullandığı enerji türü ve miktarıyla ilgili olumsuz bir durum görülmektedir. Ayrıca Türkiye'de tüketilen toplam enerjinin yaklaşık %74'i ithal edilmekte, bu oranın 2020 yılında ise %78 'e yükselmesi beklenmektedir. Türkiye de yapılarda kullanılan enerji, fosil yakıtlardan sağlanmakta, bu da CO2 emisyonunun fazla olmasına neden olmaktadır. Binalarda enerji tasarrufu yönetmeliği ile bu oran önemli ölçüde azalmış ve yapılarda enerji tasarrufu sağlamanın en etkili yönlerinden birinin de yenilenebilir

kaynaklarından elde edilen enerjiyi kullanmak olduğu görülmüştür. Dünyadaki binalarda kullanılan yapı malzemelerinin bina enerji performansı ve bina konforu açısından yetersiz olduğu gözlemlenmektedir. Buna karşı olarak yapılarda daha verimli yapı malzemelerin kullanımı ve bu malzemelerin özellikleri vurgulanmıştır.

Bu durumlar önlem alınmadığı ve destek görmediğı her an gezegenimiz de daha büyük felaketlerin oluşumunda hayati önem arz etmektedir ve böylelikle daha az enerji tüketen, çevre dostu ve sürdürülebilir binaların önemi artmakta ve bu bütünleşik tasarımların oluşumu çoğalmaktadır. Bu bağlamda tez kapsamında, yapılardaki enerji performansı süreçleri incelenip bu dönüşüm evresinde yapıların konforu, enerji verimliliğı değışimindeki rolleri irdelenecektir. Bu irdelemeler ışığında seçilmiş bir yapı modellenerek mevcut hali ile simülasyonu yapıp, entegre edilecek yapı malzemeleri ile minimuma indirgenecek enerji ihtiyacı ve yenilenebilir enerji kaynakları ile revize edilmiş hali simülasyon edilerek yapılan bu değışimlerle daha az enerji tüketen, çevre dostu ve sürdürülebilir bir bina modeli önerilecektir.

Anahtar Kelimeler: *Yapı Kabuğu, Yenilenebilir Enerji, Etkin Enerji, Mimari Sürdürülebilirlik*

AN APPROACH TO RENEWING AN EXISTING OFFICE STRUCTURE IN THE CONTEXT OF ENERGY EFFICIENT DESIGN IN ISTANBUL

ABSTRACT

All buildings in the world consume approximately 35-40% of fossil fuels. This consumption does not include the energy spent in the production of building materials in the industry. Therefore, energy efficiency will be one of the most important factors in designing habitable areas and a livable environment due to the increasing energy demand. The increase in the industrial sector, construction sites, population and activities affecting energy consumption will require new energy needs. The consumption of fossil fuels used to meet the energy needs reveals various negative consequences on the world. Preventing and mitigating these negative consequences is crucial for climate change in the world. Therefore, buildings that will have integrated design such as the use of renewable energies and environmentally friendly and sustainable buildings that consume less energy will be of great importance and benefit. The design and construction of buildings that consume less energy, are environmentally friendly, sustainable and meet the required energy from renewable energy sources is an integrated and collaborative process.

These situations are vital to the occurrence of greater disasters in our planet whenever it is not taken precaution and support, and thus, the importance of less energy-consuming, environmentally friendly and sustainable buildings increases and the formation of these integrated designs increases. In this context, energy performance processes in buildings will be examined and their roles in comfort, energy efficiency change will be examined in this transformation phase. In the light of these studies, a structure that we have chosen will be modeled and simulated in its current form, and the energy need to be reduced to a minimum with the materials to

be integrated and the revised version with renewable energy sources will be simulated and a less energy-consuming, environmentally friendly and sustainable building model will be proposed.

Key Words: *Building Shell, Renewable Energy, Effective Energy Architectural*

1. GİRİŞ

Yapılardaki enerji verimliliğinin önemi yenilenebilir enerji deki gelişmelerin , enerji sektörünün ve fosil yakıtların hızlı tükenmesi ile binalarda enerji verimliliğinin önemini ortaya koymuştur. Bu bağlamda bina ısı konforu ve enerji tüketimi önemli bir etken oluşturmaktadır. Daha az enerji tüketen, çevre dostu ve sürdürülebilir binaların önemi bu bağlamda artarak küresel ısınma tehdidine karşı büyük bir fayda sağlamaktadır. Bu yüzden yenilenebilirlik, enerji güvenliği (verimliliği) ve iklim değişikliği ülkeler için hayati önem arz etmektedir. Bu konular yapı sektöründe ele alındığı zaman, dünyadaki mevcut binaların enerji ihtiyacını karşılamak için toplam enerji tüketiminin yarısına yakın bir tüketimin olduğu tespit edilmiştir. Bu ortalama %40-45 olarak görülmektedir. Böylelikle enerji tüketimini azaltmakta binaların büyük bir payı olduğunu söyleyebiliriz. Bina enerji tüketimi minimuma indirgenerek bina konforunun artırılması sağlanmaktadır. Bununla birlikte yenilenebilir enerji çeşitlerini, yapılardaki kullanımı, fosil yakıtların tüketiminin azaltılması, yenilenebilir enerjinin faydalarını ve doğaya kazandıracaklarına yönelik araştırmalar incelenerek bina tasarımlarına entegre edilmiştir. Araştırmalar göstermektedir ki bina ısı konforu yapılardaki enerjiyi minimuma indirgeyerek yaklaşık sıfır enerjili binaların elde edilmesinin mümkün olduğunu ve yenilenebilir enerji içeren binaların uzun vadede daha ekonomik ve kazanç sağlamaktadır.

Öncelikle literatür araştırması tamamlanıp yapılardaki enerji verimliliği, yenilenebilir enerjiler, binalarda yapı malzemelerinin önemi, bina ısı konforu ve mevcut yapıların daha az enerji tüketen, çevre dostu ve sürdürülebilir binalara dönüştürülmesi konuları hakkında yayınlanan tez, makale, kitap gibi kaynaklar tez konusu çerçevesinde irdelenecektir. Bu irdelenmeden sonra mevcut seçtiğimiz yapı ele alınarak mevcut hali simülasyon edilerek incelenecektir. İncelenen örneklerde; yapı özellikleri, ısı yalıtım etkisi, mevsim değişikliklerinin etkisi, doğal havalandırma etkisi, doğal aydınlatma

etkisi, HVAC sistemleri ve aydınlatma sistemleri konuları eşliğinde matris tablosu oluşturulacaktır. Bu tablolar neticesinde oluşan ön varım ışığında alan çalışmasına başlatılacaktır. Seçilen yapı, enerji simülasyonu ile pasif ve aktif enerji sistemleri mevcut hali ile analiz edilecek, mevcut yapıya önerilen yapı malzemeleri ile bu mevcut harcanan yapı enerjisi minimuma indirgenerek bina konforu artırılarak enerji simülasyonu kıyaslaması ile bir tablo oluşturularak gösterilecektir. Minimum enerji tüketimine düşürülen yapı yenilenebilir enerji kaynaklarının entegre edilmesi ile birlikte daha az enerji tüketen, çevre dostu ve sürdürülebilir binalara örnek teşkil edecektir. Literatür araştırması ile birlikte simülasyonu yapılan bina incelenecek ve bu bilgiler ışığında dönüşüm modeli önerilecektir.

1.1 Araştırmanın Amacı

Tez çalışmamızın amacı; Son yüzyılda hızla ilerleyen ve durdurulamayan küresel ısınma felaketinin bir payına sahip olan binaların daha verimli kullanılması ile gezegendeki bu ilerleyişin yavaşlamasını sağlamaktır. Daha önce yapıyı tamamlanmış olan yapıların, enerji kullanımlarının iyileştirilerek enerji tasarrufu yapabileceğini ortaya koymaktır. Çalışma aynı zamanda yenilenebilir (sürdürülebilir) bir yaşamın ve yapıların kullanımını arttırmayı amaçlamaktadır.

1.2 Araştırmanın Kapsamı ve Yöntemi

Dünyadaki tüm binalar fosil yakıtların yaklaşık olarak %35- %40 'ını tüketmektedir. Bu tüketime sanayide ki yapı malzemelerinin üretilmesinde harcanan enerji dahil değildir. Bu nedenle her geçen gün artan enerji talebi nedeniyle yaşanılabilir alanlar ve yaşanılabilir bir çevre tasarlarırken en önemli faktörlerden biri de enerji verimliliği olacaktır. Sanayi sektörünün, inşaat alanlarının, nüfusun ve enerji tüketimini etkileyen faaliyetlerin artması yeni enerji ihtiyaçlarını gerektirecektir. İhtiyaç duyulan enerjilerin karşılanması için kullanılan fosil yakıtların tüketimi dünya üzerinde çeşitli olumsuz sonuçlar açığa çıkarmaktadır. Bu açığa çıkan olumsuz sonuçların önüne geçilmesi ve azaltılması dünyadaki iklim değişiklikleri için büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle de yenilenebilir enerjilerin kullanımı ve binalarda daha az enerji tüketen çevre dostu ve sürdürülebilir bütünleşik tasarıma sahip olacak

binalar büyük önem ve fayda sağlayacaktır. Az enerji tüketen, çevre dostu, sürdürülebilir ve gerekli olan enerjiyi yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayan binaların tasarımı ve inşaatı, bütünleşik ve iş birliği gerektiren bir süreçtir. Ülkemizde binalardaki enerji tasarrufu ve enerji verimliliğinin artması aynı zamanda fosil yakıtların azaltılması amacıyla Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği (BEP yönetmeliği) 5 Aralık 2009 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu noktada Türkiye'nin kullandığı enerji türü ve miktarıyla ilgili olumsuz bir durum görülmektedir. Ayrıca Türkiye'de tüketilen toplam enerjinin yaklaşık %74'i ithal edilmekte, bu oranın 2020 yılında ise %78'e yükselmesi beklenmektedir. Türkiye'de yapılarda kullanılan enerji, fosil yakıtlardan sağlanmakta, bu da CO2 emisyonunun fazla olmasına neden olmaktadır. Binalarda enerji tasarrufu yönetmeliği ile bu oran önemli ölçüde azalmış ve yapılarda enerji tasarrufu sağlamanın en etkili yönlerinden birinin de yenilenebilir kaynaklarından elde edilen enerjiyi kullanmak olduğu görülmüştür. Dünyadaki binalarda kullanılan yapı malzemelerinin bina enerji performansı ve bina konforu açısından yetersiz olduğu gözlemlenmektedir. Buna karşı olarak yapılarda daha verimli yapı malzemelerin kullanımı ve bu malzemelerin özellikleri vurgulanmıştır.

2. ENERJİNİN ETKİN KULLANILDIĞI YAPILARDA TASARIM ANA İLKELERİNİ BELİRLEYEN KOŞULLAR

Enerji kaynakları genel olarak pahalı ve sınırlıdır. Bu doğrultuda enerjinin etkin olarak tasarruflu bir şekilde kullanılması binaların etkin enerji kullanımına uygun dizayn edilmesi ve yapılması önem arz etmektedir. Enerji kaynaklarını çeşitlendirmek bir çözüm olduğu gibi binaların enerji kaynaklarını maksimum verimde kullanmak bu konuda avantaj sağlayacak bir olgudur.

Enerji etkin tasarım; enerji etkinliği, enerji üretimi ve iletiminde etkinliğin yanında, enerjinin kullanımında da etkinliği kapsamaktadır. Daha az maliyet ve daha az birincil kaynak kullanarak daha çok enerji elde etme yönünde çalışmalar yapılırken, aynı miktar enerji ile daha çok iş yapılması veya aynı iş için daha az enerji kullanılarak yapılması yönünde çalışmalar yapılmaktadır [1]. Enerji; üretimi, dağıtımı ve iletimi yapılırken kayıplar minimum olacak şekilde dizayn edilmeye çalışılmaktadır. Enerjiyi kullanırken tasarruflu tüketmeli ve olabilecek kayıpları önlemeye çalışılmalıdır. Bunun için;

- Akıllı sistemlerle aktif olmayan bölümlerin enerjisi kapatılmalıdır,
- Acil olmayan tüketimler enerjinin en az yoğunlukta kullanıldığı saatlere denk getirilerek (gece 22.00 den sonra) tüketilmelidir,
- Evlerde kullanılan gereçler elektrik tüketimi düşük ve verimliliği yüksek olanlardan seçilmelidir,
- Kazalara, can ve mal kaybına sebep olacak kalitesiz malzeme kullanımından uzak durulmalıdır,

- Aydınlatma aygıtlarının geri verimi ve içinde kullanılan lambaların verimi yüksek olmalıdır

Enerjinin etkin olarak kullanımı tasarlanırken kullanıcıların memnuniyetinden ödün verilmemesi oldukça önemlidir. Bunun için bina tasarımında bir çok faktör yer alacağı unutulmamalıdır. Bu noktada bir çok değer uyumlu olarak bir araya getirilmelidir. Konfor koşullarının sağlanması ile ilgili aşağıdaki çizelge bizlere yol göstermektedir.

Çizelge 2.1: Konfor Koşullarının Sağlanmasında Etkili Olan Değişkenler [2]

KULLANICIYA İLİŞKİN DEĞERLER	İKLİME İLİŞKİN DEĞERLER	BİNAYA İLİŞKİN DEĞERLER
<ul style="list-style-type: none"> • Kullanıcı Niteliği ve Durumuna İlişkin Değerler <ul style="list-style-type: none"> - Metabolizma düzeyi - Giysi türü - Kullanıcının mekandaki konum ve duruş şekli • Fizyolojik Değişkenler <ul style="list-style-type: none"> - Objektif değişkenler - Subjektif Değişkenler 	<ul style="list-style-type: none"> • Dış İklimsel Değişkenler <ul style="list-style-type: none"> - Güneş ışınımı - Dış hava sıcaklığı - Dış hava nemliliği - Rüzgar • İç İklimsel Değişkenler <ul style="list-style-type: none"> - İç hava sıcaklığı - İç yüzey sıcaklığı - İç hava hareketi - İç hava nemi 	<ul style="list-style-type: none"> • Binanın Bulunduğu Yer • Binanın Yönlendiriliş Durumu • Binanın Diğer Binalara Göre Konumu • Bina Formu • Bina Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özellikleri

2.1 Yapı ve Çevresine Ait Fiziki Koşullar

Daha az enerji tüketen çevre dostu ve sürdürülebilir binaların mimari projesi yapılmadan bazı durumların göz önünde bulundurulması, sonra ki yıllar için enerjinin daha aktif kullanılması konusunda avantaj sağlamaktadır. Bu noktada dış ve

iç iklimsel koşullar oldukça önemlidir. Mimari projesi ve bina inşası yapılmış bir proje de maksimum enerji avantajı sağlamak için yapılacak çalışmada binanın yeri, yapısı, yönü, konumu, dış donanımı, izolasyon yapısı, altyapısı ile ilgili konular önemli olacaktır. Bu bölümün alt başlıklarında bu konulara değinilmiştir.

Mimari projeler olağan uygulamalarda önceden hazırlanmakta ve bu projeler diğer gerekli sistemlere verilerek ilgili tasarımlar yapılmaktadır. Ancak birimler arasında ki bu kesintili çalışma nedeniyle etkin enerji verimliliği yakalanamamaktadır. Bunun yerine mimari proje tasarımı yapılırken birbiriyle bağlı disiplinlerarası sistemler (inşaat, elektrik, makine vb.) birlikte planlı ve koordineli çalışarak optimum verimli etkinlik yakalanmalıdır. [3]

Mimarisi biten projelerde ise planlı bir revizyon yapılarak enerji verimliliğinde maksimum fayda sağlamaya çalışmak mümkündür. Bu noktada entegre bina tasarımının sıfır enerjili binaya dönüştürülmesi bir takım parametrelere bağlı olacaktır. Mevcut binanın koşulları ve konumu öncelikle çok iyi tespit edilmelidir. Bu doğrultu da mevcut aydınlatma sistemi, pencere ve kapı sistemi, dış duvar mantolama sistemi, izolasyon yapısı, ısıtma ve soğutma sistemi, doğal güneş ışınlarını ve doğal havalandırma alma mevcudiyeti ve bu sistemle ilgili bir takım veriler hesaplarda kullanılmak üzere tespit edilmelidir. Binanın tasarımı; iç konumun minimum enerjiyle gerekli konfor ve iklim koşullarını sağlayacak olması hedef ve beklentisi ile binanın dış çevre iklim koşullarının etkisini azaltma görevini sağlamalıdır. [4]

2.1.1 Yapının Konumu

Etkin enerji tüketimini etkileyen, güneş, dış hava sıcaklığı, rüzgar hareketleri ve nem gibi iklim faktörleri, binanın bulunduğu yerin seçimi açısından önemlidir. Bina yerinin seçiminde belirtilen faktörler göz önüne alınarak uygun bölge seçimi yapılmalıdır.

Yer, iklim kontrolünde ve hava kirliliğini önlemede etkili olan bir tasarım parametresidir. Bu parametre ; [5]

- a. Arsanın baktığı yön,
- b. Arsanın eğimi,
- c. Arsanın konumu,
- d. Arazi örtüsü (veya güneş ışınımı yansıtma özelliği),

gibi alt parametrelerden oluşmaktadır. Yer seçiminde iklim faktörleri ile birlikte hava kirliliği, nüfus yoğunluğu etkili parametrelerdendir. Bu noktada enerji sarfiyatının azlığı hava kirliliğinin azalmasına sebep olacaktır. Nüfus yoğunluğunun çokluğu da aynı şekilde kirlilik için bir sebep olabilmektedir. Bunların dışında arazinin merkezi ulaşım ve enerji kaynaklarına yakınlığı ve binalar arası gerekli mesafelerin bırakılması bina yeri konusunda sosyal öneme sahiptir.

Daha az enerji tüketen çevre dostu ve sürdürülebilir entegre tasarımında binanın yeri mevcut olacağı için mevcut iklimsel şartların etkisi yapılacak hesaplamalarda kullanılmak üzere değerlendirilmelidir. Buna bağlı olarak dikkate alınacak nokta iklimsel ve mevsimsel koşulların tespit edilmesidir.

2.1.2 Yapının Yönü

Binanın yönü, toplam güneş ve rüzgar etkisi açısından önemli bir tasarım parametresidir. Kış mevsimi yoğun geçen bölgelerde rüzgarın az güneşin çok alması, yaz mevsim uzun ve sıcak süren bölgelerde güneşin az rüzgarın az etkisinin olacak şekilde yön seçilmesi olumlu netice vermektedir. Dolayısıyla iklim bölgesine göre binaların güneş ve rüzgar enerjisinden yararlanacak veya korunacak şekilde bina yön seçimi yapılmalıdır.

Bu parametreler binanın yönü ile dolaylı veya direkt ilgilidir. Sıfır enerjili bina hedefi için bu koşulların hepsi göz önünde bulundurulmalıdır. Bina yönü mimari sürecin en başından itibaren değerlendirilmeli ve dikkate alınmalıdır. Bu noktada özellikle gün ışığı kullanımı, pasif güneş enerjisi kullanımı, enerjinin etkin kullanımı ve su korunumu doğrudan sıfır enerjili bina tasarımı için kullanıma ve değerlendirmeye açıktır.

Daha az enerji tüketen çevre dostu ve sürdürülebilir binaların entegre tasarımında binanın yönü mevcut olacağı için mevcut iklimsel şartların etkisi yapılacak hesaplamalarda kullanılmak üzere tespit edilmelidir. Buna bağlı olarak dikkate alınacak parametreler; mevcut binanın yerinde ki rüzgar hızı, rüzgar yönü, dış hava sıcaklıkları, iklim yapısı, güneş ışınlarını alma açısı ve oranı, nem, diğer binaların etkisi söylenebilir.

2.1.3 Yapı Aralıkları ve Diğer Binalara Göre Konumu

Bina aralıklarının birbirine uzaklıkları, güneş enerjisi ve rüzgar hızını etkilemektedir. Bina aralıkların yakın olması gölgelenme aralıklarına bağlı olarak güneş enerji ısısını azaltmakta ve rüzgar hızını düşürmektedir. Güneş ısısından faydalanmak için farklı binaların gölgeleri birbirlerini etkilemeyecek şekilde konumlandırılmalıdır. İklim koşullarına bağlı olarak rüzgar hızının iklimlendirme etkisini göz önüne alınarak bina uzaklıkları analiz edilmelidir. Binaların birbirlerine yakın olması rüzgar hızını keseceğinden rüzgarın soğutma etkisini azaltmakta, binalar birbirine uzak olduğunda çoğaltmaktadır.

Güneşli saatlerde direkt güneş ışınımından maksimum yararlanabilmek için, bina aralıklarının binaların birbirleri için güneşlenme engeli teşkil etmemelerini sağlayan sınır değerlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bina aralıkları belirlenirken özetle aşağıdaki adımlar izlenir ; [6]

- 1) Isıtmanın istendiği dönemin karakteristik günü belirlenir.
- 2) Profil açıları belirlenir: Bölge enlemine ve binaların yönlendiriliş durumuna veya binaya ait cephelerin baktıkları yönler bağlı olarak, ele alınan karakteristik güne ait saatlerde geçerli olan profil açıları her yöne bakan cephe için belirlenir.
- 3) Binanın önündeki gölgeli alan derinliği arazinin yatay ve eğimli olması durumuna göre hesaplanır.

Kış aylarında ise güneş ışınlarından pasif amaçlı olarak maksimum bir fayda sağlamak için, bina aralıkları komşu binaların en uzun gölge boyuna eşit ya da büyük olmalıdır. [6] Bina aralıkları güneş ışınlarının açısal durumuna göre arazi eğimi de

dikkate alınarak bina yönü tayin edilir. Aynı zamanda hakim rüzgar yönü ve hızı da belirlenerek maksimum fayda sağlayacak şekilde bina yönü tayininde bir faktör olarak değerlendirilir.

daha az enerji tüketen çevre dostu ve sürdürülebilir binaların entegre tasarımında bina aralıkları ve diğer binalara göre konumu önceden mevcut olacağı için mevcut fiziki şartların durumuna göre değerlendirilmesi olağan bir gerçeklik olacaktır.

2.1.4 Yapı Formu

Rüzgar ve güneş enerjisinden maksimum faydayı sağlamak üzere binanın geometrik yapısı, yüksekliği, alanı, eğimi, çatı yapısı, yatay ve düşey mimarisi tasarlanarak tayin edilmelidir.

Sıfır enerjili bina için Güneş enerjisinden maksimum fayda sağlamak üzere bina alanı çalışması yapılmalıdır, bu doğrultuda daha fazla güneş paneli kullanmak üzere yatay mimaride yapılan binalar daha avantajlı gözükmektedir. Rüzgar enerjisinden maksimum fayda sağlamak için yüksek kotlarda rüzgar daha engelsiz olarak eseceğinden dikey mimaride yapılan binalar için rüzgar türbini kullanımı avantajlı gözükmektedir. Güneş ve rüzgar enerjilerinin her ikisinden faydalanılmak istendiğinde (hybrit sistem) bina alanı ve yüksekliği hesaplanarak optimum ebatlar seçilmelidir.

Bina Formu [7] ;

- Biçim faktörü (plandaki bina uzunluğunun bina derinliğine oranı),
- Bina yüksekliği,
- Çatı türü (düz, beşik ve karma),
- Çatı eğimi,
- Cephe eğimi,

gibi binaya ilişkin geometrik değişkenler aracılığı ile tanımlanabilir

Bu doğrultuda sıfır enerjili binalar için; bina formu, bina dış kabuk yapısı, bina uzunluğu, derinliği, yüksekliği, çatının eğimi, tipi, cephe eğimi değişken parametreler olarak kabul edilmektedir.

Mimarisi tamamlanmış daha az enerji tüketen çevre dostu ve sürdürülebilir entegre tasarımı yapılmak istenen binaların yeri, bina yönü ve bina aralıkları ve diğer binalara göre konumu durumunda değişiklik yapılamaz ancak bina formunda bazı değişikliklerin yapılması olasıdır. Bu noktada ;

- Balkonların ve pencerelerin yeniden dizaynı
- Gerektiğinde rüzgar kırıcıların ilavesi
- Gerektiğinde güneş kırıcıların ilavesi
- Çatıların yönü ve açısında değişiklik yapılması, gerekirse çatının tümünden değiştirilmesi,
- Binanın dış cephesinin güneş panelleri montajı yapılmasına elverişli hale getirilmesi
- Çatının rüzgar türbini montajına elverişli hale getirilmesi

gibi maddeler eşliğinde maksimum enerji verimliliği tasarlanabilir.

2.1.5 Yapı Kabuğu Özellikleri

Yapı kabuğu maksimum enerji verimli binalar elde etmek için en önemli ısı miktarı belirleyici değişkenlerden biridir.

Yapıların ısısal performansını etkileyen en önemli tasarım parametresi olan bina kabuğu; opak ve saydam olmak üzere fiziksel özellikleri ve ısı geçişine karşı davranışları birbirinden farklı iki bileşenden oluşmaktadır. Bina kabuğunun ısısal performansını etkileyen en önemli fiziksel özellikleri; [8]

- Opak ve saydam bileşenlerin ısı geçirme katsayısı (U , $W/m^2 \cdot K$),
- Opak bileşenin genlik küçültme faktörü (ϕ),

- Opak bileşenin zaman geciktirmesi (Φ , h) ve
- Opak ve saydam bileşenlerin güneş ışınımına karşı geçirgenlik (opak bileşen için geçersiz), yutuculuk ve yansıtıcılık katsayıları (τ , α ve r) olarak sıralanabilir.

Bir veya birden fazla katmandan oluşmuş herhangi bir kabuk bileşenin ısı geçirme katsayısı; bileşenin her iki tarafındaki hava sıcaklığı farkı 1 K iken bileşenin birim alanından bu alana dik doğrultuda birim zamanda geçen ısı miktarı olarak tanımlanır. [8]

Bu doğrultuda bina kabuğu; güneş ışınlarını yutma ya da yansıtma, rüzgarı tutma ya da kaydırma, dış ortam sıcaklığını içe geçirme, iç ortam sıcaklığını dışa geçirme, nemden ve yağmurdan etkilenme, dış kabuk rengi, gibi parametreler bakımından önemlidir.

Bölgenin mevsimsel yapısına göre yapı faktörü de sıfır enerjili entegre bina tasarımı için dikkate alınması gereken hususlardır.

Bununla birlikte sıfır enerjili binalarda akıllı kabuk sistemleri yakın zamanlarda ön plana çıkmaktadır.

Bina dış kabuğu; klasik yöntemlerle veya akıllı kabuk sistemi diye adlandırılan değişik teknikler uygulanmaktadır. Akıllı kabuk sistemleri; sıcaklığa, neme, gürültüye, rüzgar şiddetine ve yönüne, iklime, güneş ışınları açısına duyarlı olarak tepki veren sistemlerdir.[8]

nZEB sıfır enerjili binaların ve nnZEB yaklaşık sıfır enerjili binaların entegre tasarımında bina kabuğunun dış koşullara ait özellikleri konusunda bir takım değişiklikler yapılarak enerji verimliliğinin artırılması mümkündür.

Bina dış kabuğu değişik teknikler kullanılarak mantolama yapılmaktadır. Bu sayede binanın dış duvarında yüksek izolasyon sağlanarak dış ortam sıcaklığının iç ortama etkisi, iç ortam etkisinin dış ortama geçişi önlenmektedir. Bu noktada bir takım uygulama gerçekleştirilerek enerji verimliliğini artırmak olanaklıdır.

Bunlar;

- Bina dış kabuğuna güneş panelleri dizilmesi,
- Isı alışverişini engellemek üzere izolasyon yapılması,
- Doğal havalandırmaya imkan verecek yapı tasarımı yapılması,
- Akıllı kabuk tasarımı sayesinde ihtiyaca göre alınacak güneş enerjisi ayarlanması,
- Rüzgar ve güneş enerjisinden daha fazla faydalanmak ya da korunmak üzere bina dış kabuğunun renk ve yüzey kayganlığı tasarımının gerçekleştirilmesi,

gibi.

2.1.6 Yapı Çevresindeki Zemin ve Bitki Örtüsü Özellikleri

Bina çevresindeki zemin özellikleri ve bitki örtüsü binalarda enerji tasarruf yapısını doğal olarak etkilemektedir. Uzak ya da yakın çevredeki deniz, göl, nehir nem oranında, tepe, dağ, çok yüksek binalar güneşlenme ve rüzgar almada, çok yüksek ağaç yapısı güneş ve rüzgar almada, çevre zemininin karasal çöl ya da yeşil bitki örtüsüne haiz olması temiz havalandırma sağlanmasında, çevrenin sanayi kuruluşlarına yakınlığına göre gürültü seviyesinde, binanın bulunduğu yer, yön ve fonksiyonuna göre olumlu ya da olumsuz yönde etkileyici olmaktadır. Yukarıda belirtilen çevre zemin ve bitki örtüsü bakımından olumsuz özellikte sonuç çıkar ise; olumsuzlukları gidermek için bir masraf çıkacağı, olumlu çıkar ise; tersine tasarruf sağlayacağı aşıkardır.

2.2 Kullanıcı Değerleri

Metabolizma düzeyi (aktivite düzeyi); kimyasal enerjinin, organizma içindeki metabolik aktiviteler ile ısı ve mekanik içe dönüşüm oranıdır [9]. Giysi türü; giysilerin ısı yalıtım direncini belirlediğinden ve dolayısıyla insanla çevresi arasındaki ısı geçici miktarını etkilediğinden iklimsel konfor koşullarının belirlenmesinde önemlidir. Kullanıcının mekanda ki konum ve duruş şekli; ısınım yoluyla yaptığı ısı alışverişi üzerinde etkilidir. Çünkü kullanıcı ve onu çevreleyen

yüzeyle arasındaki aç faktörleri, kullanıcının hacim içindeki konumunun bir fonksiyonudur ve kapalı hacimdeki bir insanın iklimsel konforunu önemli ölçüde etkileyecek bir değişkendir [2].

Fizyolojik değişkenler ise birçok ısı vucut-ısı değişken arası hissedilen ilişkilere bağlıdır. Bu değişkenler kalp atış oranı, terleme oranı, deri sıcaklığı gibi faktörler olarak görölmektedir. [11]

2.3 İklim Koşulları

Bir bölgenin iklimsel koşulları o bölgede bir takım olumlu ya da olumsuz etkilere sebep olur. İklim temelli etkin enerji kullanımı; kullanıcının konforunun sağlanması, enerji kaynaklarının maksimum verimle harcanması gibi faydalar sağlar. Bu noktada enerjinin sıfır noktasına ulaşması için yapılacak çalışma, iklim faktörleri üzerinden işlem yapmakla ancak olacaktır.

İklim faktörleri;

- Dış hava sıcaklığı
- Güneş etkisi
- Rüzgar
- Nem

olmaktadır. Tasarlanacak mimari de iklim faktörleri olarak bu bileşenler göz önünde bulundurulmalıdır.

İklim faktörlerini detaylandırarak olursak;

Hava sıcaklığı, gerçekte değiştirilemez olup, bulunduğu bölgenin iklimsel koşullarına bağlı bir olgudur. Ancak etkileri artırılıp çoğaltılabilir. Şehircilik planları, bina yoğunluğu, ortalama bina yükseklikleri, bitki örtüsü yapısı, arazinin yapısına göre bina yerinin konumu, hava sıcaklığını etkileyen unsurlardır. Bununla

beraber güneş ışınlarının düşme açısı, güneş alma süresi, yükseklik, nemlilik, akıntılar, git-gel olayları, bitki örtüsü ısının yayılımını etkileyen genel sebeplerdir.

Primer ısı kaynağı olarak güneş enerjisi en önemli ısı kaynağıdır. Dış ortam ve en direkt olarak iç ortam ısı kaynağı güneştir. Güneş ışınlarının direkt temas ettiği yüzeyler direkt güneş ısısına maruz kalmaktadır. İklimsel koşullara bağlı olarak güneş ısısından yararlanma ya da kaçınma durumu için, bina dış yapısı ve iç yapısı teknik olarak incelenerek dizayn edilmelidir. [12]

Rüzgar; atmosferde ki yüksek ve alçak basınca bağlı olarak iklimsel koşullar eşliğinde medyana gelen atmosferik bir olaydır. Binanın tasarımı açısından rüzgar dikkate alınması gereken en önemli faktörlendendir. Rüzgar ısı ve yağmur taşıma, aşındırma ve basınç değişiklikleri gibi nedenlere sebep olmaktadır, bu sebeple mimari projelerde her zaman göz önüne alınmalıdır. Rüzgar; hız, yön ve esme süresi ile bilinmektedir. Tasarım yapılırken en az 1 yıllık rüzgar hız, yön ve esme sıklığı istatistiklerine bakılması doğru sonuca ulaşılmasını sağlayacaktır.

Havadaki nem oranı, yaşam konforunu etkileyen sebeplerdendir. Yeryüzündeki su miktarı atmosferde ki su buharı ile doğrudan orantılıdır. Su buharını etkileyen sebepler; [12]

- Kuru ve yaş termometre sıcaklığı
- Hava sıcaklığı ve bağıl nemlilik
- Buhar Basıncı
- Çiğ noktası

Olarak değerlendirilmektedir.

Entegre tasarım ile sıfır enerjili binalar açısından düşünüldüğünde, yaşam konforu ve maksimum enerji etkinliği açısından bölgenin nem oranı dikkate alınmalıdır.

3. YAPILARDA YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMI

3.1 Yapılarda Güneş Enerjisinin Kullanımı

Günümüz enerji teknolojilerine bakıldığında en çok gelecek vadeden şüphesiz temiz enerjidir. Güneş, rüzgar, hidrojen, jeotermal, biokütle ve biyogaz gibi temiz enerji kaynaklarının en büyük avantajları, yenilenebilir yani tükenmez olmaları ve çevreye zararlı yabancı unsurlar bulundurmamalarıdır. Buna karşılık yenilenebilir enerjinin dezavantajları da vardır. Coğrafi olarak her yerde bol bulunmazlar; ayrıca yoğun enerji formları olmamaları nedeniyle büyük miktarlarda elde etmek için büyük sahalara ihtiyaç vardır. Temiz enerjinin en önemli türü fotovoltaik (FV) enerjidir. [13]

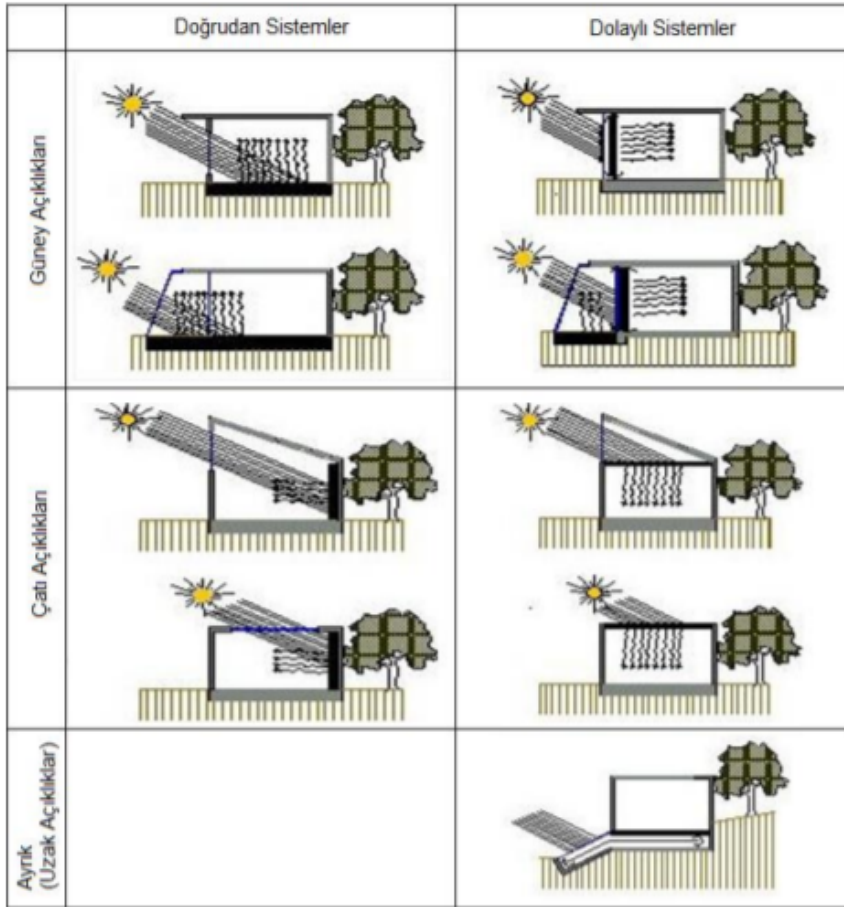
İnsanların yaşamında hava ve su kadar enerji de aynı ölçü de önem kazanmaktadır. Sanayileşmenin artmasıyla birlikte toplumların gelişmişlik seviyelerine bağlı olarak enerji tüketimi de sürekli artmaktadır. Fosil yakıtların belirli bir miktarda sabit olduğundan gelecekte tükenmesi olanaklıdır. Fosil yakıtların yerini tutması konusunda en önemli yenilebilir kaynağı olarak güneş enerjisi görülmektedir. Çünkü insanlık tarihinin başından bu yana güneş kaynağı her zaman vardır. 21.yy başlarından itibaren güneş enerjisinden faydalanma oranı artmıştır. Binalarda güneş enerjisinden faydalanılması da gelecek bölümde bahsedilen fotovoltaiklerin tarihsel gelişimi kısmında yer alan 1970 ve 1980’li yıllara denk geldiği görülmektedir.

Güneş enerjisi sonsuz büyüklükte olduğundan gelecekte yeni buluşlarla birlikte enerji sektöründe bir çığır açması ihtimal dahilindedir. Sıfır enerjili bir bina tasarımında da en önemli enerji kaynağının güneş olabileceği düşünülmektedir. Güneş ışınlarının direkt cisimlere çarpması ile ısınma etkisi yapmaktadır. PV fotovoltaik aygıtlar vasıtası ile de güneş ışınları elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Güneş enerjisinden elde edilen elektrik ile mikro yapıdaki hesap

makinası, kol saatleri, telefon vb. cihazların yanı sıra makro yapıda yollarda, stadyumlarda, resmi ve özel binalarda, sanayi merkezlerinde ısıtma, aydınlatma ve elektrik ihtiyacı için önemli bir enerji kaynağıdır.

3.1.1 Edilgen(Pasif) Sistemler

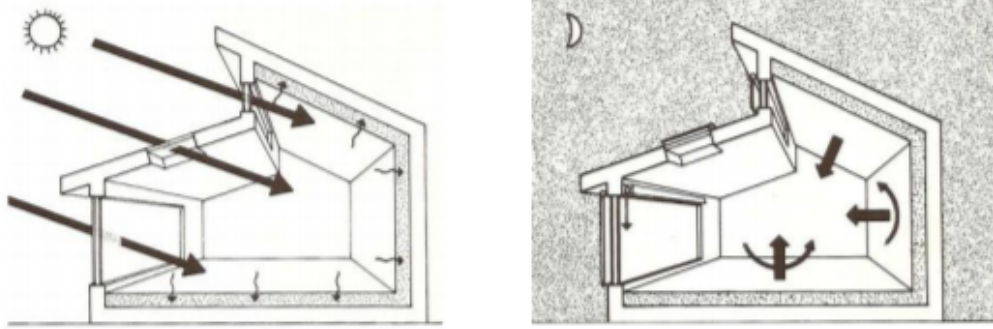
Isı enerjisini toplayıcı ve doğal yollarla dağıtıcı olan yöntemdir. Yapma enerjiye gereksinim göstermeyen yapıyla bütünleşmiş toplama ve depolama söz konusudur. Edilgen yöntemle güneş enerjisinden yararlanmak için tasarlanmış bir yapı başka yapıların yada ağaçların gölgesinde kalmayacak biçimde dikkatli yer seçimi ve yönlendirmesi yapılmış olmalı. Pencerelerin büyük bir bölümü kış aylarında güneşten faydalana bilmek için güneye yönlendirilmeli. Yaz aylarında aşırı ısınma sorununu önlemek için yapıdaki çıkıntılar cam yüzeyleri gölgede bırakacak biçimde etüt edilmiş, bir yapı olabilir. [14]



Şekil 3.1. Pasif Güneş Sistemlerinde Isıtma Şekilleri[15]

3.1.1.1 Dolaysız Isı Kazancı

Dolaysız ısı kazancı yöntemi yapının güney duvarındaki büyük cam yüzeylerden ve güneye bakan çatı pencerelerinden iç mekana giren güneş ışığının mekanın tavan, duvar ve döşemelerinde yutulurak ısı enerjisine dönüştürülmesi ve depolanmasına dayanır.



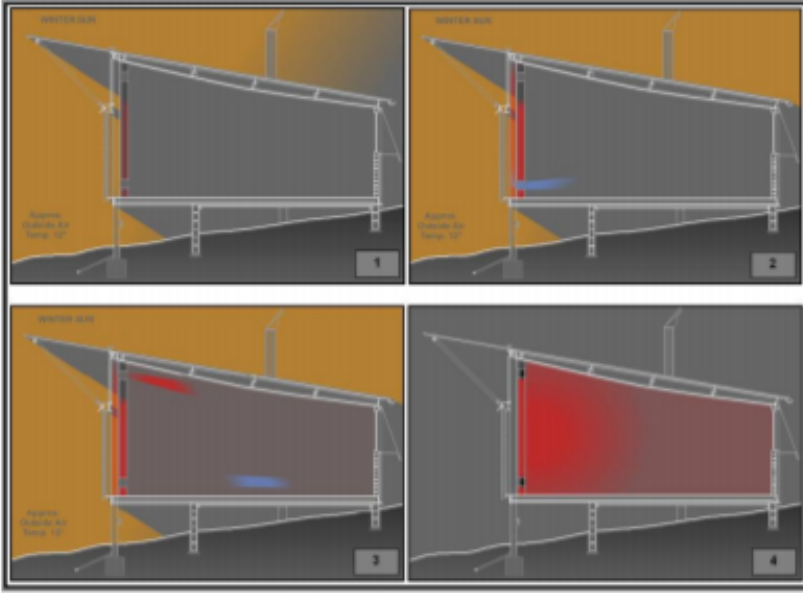
Şekil 3.2. Doğrudan Pasif Güneş Sistemleri [14]

3.1.1.2 Isı Depolayıcı Duvarlar(Trombe Duvarlar)

Isı depolayıcı duvarlar yönteminde, güneş ışınimleri iç mekana alınmadan yapı kabuğu olarak tasarlanan özel duvar ögesi aracılığıyla toplanır ve ısı enerjisine dönüşerek depolanır. Yöntemin kanallı ve kanalsız olmak üzere iki tür uygulaması mevcuttur.

Kanallı ısı depolayıcı duvarlar, mekana anında ısı sağladıkları gibi aynı zamanda depoladıkları enerjiyi güneşin olmadığı saatlerde ışınım yoluyla mekana aktarırlar.

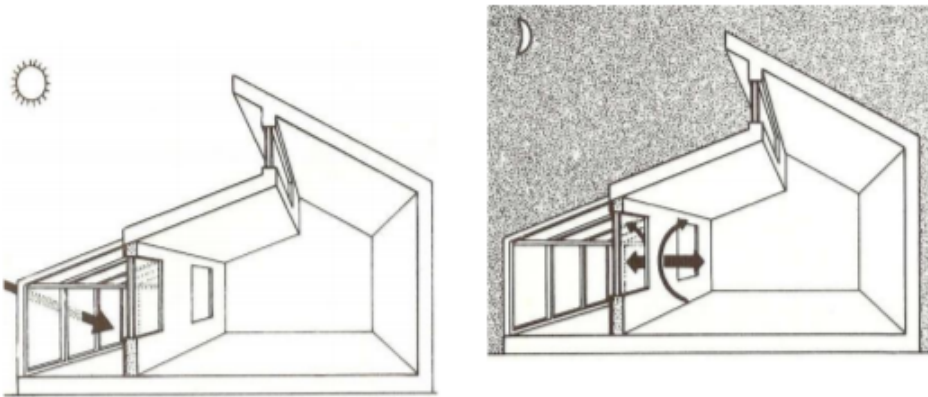
Kanalsız ısı depolayıcı duvarlar, mekana ısı aktarımında daha yavaş olsalar da bu duvarların üstün yanı 24 saat boyunca iç mekandaki sıcaklık değişimlerini azaltmada daha etkin olmalarıdır. Mekandaki iç sıcaklığı 24 saat boyunca daha durağan kılmaya özelliği, gece-gündüz sürekli kullanılan konut yapıları için daha verimlidir.[15]



Şekil 3.3. Trombe Duvarları Örneği [15]

3.1.1.3 Güneş Odası

Dış mekanla iç mekan arasındaki geçişi sağlayan yapıya, taze hava, ısı ve nem sağlayabilen ve içinde yaşanabilen alanlar olarak adlandırılabilir. Güneş odaları kışın güneş ışınlarını alarak ortam konforu için yararlı olabilirler fakat yazın istenmeyen ısı kazançları elde ettiklerinden olumsuzluklara sebep olabilmektedirler. Genellikle balkon veya teras olarak tasarlanmasıyla, arkadaki mekanlara gerektiğinde ısı enerjisi sağlayan gerektiğinde ısı kaybını önleyen bir tampon görevi görür.



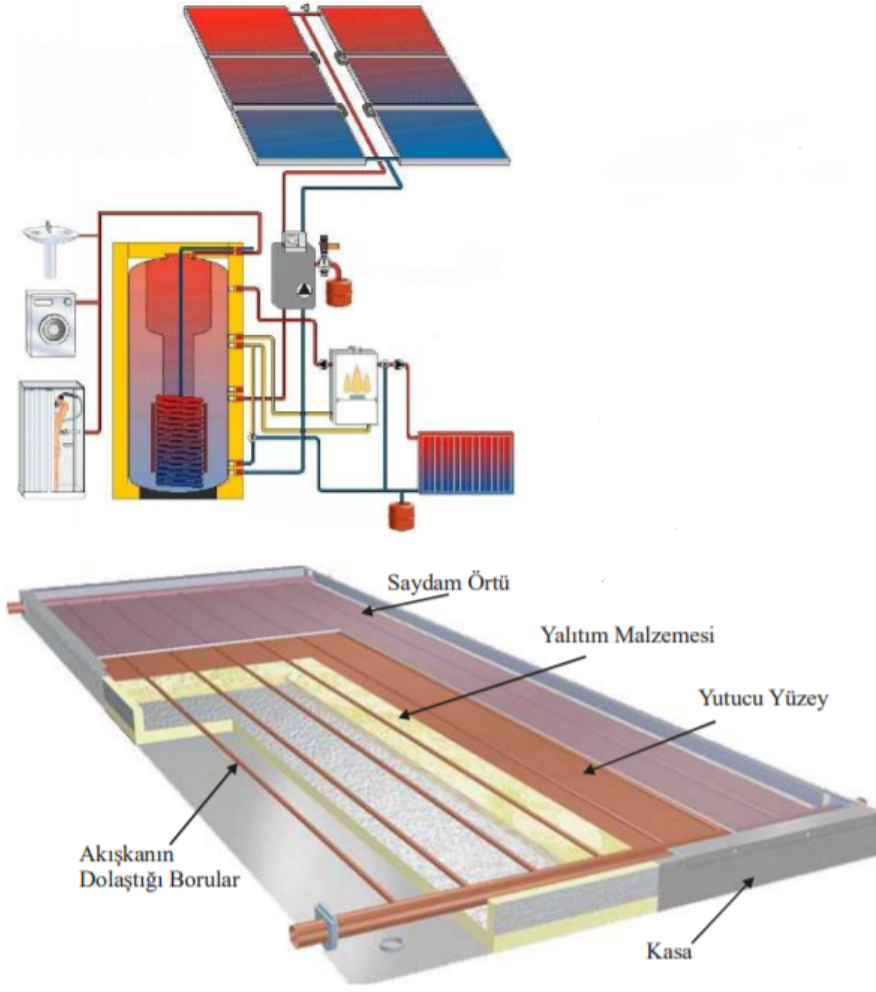
Şekil 3.4. Güneş Odası Örneği [14]

3.1.2 Etken(Aktif) Sistemler

Güneş enerjisinin kullanımında iki farklı aktif sistem mevcuttur. İlki Düz toplaçlar, güneş ışınlarıyla sıcak su üretilmesi sağlanır. İkincisi fotovoltaiik sistemler, güneş ışınlarıyla elektrik enerjisi üretmeyi sağlar.

3.1.2.1 Düz Toplaçlar

Isı enerjisinin toplamında ve dağıtımında ayrı bir sistemin kullanıldığı yöntemdir. Bu yöntemde güneş enerjisi doğrudan iç mekanları ısıtmak için kullanılmaz. Bu enerjiden yararlanarak önce su akışkanlar ısıtılır sonra bu ısıtılmış akışkanda depolanan enerji iç mekanlara aktarılır. Bu süreç güneş enerjisinin yapılarda güneş kollektörleri adı verilen malzemelerle sağlanır. Güneş kollektörlerinde eğim ve yön çok önemlidir. Maksimum verim alınabilmesi için güneş ışıklarının kollektörlere dik bir açıyla gelmesi gerekmektedir.



Şekil 3.5. Güneş Kollektörü [16]

3.1.2.2 Fotovoltaik Paneller

Photovoltaik kelimesi İngilizce “photo” (ışık) ve “voltaic” (elektrik üreten) kelimelerinin birleşmesiyle oluşmuştur. Fotovoltaik güneş hücreleri üzerine düşen güneş ışınlarını içeriğinde bulunan yarı iletken silikon maddeler ile doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Genel olarak yüzeyleri kare, dikdörtgen veya dairesel formlardadır. Yüzey alanı 100, 156 ve 243 cm² kalınlıkları ise 0,2 ila 0,4 mm arasında değişmektedir. Birim alandan 1 Watt elektrik enerjisi elde edilir. [17]

Fotovoltaik güneş pilleri, güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren düzeneklerdir. Fransız fizikçi Becquerel ilk kez 1839 yılında elektrolit içerisine

daldırılmış elektrotlar arasındaki gerilimin (voltajın), elektrolit üzerine düşen ışığa bağımlı olduğunu gözlemleyerek bulmuştur [18]

Fotovoltaik Sistemin tarihsel gelişimi aşağıda belirtildiği gibidir. [19]

Çizelge 3.1: Fotovoltaiklerin Tarihsel Gelişimi

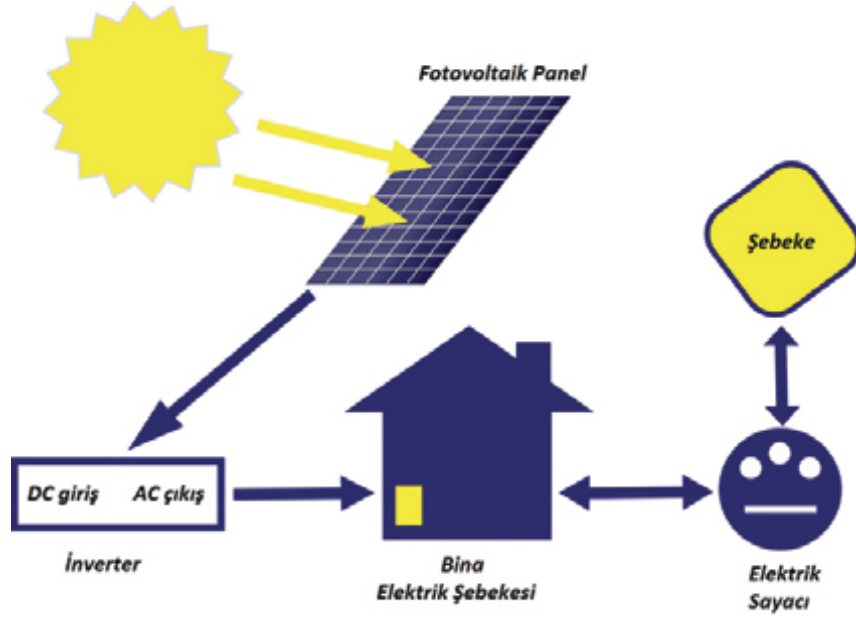
Yıl	Olay
1839	Alexandre Edmond Becquerel tarafından, zayıf bir iletken içindeki elektrotlar arasındaki gerilimin, elektrolit üzerine düşen ışığa bağlı olarak oluştuğu gözlemlenerek fotovoltaik olay keşfedilmiştir.
1873	Willoughby Smith tarafından selenyum üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Smith'in çalışmalarının W.G. Adams ve R.E. Day tarafından sürdürülmesiyle selenyum kristalleri üzerindeki fotovoltaik etki, 1876'da bulunmuştur. Böylece katı maddelerin de fotovoltaik etki oluşturmasının mümkün olduğu ortaya konulmuştur.
1883	Charles Fritts'in metal bir plaka üzerine yerleştiği selenyum tabakası kullanılarak yaklaşık %1 verim oranına sahip ilk güneş pili icat edilmiştir.
1887	Düşük voltajda elektromanyetik dalganın (ultraviyole) iki metal elektrot arasında atarken bir kıvılcım oluşumuna yol açtığı Heinrich Hertz tarafından laboratuvar ortamında gözlemlenmiştir.

1904	Wilhelm Hallwachs bakır ve bakır oksit kullanarak güneş pili üzerinde çalışmalarda bulunmuştur ve aynı yıl fotovoltaik etki üzerine Albert Einstein tarafından hazırlanan bir makale yayımlanmıştır.
1914	Fotovoltaik etkinin deneysel olarak varlığı ilk olarak Roberts Andrews Millikan'ın çalışmasıyla kanıtlanmıştır.
1916	Polonyalı bilim adamı Czochralski, tek kristalli silisyum üzerinde çalışmalar yapmış ve sonuçlarını bir makale ile yayımlamıştır.
1923	Albert Einstein fotovoltaik olayı açıklayan çalışmalarından dolayı Nobel Ödülü'ne layık görülmüştür.
1954	Silisyumun fotovoltaik etkisinin keşfedilmesi ile gelişmiş anlamdaki %4.5 verime sahip fotovoltaik hücre Chapin, Pearson ve Fuller tarafından elde edilmiştir. Birkaç ay içerisinde de verim yaklaşık %6 civarına ulaştırılmıştır.

1958	Fotovoltaik teknolojisi ilk olarak uzay araçlarında kullanılmaya başlanmıştır. Vanguard adlı uyduda 108 adet fotovoltaik hücre kullanılmıştır. Başarıyla sonuçlanan ilk denemede hücreler beklenenden daha yüksek performans göstermiş ve böylece fotovoltaikler 1960'ların ilk yıllarından itibaren uzay çalışmalarının güvenilir enerji kaynakları arasında yer almışlardır.
1959	Patenti Chapin, Pearson ve Fuller'e ait olan yeni teknoloji fotovoltaik hücrenin verimi %10'a kadar yükseltilmiştir.
1960	Teknolojik gelişmelere bağlı olarak saatlerde, hesap makinalarında ve sokak lambalarında kullanılmaya başlanmıştır.
1970	Binalarda kullanılmaya başlanan
1980 ve sonrası	Bina ile bütünleşik olarak kullanılmaktadırlar.

Şekil 3.6: Fotovoltaik Sistem Şeması

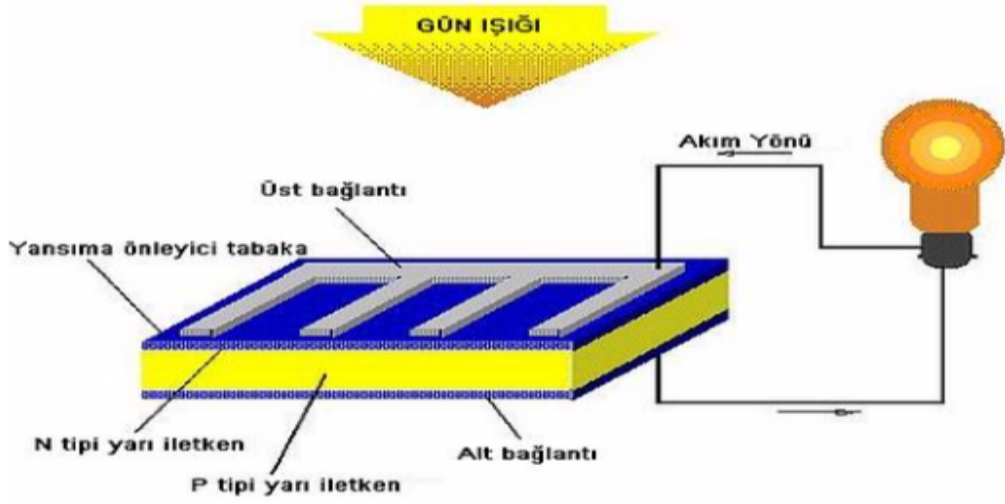
Güneş panelleri doğru akımlı elektrik üretmektedir. Evlerde ve sanayide kullanılan elektrik ise alternatif akımlıdır. PV panelden elde edilen DC doğru akım AC alternatif akıma DC/AC çeviriciler vasıtası ile çevirilerek kullanılmaktadır. PV paneller seri bağlanarak voltaj, paralel bağlanarak akım değerleri yükseltilmeye çalışılmaktadır.



Bir fotovoltaik sistemden yararlanmak için en az şu ekipmanlara ihtiyaç vardır;

- Güneş ışını
- Fotovoltaik panel
- Kablolar
- Koruyucu ekipman(sigorta,röle)
- Elektrik panosu
- DC/AC inverter
- Elde edilen elektrik depolanmak istenirse DC Akü bataryaları

bulunmalıdır.



Şekil 3.7: Fotovoltaik Pilin Yapısı

Çatılarda Fotovoltaik Panel Uygulamaları

Fotovoltaik sistemlerin çatılarda kullanım biçimleri genel olarak 5 ana başlık altında incelenmektedir. Bunlar; [20]

- 1) **Düz çatılarda kullanımı:** Fotovoltaikler direkt olarak çatıların üzerine montaj edilemezler. Güneş panel ölçülerine uygun özel konstrüksiyon alt montaj parçaları yapılarak çatı üzerine montaj edilmesi gerekmektedir. Ülkemizde güneş ışınlarını optimum seviyede alması için güneş panelleri 35 derece civarında açı ile güney yönüne bakması önerilmektedir. Düz çatılarda güneş panelleri sıralı dizilebilir.



Şekil 3.8: Düz Çatılarda PV Uygulama[21]

- 2) **Eğimli çatılarda kullanımı:** Çatı eğim açısı panel eğim açısına uygun ise eğim açısı tadilatına gerek kalmadan uygun şasi ile monte edilirler. Eğim açısı tutmadığı takdirde gerekli panel eğim açısını tutturmak üzere şasilere eğim açısı verilir. Eğimli çatılarda güneş panelleri sıralı dizilebilirler.

Eğimli çatılı binalarda üç şekilde uygulanabilir;

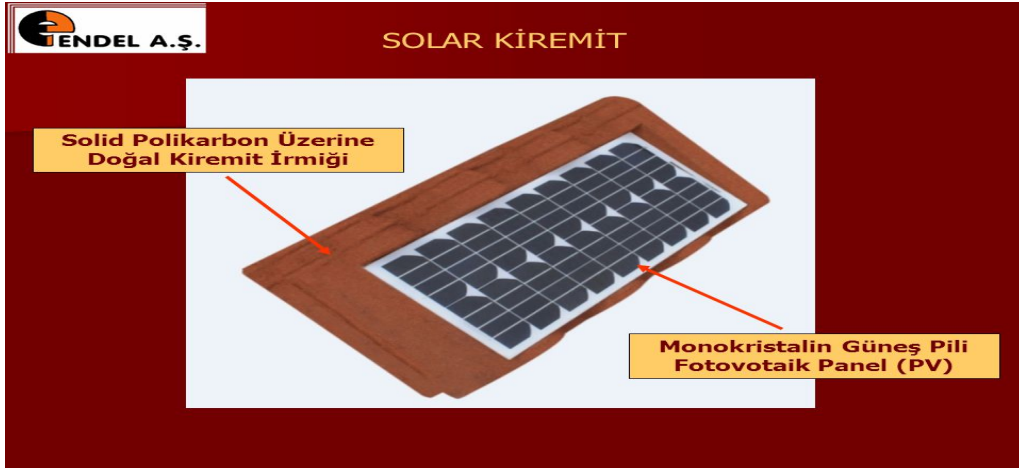
- 1) Direkt mevcut sac ya da kiremitlerin üzerine montaj edilerek



Şekil 3.9: Eğimli Çatılarda Direkt Mevcut Sac ya da Kiremit Üzerine Uygulama [22]

- 2) Metal, sentetik plakalar veya plastikler üzerine montaj edilerek

- 3) Kiremit ile bütünleşik paneller olarak



Şekil 3.10: Kiremit ile Bütünleşik Panel [23]

- 2) **Eğrisel çatılarda kullanımı:** Eğrisel çatılarda güneş panelleri sıralı olarak dizilemezler. Gruplara ayrılarak her grup şasisine gerekli açı verilerek montaj edilirler.



Şekil 3.11: Eğrisel Çatı Uygulaması [24]

- 4) **Testere dişli çatılarda kullanımı:** Testere dişli çatıların uygun kenarına mümkünse her iki kenarına sıralı olarak güneş panelleri dizilebilir.

- 5) **Atriyumlarda kullanımı:** Atriyumların kapalı bölgelerine güneş panelleri sıralı olarak dizilebilir. Şeffaf bölgelere konulması ise istenmez.

Bu noktada çatılarda Fotovoltaik Sistemlerin Kullanım Gereksinimleri aşağıdaki çizelgede belirtilmiştir. [25]

Çizelge 3.2: Çatılarda Fotovoltaik Sistemlerin Kullanım Gereksinimleri

Kullanıldığı Yer	Pv Sistemi	Özellikleri
Düz Çatıda	Pv Panel	Alt Strüktür Gerektirir
Eğimli Çatılarda	Pv Çatı Paneli	Çatı Strüktür Sistemi ile Birleştirilir Kiremit veya Şingil Olarak Kullanılır
Eğrisel Çatılarda	Opak Pv	Tasarım Esnekliği Sağlar
Testere Dişli Çatılarda	Pv Panel	Gün Işığına İzin Verir
Atriyumlarda	Pv Çatı Paneli	Opak veya Yarı Transparan Modüller Kullanılır

Cephede Fotovoltaik Panel Uygulamaları

Giydirme cepheler bina tasarımına göre farklı şekillerde uygulanabilirler bunlar; [20]

1- Düzlemsel giydirme cepheler

Pv modüllerin cam cephe taşıyıcıların üzerine montaj edilmesiyle oluşan sistemlerdir.

Giydirme cephelerde PV panel kullanımında en önemli sorun fazla ısı kazanımıdır. Bir PV panelin ısınması halinde elektrik üretiminin azalmaması için panelde doğal soğutmanın yapılması gerekmektedir. Bunları dikkate alarak tasarım halinde iken düşünmek ve olabilecek sorunları göz önüne almak gerekmektedir. [26]



Şekil 3.12: Düzlemsel Giydirme Cephe Uygulaması [26]

2- Düşeyde kırıklı giydirme cepheler

Düşeyde kırıklı giydirme cepheler Opak PV modül, yarı geçirgen modül ve şeffaf cam modül olmak üzere üç modül birlikte kullanılan cephelerdir. Bu tip cephelerin şasi konstrüksiyon maliyeti yüksek ve güneşe uygun yönde olduğundan elektrik üretim potansiyeli yüksektir. PV paneller düşey biçimde dizilerek oluşturulan cephelerdir. Bakım ve temizliği kolaydır.

3- Yatayda kırıklı giydirme cepheler

Yatayda kırıklı giydirme cepheler Opak PV modül, yarı geçirgen modül ve şeffaf cam modül olmak üzere üç modül birlikte kullanılabilen cephelerdir. Bu tip cephelerin şasi konstrüksiyon maliyeti yüksek ve elektrik üretim potansiyeli

yüksektir. PV paneller yatay biçimde dizilerek oluşturulan cephelerdir. Bakım ve temizliği zordur.



Şekil 3.13: Yatayda Kırıklı Giydirme Cephe Uygulaması [27]

4- Akordion giydirme cepheler

Cephe yapısı düşey ve yatay düzlemlerden oluşan kademeli akordion şeklindedir. Bu nedenle karmaşık bir yapısı vardır. PV modül taşıyıcı konstrüksiyon maliyeti yüksektir. Enerji verimi ise yatay ve düşey kırıklı giydirme cephelere göre daha yüksektir. Bakım ve temizliği kolaydır. [26]

5- Eğimli düzlemsel giydirme cepheler

Opak PV modül, yarı geçirgen PV modül ve cam modül bir arada kullanılarak açısız ve düzlemsel olarak yer alan düzlemlerdir. Önerilen açı 60 derece civarındır. Elektrik verimi yüksek, konstrüksiyon maliyeti düşük, bakım ve temizliği zordur. [28]



Şekil 3.14: Eğimli Düzlemsel Giydirme Cephe Uygulaması [29]

6- Eğimli kırıklı giydirme cepheler

Cephe yapısı eğimli ve kırıklıdır. Bu nedenle konstrüksiyon maliyeti yüksektir. Eğimli yüzeyde opak PV modül, dik yüzeyde şeffaf cam kullanılmaktadır. Yaz aylarında verim çok yüksektir. [29]

Fotovoltaik (PV) sistemlerin avantajları ve dezavantajları[18]

Avantajları:

- PV sistemler yenilenebilir ve temiz enerji kaynağı olan güneşten yararlandığı için çevreye zarar vermezler.
- Sessiz çalışmaları için gürültü kirliliği yaratmazlar.
- Modüllerden birinin ya da akülerden birinin arızalanması durumunda sistem çalışmaya devam eder.
- Rüzgar, dizel jeneratörlerle birlikte karma sistem olarak çalışabilirler.
- Çalışma ömürleri oldukça uzundur.
- Enerji ihtiyacı olan her yerde kullanılabilir. Ayrıca şebekeden uzak yerlerin elektrik ihtiyacını da sağlarlar.
- Kurulması, taşınması, değiştirilmesi oldukça kolaydır. Uzmanlık gerektirmez [12] .
- Türkiye güneş kuşağında yer aldığı için güneşlenme süresi yeteri derecede fazladır. Bu sebeple fotovoltaik sistemlerden en iyi şekilde yararlanılabilir.
- Yakıt maliyeti yoktur.

Dezavantajları;

- Hava şartlarından etkilenirler ve verimleri değişkendir.

- Birim yüzeye gelen güneş ışınımını düşük verimle elektriğe çevirirler, bu sebeple gerekli olan panel yüzeyi gereksinime göre artmaktadır.
- Güneş ışınımının az olması ya da hiç olmaması gibi durumlarda yeterli elektrik üretemezler ve akülere ihtiyaç duyarlar. Akü ihtiyacı, maliyeti arttırır.
- Paneller doğru akım üretirler. Elektronik cihazların çoğu alternatif akımla çalışmaktadır. Bu sebeple eviricilere ihtiyaç duyarlar
- Pahalı sistemlerdir. Kendilerini ancak birkaç yılda amorti ederler

3.2 Yapılarda Rüzgar Enerjisinin Kullanımı

Rüzgar enerjisi yapılarda havalandırma ve enerji üretmede kullanılmaktadır.

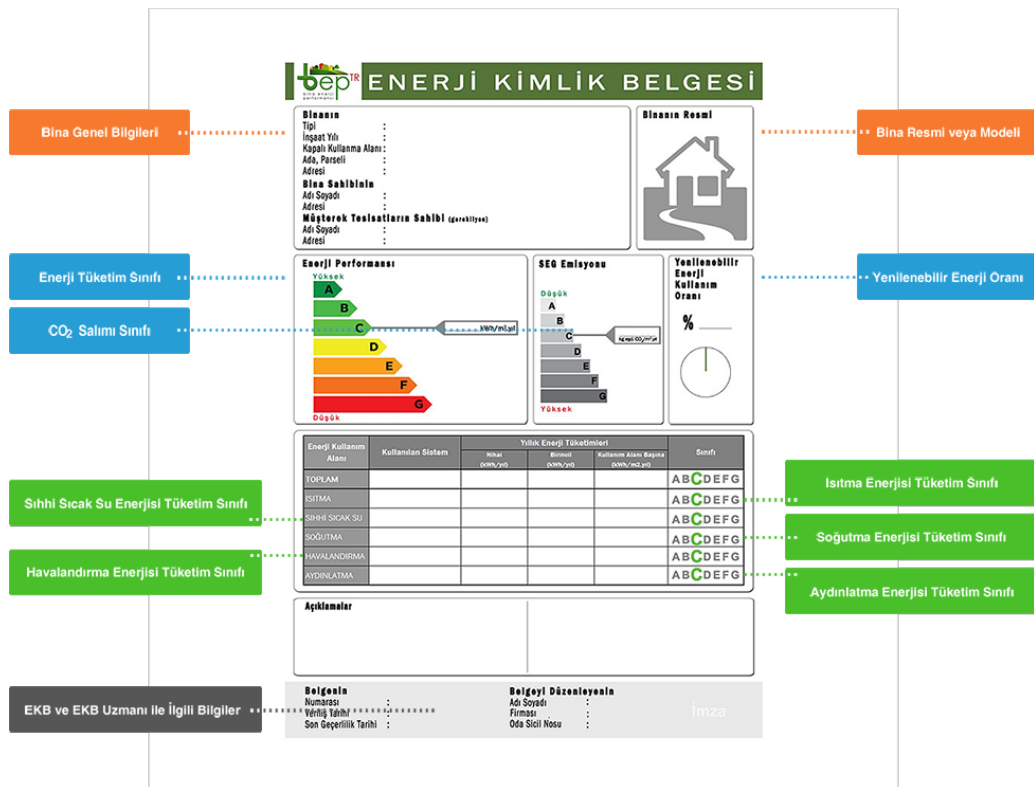
Rüzgar enerjisinden elektrik elde eden sistemler 'Rüzgar Enerji Santralleri' kısaca RES olarak adlandırılmaktadır. Kısaca Kinetik enerji Mekanik enerjiye, Mekanik enerji de Elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.



Şekil 3.15: Rüzgar Enerji Santrali [30]

Rüzgan enerjisi ile elektrik üretimi; mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren generatör ile rüzgan türbininin aküple çalışması sayesinde elektrik elde edilmektedir. 250-300-400-50 Watt güçlerinden 5MWaatt güce kadar muhtelif güçlerde RES ler yapılmaktadır. Binaların yer uygunluğuna göre her biri 0,250-100kW aralığında bir güçte, bir veya birkaç adet türbin birlikte elektriksel paralel olarak bağlanarak kullanılmaktadır. Dünyada en fazla Çin, Amerika, Avrupa ülkelerinde kullanılırken, Türkiye de son yıllarda Çevre ve Enerji tasarrufu ile ilgili çıkan kanunlar, yönetmelikler, teşvikler nedeni ile Yenilenebilir RES ve GES dediğimiz Rüzgar ve Güneş Enerji Santrallerinin imalatı ve kullanımında hızlı bir artış olmuştur. 2008 yılında yürürlüğe giren Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği ve buna bağlı Enerji Kimlik Belgesi edinilmesi hükmüne rağmen binalarımızın henüz çoğunluğu bu belgelere sahip değildir.

Enerji Kimlik Belgesi konusu da oldukça önemlidir.



Şekil 3.16: Enerji Kimlik Belgesi[31]

Rüzgar enerjisi uygulanacak binanın yeri, vaziyet planı, 4 taraftan yan görünüş planları, kesit resimleri incelenerek binanın eni, boyu, yüksekliği tespit edilmeli ve Rüzgar atlas haritasına bakılarak o bölgenin rüzgar potansiyeli belirlenmelidir.

Rüzgar; sürtünmelerden dolayı sıfır kota yakın kotlarda düşük hızda, yüksek kotlara çıktıkça yüksek hızlarda esmektedir. Bu bakımdan RES santralli yapılacak binanın yüksek kotlu olan bölgelerden ve yüksek binalardan seçilmesi avantajlı olacaktır.

RES'ler; Tek katlı binaların;

1-Bahçe

2-Yan duvar

3-Çatı

4-Teras'larına kurulabilmektedir.



Şekil 3.17: RES Bahçe [32]



Şekil 3.18: RES Duvar [32]



Şekil 3.19: RES Çatı [33]

Çok katlı apartman ve gökdelenlerin;

1- Çatı

2- Yan Cepheler

3- Teras

4- İki kat arası

5- İki blok arasında kurulabilmektedir.



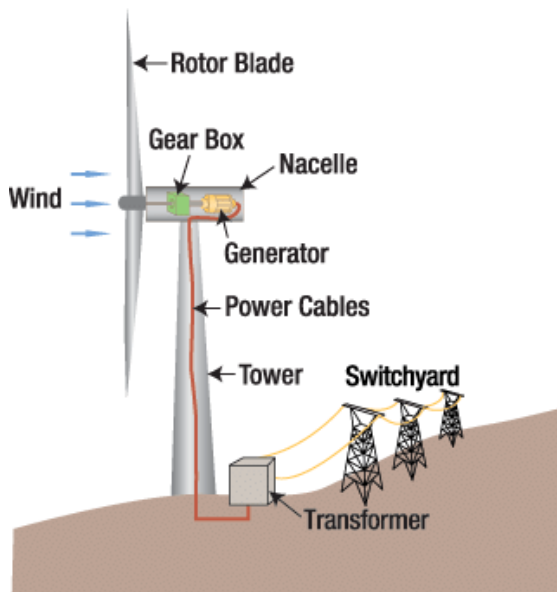
Şekil 3.20: Türbin-Bina Entegreli Rüzgar Enerjisi [34]



Şekil 3.21: Çok Katlı Binada Çatı Uygulaması[34]

Rüzgar Enerji Santralının (RES) yapısı;

RES genel hatlarıyla; kanatlar, generatör, dişli kutusu, kule, kontrol ve regülasyon ünitesi, Akü, Kablolar gibi ana parçalardan oluşmaktadır. Aşağıdaki şekilde RES ana kısımları belirtilmiştir.



Şekil 3.22: RES Ana Kısımları [35]

Türbin gücü; $P_{\text{türbin}} = \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot C_p$ formülü gereğince rüzgar hızının küpü ile doğru orantılı olarak artmaktadır, dolayısı ile rüzgar hızı arttıkça hızın küpü oranında türbin gücü de artmaktadır. (36)

Formülde $P_{\text{türbin}}$: Türbin gücünü, ρ : hava yoğunluğunu, A : Türbin süpürme alanını, v : rüzgar hızını, C_p : Betz limitini göstermektedir.

Rüzgar Türbinleri genellikle 3m/s-12m/s hız aralığında elektrik üretirler. 13m/s den yüksek hızlarda türbin zarar göreceğinden kapanmaya gitmektedir.

Rüzgar Türbinleri yer düzlemine dikey eksenli veya yatay eksenli olmak üzere 2 tipte yapılmaktadır.



Şekil 3.23: Dikey Eksenli ve Yatay Eksenli Türbin [37]

Dikey eksenli rüzgar türbinleri kurulumu kolay, maliyeti düşük ancak türbin verimi yatay eksenli türbinlere göre düşüktür, alçak kotlarda çalışmaktadır.

Yatay eksenli rüzgar türbinlerinin kurulumu zor, maliyeti yüksek, türbin verimi de yüksektir, alçak veya yüksek kotlarda çalışmaktadır. Kule yüksekliği 150m ye kadar çıkması mümkündür.

4. MEVCUT BİR YAPININ ENERJİ KULLANIMINA YÖNELİK İYİLEŞTİRME SENARYOSU

4.1 Yapı ve Çevresine Ait Fiziki Koşulların Tespiti

4.1.1 Yapının Konumu ve Yönü

Örnek binanın ısıtma hesapları ve yatırımların belirlenmesi için binanın yeri, yönü, eğimi, diğer binalara göre konumu, bitki örtüsü, güneş, rüzgar ve gölge alma durumları belirlenmelidir. Bu noktada iklim koşulları ve diğer binalara olan konumuna göre ısıtma hesaplamaları değişiklik gösterecektir.

4.1.2 Örnek Yapının Çevresel Özellikleri ve Yapı Aralıkları

Örnek bina seçilirken diğer binanın güneş ışınlarını kesmemesine dikkat edilmelidir. Unutulmamalıdır ki güneş enerjisi alan örnek binanın hesaplaması daha gerçekçi olacaktır. Bu durumda örnek binanın hesaplamalarının doğru çıkması için diğer binalardan ve bitki örtüsünden etkilenip etkilenmediği, etkilendiyse etkilenme oranları doğru tespit edilmelidir.

4.1.3 Yapı Formu

Binanın düz ya da girintili çıkıntılı olması, çatı yapısı ve eğimi, bina yüksekliği, derinliği ve cephe eğimi teknik detaylarıyla tespit edilerek kaydedilmelidir. Bu detaylar nZEB sıfır enerjili binaların ve nnZEB yaklaşık sıfır enerjili binaların entegre tasarım öncesinde simüle edildikten sonra uygulaması önem arz edecektir.

4.1.4 Yapı Kabuğu Özellikleri

Bina kabuğu dış iklim etkilerini iç kısma ileten en önemli bileşenlerden biridir. Fiziksel özellikleri, opak ya da saydam olma tipi belirlenmelidir. Yapılacak ısıtma hesaplamalarında kullanılmak üzere bina kabuğunun yutma katsayısı, saydamlık oranı, ısı geçirme katsayıları tespit edilmelidir.

Her cephe için saydamlık oranı oldukça önemlidir ve bu oran belirlenmelidir. Ayrıca saydam alanlarda kullanılan cam ya da diğer malzeme türleri belirlenerek toplam ısı geçirme katsayıları tespit edilmelidir.

Bina dış kabuğu güçlendirilmek istenirse güçlendirilmenin öncesinde ve sonrasında karşılaştırma yapmak üzere gerekli teknik tüm ölçümler yapılmalıdır.

4.1.5 Kullanıcı Değerleri

Kullanıcılarla ilgili çalışma ya da oturma koşulları, konum ve duruş şekilleri, giysi türleri, insan sayısı gibi değişkenler ısıtma enerji harcamalarında etkili olacağından bunların tespitleri gerekmektedir. Ayrıca kullanıcıların eğitim seviyesi enerji tasarrufunda önemli bir yer tutmaktadır.

4.1.6 İklim Koşullarının Belirlenmesi

Değişik iklim bölgelerinde ısıtma durumu değişkenlik göstereceğinden enerji harcamaları da farklılık gösterecektir. Bu nedenle seçilen örnek binanın bölgesine ait güneş, dış hava sıcaklığı, dış hava koşulları, nem, rüzgar gibi iklim parametreleri tespit edilmelidir. Bu parametreler yapılacak ısıtma ve enerji verimliliği hesaplamalarında girdi olarak kullanılacaktır.

Örneğin; Mevsim, dış hava ortam sıcaklığı, rüzgar hızı ve yönü, nem oranı, hava basıncı, güneş ışığının şiddeti ve yönü, ölçümlerin yapıldığı tarih(yıl/ay/gün/saat), yapılacak hesaplamalarda kullanılmak üzere tespit edilir.

Bu hesaplamalar sonucunda binanın toplam enerji sarfiyatı, kWh cinsinden bulunacaktır.

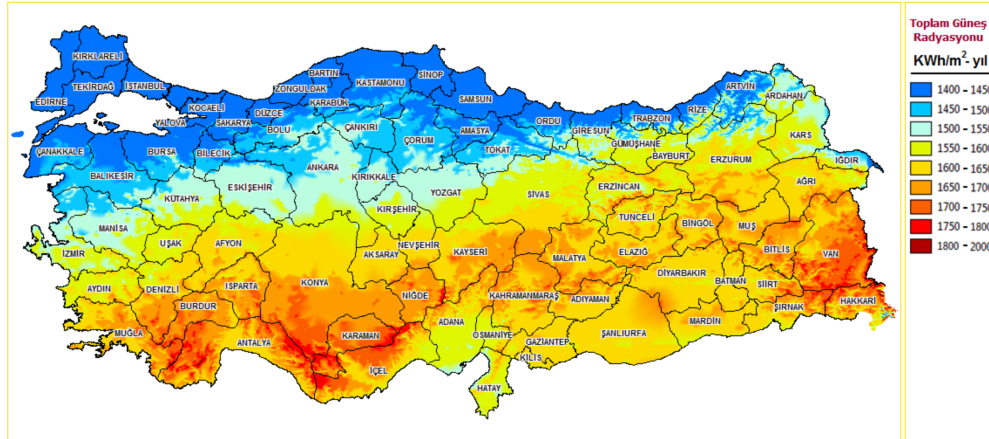
4.2 Bir Yapının Enerji Kullanımını Etkileyen Etmenler

4.2.1 Isı Yalıtım Etkisi:

Isı geçişlerini ve kayıpları önlemek üzere duvarlara, çatılara, taban ve tavanlara, pencerelere, kapılara çeşitli teknik ve malzemeler kullanılarak ısı izolasyonları yapılması oldukça önemli bir faktördür.

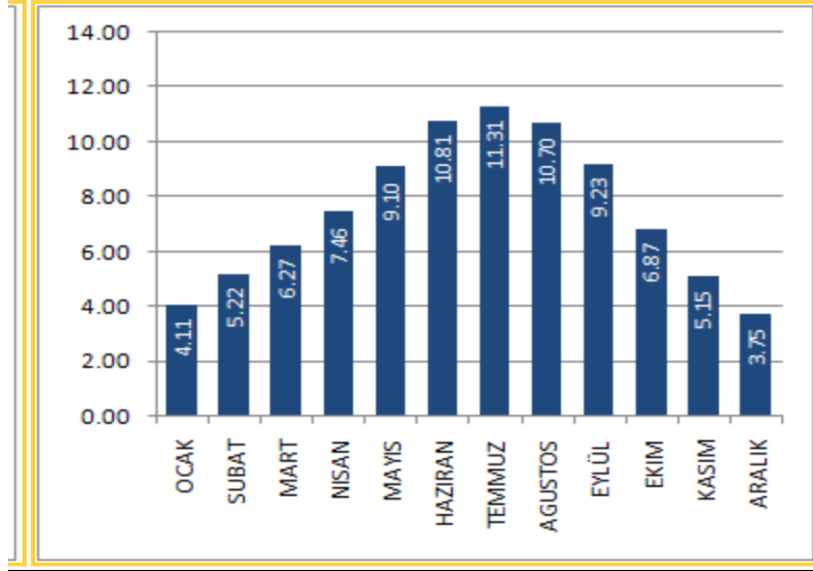
4.2.2. Mevsimsel Değişikliklerin Etkisi

Örnek binamızda güneş veya rüzgar enerjisinden faydalanmak mevsimlere göre değişiklik gösterecektir. Bu noktada yıllık güneşlenme sürelerinin bölgelere göre bilinmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda aşağıdaki şekillerde Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası, Türkiye'nin güneşlenme haritası, Türkiye global radyasyon değerleri haritaları verilmiştir.



Şekil 4.1 : Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) [38]

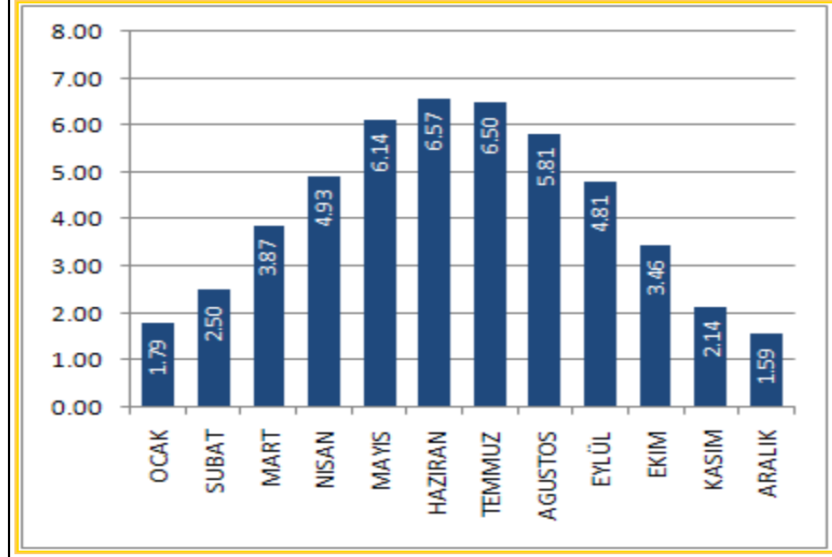
TÜRKİYE Güneşlenme Süreleri (Saat)



Şekil 4.2: Türkiye Güneşlenme Süreleri[38]

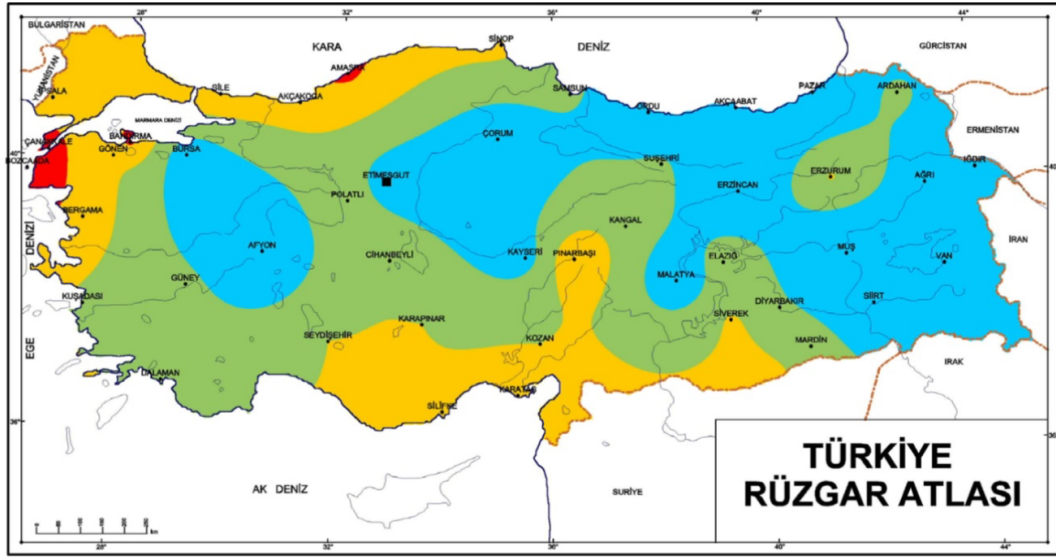
Haritaya göre, güneş enerjisi verimliliğinin sarı ve kırmızı bölgelerde mavi bölgelere göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

TÜRKİYE Global Radyasyon Değerleri (KWh/m²-gün)



Şekil 4.3: Türkiye Global Radyasyon Değerleri [38]

Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası üzerinden değerlendirecek olursak, örnek binamızın mavi, kırmızı ve sarı bölgelerde bulunması üzerine şu senaryoları oluşturmak mümkündür.



Beş farklı topografik durum için yer seviyesinden 50 m yükseklikteki rüzgar potansiyelleri¹

	Kapalı Araçlar ² m ² Wm ²	Açık Araçlar ² m ² Wm ²	Kıyılar ⁴ m ² Wm ²	Açık Deniz ⁴ m ² Wm ²	Tepe ve Bayır ⁴ m ² Wm ²
Red	> 8.0 > 250	> 7.5 > 500	> 8.5 > 700	> 9.0 > 800	> 11.5 > 1800
Yellow	5.0 - 8.0 150 - 250	6.5 - 7.5 300 - 500	7.0 - 8.5 400 - 700	8.0 - 9.0 600 - 800	10.0-11.5 1200 - 1800
Green	4.5 - 5.0 100 - 150	5.5 - 6.5 200 - 300	6.0 - 7.0 250 - 400	7.0 - 8.0 400 - 600	8.5-10.0 700 - 1200
Blue	3.5 - 4.5 50 - 100	4.5 - 5.5 100 - 200	5.0 - 6.0 150 - 250	5.5 - 7.0 200 - 400	7.0-8.5 400 - 700
Light Blue	< 3.5 < 50	< 4.5 < 100	< 5.0 < 150	< 5.5 < 200	< 7.0 < 400

1. Rüzgar potansiyeli, rüzgarın gücünü temsil etmektedir. Rüzgar türbinin halihazırda potansiyelini % 20 ile % 30 luk bölümünü kullanabilir. Potansiyel hesaplamaları; deniz seviyesinde 1 Atm ilk standart basınç ve 15 °C sıcaklığa karşılık gelen 1.23 kg.m-3 hava yoğunluğuna göre yapılmıştır.
2. Yarıleşim alanları, ormanlar ve rüzgar kırıcıları yoğun olduğu tarım alanları (pürüzlülük sınıfı 3)
3. Az sayıda rüzgar kırıcının olduğu açık araziler (pürüzlülük sınıfı 1). İç bölgede en fazla tercih edilen alanlar genellikle bu sınıfta bulunmaktadır.
4. Düzgün kıyı alanları ve çok az sayıda rüzgar kırıcı içeren kara yüzeyleri (pürüzlülük sınıfı 1). Eğer hakim rüzgar yönü deniz tarafından ve sürekli ise, potansiyel daha fazla olabilir. Tam tersi durumda ise potansiyel daha az olabilir.
5. Kıyılardan en az 10 km uzaklıktaki açık denizler (pürüzlülük sınıfı 0).
6. Bütün sınıflarda % 50 ye varan bir hız artışı görülmektedir ve bu sonuç 400 m yüksekliğinde ve 4 km çapındaki sismik bir tepede yapılan hesaplamalarda elde edilmiştir. Rüzgar hızındaki artış; tepenin yüksekliğine, uzunluğuna ve yapısına bağlıdır.

Şekil 4.4: Türkiye Rüzgar Atlası [39]

Şekilde de görüldüğü üzere mavi bölgedeki binalar için güneşten elektrik elde edilmesinde 1 m² alana ortalama 1400-1450 KWh / yıl güneş enerjisi gelmektedir. Enerji hesabı yapılırken bu değer kullanılmalıdır.

Sarı bölgelerdeki binalar için güneşten elektrik elde edilmesinde 1 m² alana ortalama 1550-1600KWh-yıl güneş enerjisi gelmektedir.

Kırmızı bölgedeki binalar için güneşten elektrik elde edilmesinde 1 m² alana ortalama 1750-1800 KWh-yıl güneş enerjisi gelmektedir. Kırmızı bölgelerin mavi ve sarı bölgelere oranla daha yüksek güneş ışını aldığı görülmektedir.

Yine bu bölgelerde duvarlara, çatılara ve uygunsa bahçe alanına güneş panelleri montajı yapılabilir.

Örnek binamızda rüzgardan enerji elde etme konusunda faydalanmamız gereken şekiller aşağıda belirtilmiştir. Bu doğrultuda Türkiye'nin rüzgar atlasında koyu lacivert bölge rüzgarın en yoğun olduğu bölgedir, 2.sırada yer alan bölge

kırmızı, 3. Sırada yer alan bölge sarı, 4. Sırada yer alan bölge yeşil, 5.sırada rüzgarı en az alan bölge ise açık mavi renk ile gösterilmiştir. (Şekil 4.4)

Bu noktada örnek binamız Çanakkalede ve arazi kırmızı alanda yer alan bir bölgede ise çatıda rüzgar türbini kullanımı uygundur ve şekilde görüldüğü üzere 1 m² rüzgar kullanım alanında, 1 saatte, rüzgar hızı 6.6-7.6m/sn iken 300-600 Watt gücünde rüzgar enerjisi elde etmek mümkündür.

4.2.3 Çatı, Pencere ve Duvar Alanlarının Etkisi

4.2.3.1 Çatı Etkisi

Çatılar güneş, yağmur, kar ve rüzgar gibi iklim koşullarına maruz kaldığından bina kabuğunda önemli bir yere sahiptir. Soğuk iklimlerde soğuk hava geçişlerini, sıcak iklimlerde sıcak hava geçişlerini önlemek üzere pasif önlemler alınmaktadır. Bu noktada çatının kubbeli yapılması, absorpsiyonu azaltacak şekilde açık renge boyanması, gölgeleme ve nem sağlaması gibi alınacak önlemler belirtilebilir.

Çatılarda doğal havalandırma çözümleri üretilerek soğutma enerji ihtiyacı azaltılabilir. Çatılara yapılacak izolasyon kaplamalar, güneş ışınımını keserek sıcak hava geçişini ve kışın da soğuk hava geçişini önleyici bir tedbir olarak uygulanır. Ayrıca güneş enerjisi panellerinin montajı için de çatılar en uygun alanlardır. Özel dizayn ile çatılar soğuk ve sıcaklığı kesecek şekilde izolasyonlu ve güneş panellerini montaj edecek şekilde özel konstrüksiyonlu olarak yapılabilmektedir.

nZEB sıfır enerjili binaların ve nnZEB yaklaşık sıfır enerjili binaların entegre tasarımında çatılar en önemli çalışma yapılacak unsurlardan biridir. Bu noktada ilk etapta sırasıyla şu işlemler yapılır;

Çatının yapısı, şekli incelenerek tespit edilir,

- Çatının izolasyon durumu tespit edilir,
- Güneş enerjisi için güneş panellerinin montaj açısı ve konstrüksiyon uygunluk durumu tespit edilir,

- Elektrik elde etmek üzere rüzgar türbini kullanılacak ise rüzgar türbini montaj yeri tespit edilir,
- Güneş enerjisiyle sıcak su elde edilecek ise, düz toplaçlar montaj yeri tespit edilir.

4.2.3.2 Pencere Etkisi

Pencereler, binadaki ısı konforun sağlanması ve aydınlatma için önemli bileşenlerdendir. Transmisyonla ısı geçişinin yanında; kışın infiltrasyon nedeniyle ısı kayıplarında, yazın ise özellikle güneş ışınımı nedeniyle ısı kazançlarında bina enerji tüketimi için önemli bir yer tutmaktadır. Bir pencerenin performansı cam ve çerçevenin ortak performanslarına bağlıdır. [40]

Mevcut örnek binamızın mevcut pencerelerin en ve yükseklik ölçü değerleri, cam ve çerçeve özellikleri tespit edilir. Pencere ölçülerinde ve cam yapısında değişiklik yapılacaksa bu değerler hesaplamalarda kullanılmak üzere kaydedilir. Enerji kaybını azaltmak üzere mevsimsel ve bölgesel şartlara göre pencere büyüklükleri optimum seviyede tutulmalıdır. Pencere çerçeveleri ve camlar ısı geçişini engelleyecek yapıda olmalıdır.

4.2.3.3 Duvar Etkisi

Duvarlar, bina kabuğunun ısı performans açısından en önemli bileşenlerindendir. Özellikle yüksek binalarda duvarların toplam kabuk alanına oranının yüksekliği, bu önemi daha da artırmaktadır. Dolayısıyla duvarların termal direnci, binanın toplam enerji tüketimini doğrudan ve büyük oranda etkilemektedir. Klasik olarak duvar konstrüksiyonları ahşap, metal veya betonarme malzemeler kullanılarak oluşturulur. Her bir konstrüksiyonun kendine has avantajları ve dezavantajları sıralanabilir. Ancak gelişen teknoloji ile duvarların enerji etkenliğini artırmak üzere bazı gelişmiş konstrüksiyonlar oluşturulmuştur. [40]

Duvar konstrüksiyonları genellikle soğuk iklimlerde pasif güneş duvarları, dört mevsim iklim koşullarında hafif beton duvarlar, havalandırılmalı ve çift kabuklu duvarlar duvar konstrüksiyonları olarak sıralanabilir. Duvarlarda ısı yalıtımı dış

ortamdan iç ortama ya da iç ortamdan iç ortama iletimle, taşınım ve ışınlama ile olan ısı geçişini ısı direnç göstererek azaltan malzeme ve konstrüksiyonlar denebilir. [40]

Örnek binamızda yapılacak hesaplarda kullanılacak üzere dış ve iç duvarlarımızın kalınlıkları, yalıtımı, kullanılan malzemeler tespit edilir. Bununla birlikte iç ve dış duvarlarda bir iyileştirme yapılacak ise karşılaştırma yapmak üzere mevcut ve yeni duvarımızın kalınlığı, izolasyonu, alanı tespit edilerek dikkate alınmalıdır.

Örnek binamızın güneş enerjisinden oldukça fazla faydalanması için duvarlarda güneş ışınlarına maruz kalan yüzeylerine güneş panelleri uygulamak bu noktada uygun olacaktır. 1 adet 1640x990x35mm 1.62 m² monocrystal güneş paneli maksimum güneş alma esnasında 1 saatte 300 Watt elektrik üretmektedir.

4.2.4 Aktif ve Pasif Sistemlerin Etkisi

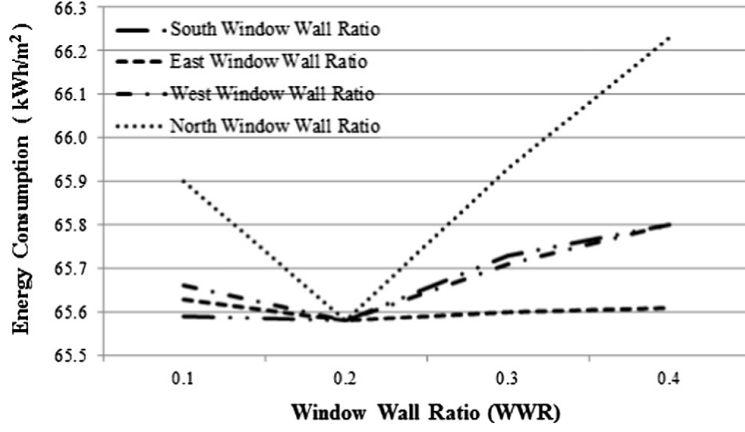
Doğal havalandırmada maksimum verimin elde edilmesiyle aktif soğutma ve cebri havalandırmalardaki harcanacak enerjiler azalacaktır. Bu bakımdan binanın doğal havalandırılmasında gerekli uygulama ve teknolojiler uygulanarak optimum nokta yakalanmalıdır. Optimum noktayı yakalamada en önemli parametrelerden birisi Pencere Duvar alanları Oranıdır.

Pencere Duvar alanı oranı (WWR Window Wall Ratio) : [41]

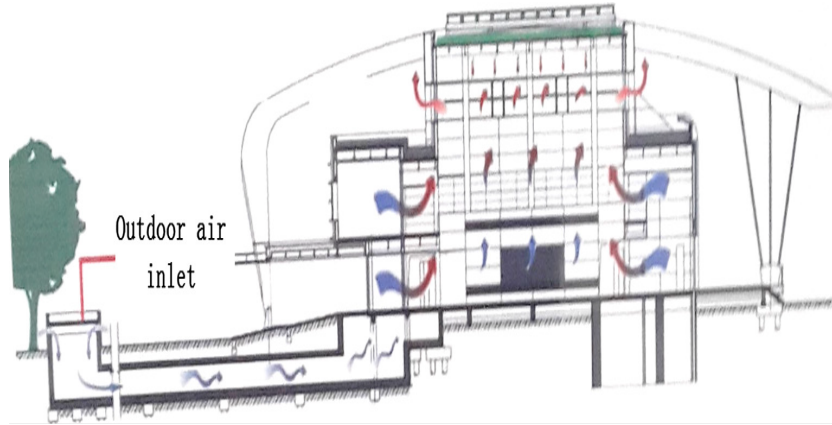
Aynı uygulama yerindeki Pencere dış alanları toplamının pencere dahil duvar alanları toplamına bölünmesi Pencere Duvar alanı oranını vermektedir. Alan ölçüleri ve uygulamalar toplam enerji tasarrufuna pozitif veya negatif etki yaparlar. Örneğin , güney yönünde ki büyük ebatlı pencereler yaz mevsiminde gün ışığından faydalanmada kış mevsiminde ısıtma yükünün azaltılmasında faydalı olmaktadır, ancak yaz mevsiminde soğutma yükünde artışa sebep olacaktır.

Bu sebeple uygun WWR ısıtma ve aydınlatma tüketimlerinin düşmesine yardımcı olmaktadır. Aşağıdaki Şekil 4.5'da gözüken eğriler; simülasyon sonucu WWR 0.4,

0.3, 0.2, 0.1 olduğu noktalarındaki toplam enerji tüketimini göstermektedir. Şekil 4.6'da gözüktüğü gibi minimum toplam enerji tüketimi 0.2 noktasında yakalanmıştır. Bu sebeple örnek binada WWR değeri 0.2 seçilmelidir.



Şekil 4.5: Pencere Duvar oranı [41]



Şekil 4.6: Bir Binanın Doğal Havalandırma Şeması [41]

4.2.5 Güneş Kırıcılarının Etkisi

Mevsimsel olarak binalar yaz mevsiminde yoğun olarak güneş enerjisine maruz kalmakta ve ısınmakta, binaların soğutma masrafları artmaktadır. Bu durumda güneş ışınlarının kırılması gerekmektedir. Kış mevsiminde ise güneş enerjisine ihtiyaç olduğundan binaların oldukça güneş ışınlarına maruz kalması istenmektedir.

Güneş kırıcıları; yaz mevsiminde güneşin ısıtıcı etkisini azaltan, sistemlerdir. Güneş kırıcıları sabit kaplama, hareketli kaplama, pergole, panjur ve kapak şekillerinde muhtelif olarak yapılmaktadır.



Şekil 4.7: Kayar Katlanır Güneş Kırıcı Sistem [42]

5. UYGULAMA ÇALIŞMASI : MEVCUT BİR OFİS BİNASININ ENERJİNİN ETKİN KULLANIMI AÇISINDAN YENİLENMESİ

Bu çalışmada mevcut yapılarda dış kabuğun enerji etkin yenilenmesinde uygulanabilecek seçenekler belirlenmiştir. Bu seçenekler simülasyon programı aracılığıyla Beylikdüzü ilçesinde bulunan bir ofis bloğu üzerinde uygulanmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Bina kabuğunun kullanıcı için en ekonomik duruma göre yenilenmesi önerilmiştir. Çalışmada ayrıca gerekli enerjiyi yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinden elde etmek için fotovoltaik panellerin yerleştirildiği varsayılarak bu yolla elde edilebilecek enerjinin bina enerji ihtiyacı için yeterli olmasında belirlenmesi ele alınmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinin kullanılabilmesini sağlayan fotovoltaik sistemler teknolojinin ilerlemesi ile daha verimli sistemler olmasına rağmen şu an pahalı sistemlerdir fakat yerel yönetimlerin desteği ve talebin artmasıyla fiyatların düşmesi öngörülmektedir. Kyoto protokolü 165 ülke tarafından imzalanarak çevrenin korunmasına ilişkin kararlarla sera gazı emisyonunu azaltmayı hedeflemektedir. Bu hedefe yönelik olarak binalardan kaynaklanan sera gazını azaltmak için ele alınan yapının yapı kabuğunun enerji etkin yenilenmesinden sonra yapıya güneş panellerinin entegre edilmesi ile elde edilecek enerji yapının etkin yenilemesinde önemli bir adım olacağı düşünülmektedir.

5.1 Uygulama Çalışmasının Adımları

Uygulama çalışması yedi aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

- Yapıya ait bilgilerin toplanması ve programda tanımlanması.

- Yapının mevcut durumu simüle edilerek ısıtma soğutma yükleri, enerji giderleri ve CO2 emisyonunun hesaplanması.
- Yapının enerji tüketimini ve CO2 emisyonunu azaltmak için alternatifler geliştirilmesi.
- Geliştirilen alternatiflerin sonrası yapının ısıtma soğutma yükleri ,enerji giderleri, CO2 emisyonu hesaplanması
- Mevcut ve iyileştirilmiş simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması ve değerlendirilmesi.
- Gerekli olan enerjinin güneş enerjisinden elde edilmesi için yeterli miktarda Pv panel yerleştirilmesi.
- Fotovoltaik Panel giderlerinin hesaplanması.

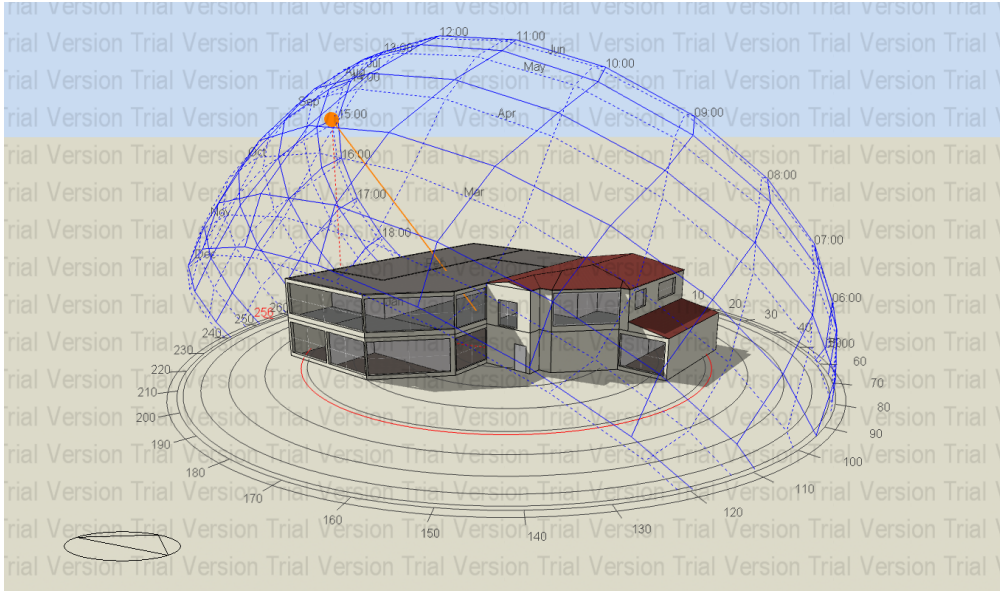
5.1.1 Yapıya Ait Bilgilerin Toplanması ve Programda Tanımlanması

Bir yapının enerji giderlerinde , yapıya düşen güneş ışınımı , hava sıcaklığı , nem , rüzgar, bulunduğu iklim bölgesi gibi iklim elemanlarına ilişkin değerler yapının yönü , konumu , kabağının özellikleri gibi pasif sisteme ilişkin tasarım parametreleri , iklimlendirme sistemleri, soğutma aktif ısıtma ve kullanıcıların konfor koşulları etkilidir. Bu verilerin Design builder simülasyon programında tanımlanması gerekmektedir. 2000'lerin başına kadar kullanılan mevcut simülasyon programları doğruluğun sağlanmamış olması nedeniyle programların geliştirilmesine neden olmuştur. Bu programların ara yüzü olarak geliştirilen Design builder programı veri girişi ve sonuç elde edilmesinde büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu çalışmada bu nedenle simülasyon programı olarak Design builder programı kullanılmıştır. Öncelikle yapı ile ilgili veriler toplanarak programa tanımlanmalıdır. Design builder da bu veriler aşağıda sıralanan altı ana başlıkta ele alınabilir.

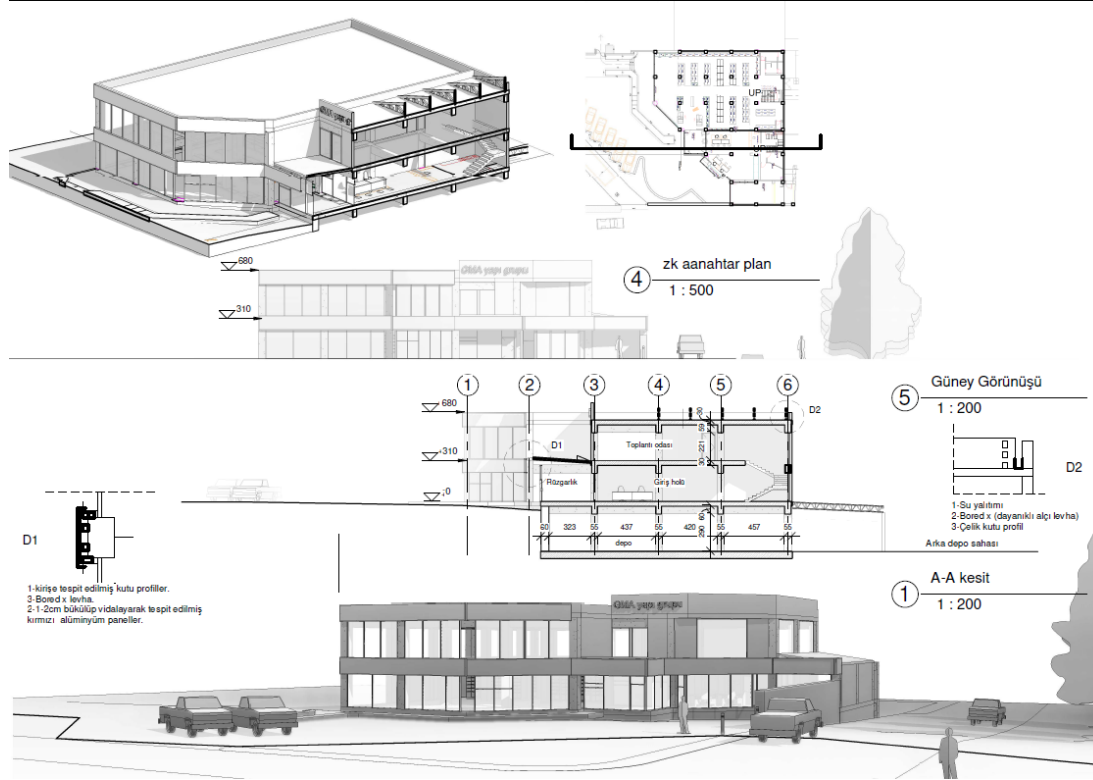
- Yapının konumu ve formu,
- Yapının kullanım türü , kullanım şekli ve iç kazanımları belirleyen aktiviteler.
- Bina kabağının yapıya ilişkin verileri.
- Kapıların , pencerelerin , saydam ve yarı açık alanların verileri.

- Aydınlatma elemanları
- İklimlendirme sistemlerine ilişkin veriler.

Aynı zamanda yapının programda daha verimli sonuçlar verebilmesi için doğru verileri tanımlamak önemlidir. Bunlarla birlikte bölgenin enlem, boylam, rakım gibi verilerle iklim elemanlarına ilişkin verilerde programa tanıtılmalıdır.



Şekil 5.1: Bina Konumunda Aylara Göre Güneş Yolu Çizelgesi



Şekil 5.2: Mevcut Bina Çizimleri

5.1.2 Yapının Mevcut Durumu Simüle Edilerek Isıtma Soğutma Yükleri, Enerji Giderleri ve CO2 Emisyonunun Hesaplanması

Yapı betonarme iskelet sistemi ile inşa edilmiştir. Yapı malzeme olarak cephede 19'luk delikli tuğla kullanılarak dış yüzeyinde ortalama 3 cm kara sıva , iç yüzeyinde ise ortalama 3 cm alçı sıva mevcuttur. Yapının camları çift cam 6mm ve 10 mm hava boşluklu dur. Yapı iki katlı olup zemin kat 514 m² ve 1.kat 428 m² dir. Yapının ısı kaybeden yüzey alanı 712 m² dir. Yapının hacmi ise 2874 m³ 'dür. Hacmin alana oranı ise 0,25'tir. Yapıdaki toplam alan 942 m² ve ısıtılan alan 832 m² dir. Yapıdaki opak yüzeyler batıda cepheyi tamamen kaplar ve kuzeyde büyük bölümünü opak yüzeyler oluşturur. Güney ve doğu cephelerinde ise saydam malzeme oranı daha fazladır. Cephelerin saydamlık oranları;

Çizelge 5.1: Cephe Saydamlık Oranları

	Toplam boşluk Yüzeyi/m²	Toplam duvar Yüzeyi/m²	Toplam cephe Yüzeyi/m²	Cephe saydamlık oranı
Batı Cephesi	0,0 m ²	162,40 m ²	162,40 m ²	%0
Doğu Cephesi	62,40 m ²	124,00 m ²	186,20 m ²	%34
Kuzey Cephesi	6,40 m ²	248,80 m ²	255,20 m ²	%03
Güney Cephesi	80,40 m ²	53,40 m ²	133,80 m ²	%67

Yapı, Designbuilder programında mevcut hali yerinde incelenerek mimari projesi çıkarılmış ve yerinde gözlemlerle detaylı modellenip, elde edilen simülasyon sonuçları mevcut durum olarak kabul edilmiştir.

Yapının enlem , boylam ve iklim verileri bulunduğu İstanbul ilinin verileri baz alınarak kullanılmıştır. Program enerji akışı verilerini yapının bulunduğu ve programa tanımlandığı koşulları saatlik verilere bağlı olarak ve belirtilen sabit iç ortam sıcaklığını baz alarak kazanılan ve kaybedilen ısı miktarını analizler bu şekilde, yıla ait saatlik veriler kullanarak enerji akışı analizini yapmaktadır. Bu simülasyonlar sırasında bölgenin iklimsel verileri IWEC (International Weather for Energy Calculations) veri dosyası olan 2016 ASHRAE İklim Dizayn Verileri'nden alınarak programa tanımlanmıştır.

Yapı hesaplarında, ofiste ortalama 9 kişi çalıştığı varsayılmıştır. Kullanılan ekipmanlar ve istenilen aydınlatma düzeyi programda zonlara göre ayrılıp kullanıp amacına göre tanımlanmıştır. Buna göre ofis yapısında sıcak su kullanımı bulunmamakta aydınlatma için istenilen düzey odaların çalışma düzleminde 500 lux sirkülasyon alanlarında 100 lux'tur. Designbuilder programı programın kütüphanesine tanımlanmış sıklıkla kullanılan malzemeleri ve kabuk katmanlarını içermektedir ayrıca yeni malzemeler ve katmanlarda tanımlanabilmektedir. Yapının simülasyonda kullanılan katmanlaşma detayları Çizelge 5.2 , 5.3, 5.4 ve 5.5 'de verilmektedir.

Çizelge 5.2: Dış Duvar Katman Detayları

No	Malzemenin Adı	Kalınlığı d (m)	Malzemenin ısı iletkenlik Hesap değeri λ (W/m.K)	Isı Geçirme Katsayısı, U (W/m ² .K)
1	İç sıva	0,03	0,42	1,599 (W/m ² .K)
2	19 tuğla	0,19	0,72	
3	Çimento sıva	0,020	0,25	

Çizelge 5.3: Bodrum Üstü Katman Detayları

No	Malzemenin Adı	Kalınlığı d (m)	Malzemenin ısı iletkenlik Hesap değeri λ (W/m.K)	Isı Geçirme Katsayısı, U (W/m ² .K)
1	Parke kaplama	0,03	0,40	1,246 (W/m ² .K)
2	Tavsiye Betonu	0,07	0,41	
3	Betonarme Döşeme	0,15	1,13	
4	Sıva	0,050	0,14	

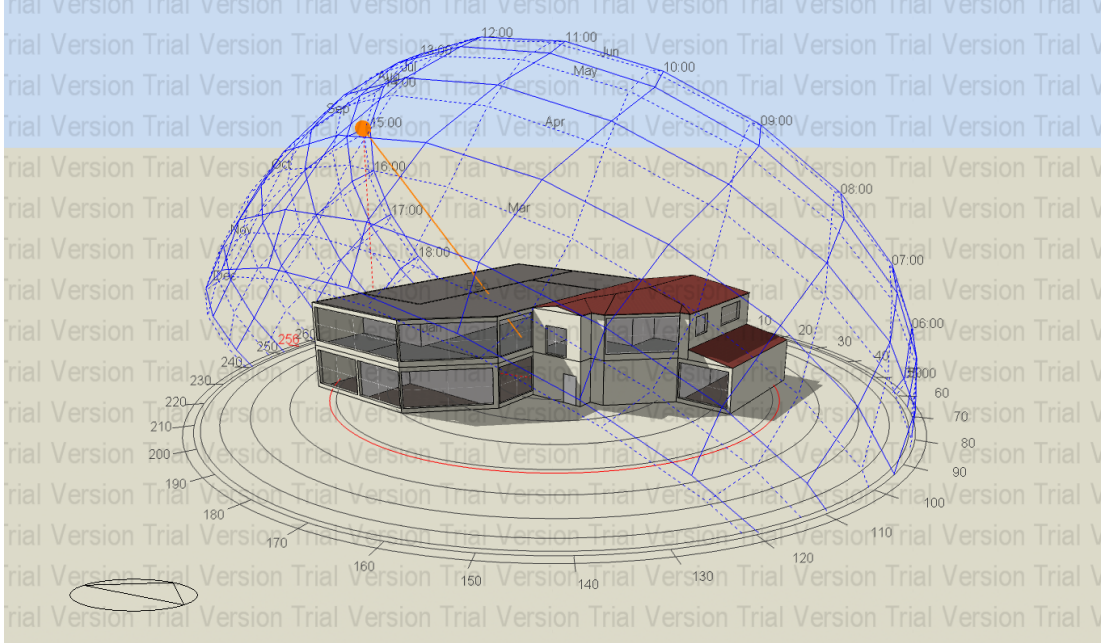
Çizelge 5.4: Düz Çatı Katman Detayları

No	Malzemenin Adı	Kalınlığı d (m)	Malzemenin ısı iletkenlik Hesap değeri λ (W/m.K)	Isı Geçirme Katsayısı, U (W/m ² .K)
1	Çatı membranı	0,01	0,17	1,250 (W/m ² .K)
2	Rockwall	0,3	0,08	
3	Betonarme Döşeme	0,15	1,39	
4	Tavan Sıvası	0,02	0,18	

Çizelge 5.5: Eğik Çatı Katman Detayları

No	Malzemenin Adı	Kalınlığı d (m)	Malzemenin ısı iletkenlik Hesap değeri λ (W/ m.K)	Isı Geçirme Katsayısı, U (W/ m ² .K)
1	Kil Kremit	0,025	1,00	0,834 (W/ m².K)
2	Su kontrası	0,03	0,035	
3	Hava boşluğu direnci	0,40	0,015	
4	Çatı keçesi	0,005	0,19	

Proje, bulunduğu cephe ve kullanım fonksiyonuna göre zonlara ayrılmıştır. Bunlar personel çalışma odaları , toplantı odaları ve ortak kullanım alanları olarak 1.katta sekiz zone 2.katta ise 5 zone şeklinde ayrılarak oluşturulmuştur.

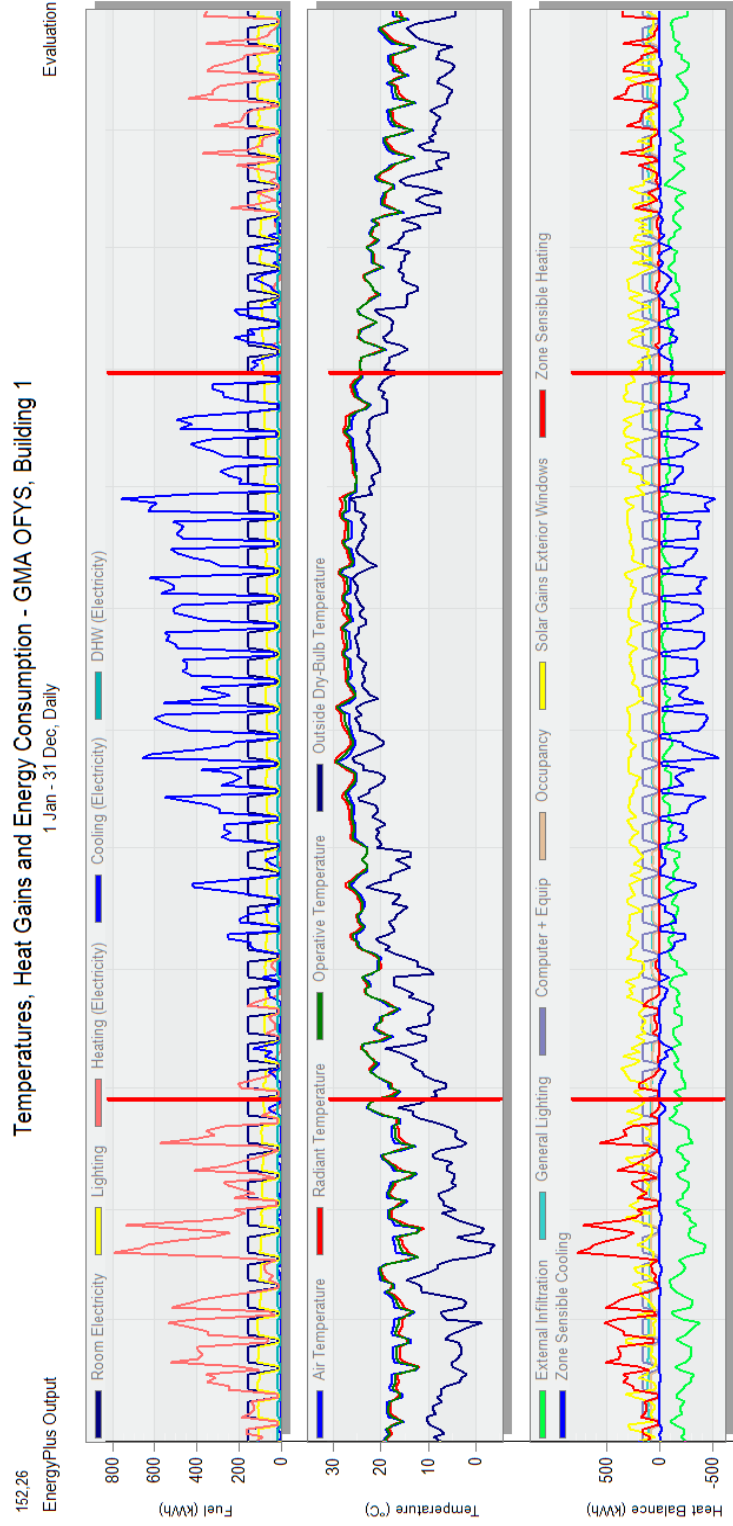


Şekil 5.3: Seçilen Yapının Programda Modellenmesi

Şekil 5.3' te seçilen yapının DesignBuilder'da modellenmiş görünüşü bulunmaktadır. Yapı ısıtma ve soğutma yükünü tamamen elektrikten karşıladığı için mekanik iklimlendirme cihazı kullanılan alanlar mevcut duruma göre tanımlanıp, iç ortam sıcaklığı 20°C'in altına düştüğü zaman ısıtma sistemi devreye girecek ve ortam

sıcaklığı 26°C'in üzerine çıktığı zaman soğutma sistemi devreye girecek şekilde varsayılmıştır. Ortam sıcaklığının 22 °C'in üzerine çıktığı zaman ise doğal havalandırma yapılacağı öngörülmüştür. Hesaplama bu doğrultuda günlük olarak yapılmıştır. İklimlendirme cihazlarının kapasiteleri programdaki mevcut boyutları ile ele alınmıştır.

Şekil 5.4'de günlük olarak simüle edilen mevcut yapının sonuçları sırasıyla enerji , sıcaklık ve ısı dengesi verileri verilmiştir. Bu veriler ışığında elektrik enerjisiyle ısıtılan ve soğutulan yapı en fazla enerjiyi ısıtma ve soğutma yapmak için kullanmaktadır. Görüldüğü üzere özellikle yaz ayları ve kış aylarında mekanik iklimlendirme sistemlerinin enerji tüketimi çok fazladır. Sıcaklık ortalaması her yıl gezegenimizin ısınmasıyla birlikte artmakta özellikle yaz aylarında Şekil 5.4'de görüldüğü gibi artmaktadır.



Şekil 5.4: Simüle Edilen Mevcut Yapının Sonuçları

Çizelge 5.7: Sera Gazı Üretimi

Constructions Embodied Carbon and Inventory	Area (m2)	Embodied Carbon (kgCO2)	Equivalent CO2 (kgCO2)
Project pitched roof	38,4	1240,0	1290,4
Project semi-exposed ceiling_Reversed	149,0	4608,9	4775,5
Project external floor	1,9	17,9	18,6
Project unoccupied pitched roof	153,2	4230,7	4384,0
Project flat roof	362,8	25731,8	26009,4
Project semi-exposed ceiling	149,0	4608,9	4775,5
Project external door	2,7	0,0	0,0
Copy of Standard wall construction (insulated to 1995 regs)	530,1	61750,2	64765,2
Project internal door	4,3	0,0	0,0
Project partition	586,9	3169,4	3433,5
Project internal floor_Reversed	549,3	9228,2	9228,2
Project ground floor	549,3	31754,8	32191,5
Sub Total	3076,9	146340,94	150871,74

5.1.3 Yapının Enerji Tüketimini ve CO2 Emisyonunu Azaltmak için Öneriler

Yapının enerji etkin yenilenebilmesi için alternatifler önerilmiştir. Ve önerilen her seçenek için enerji simülasyonu yapılarak, bu alternatiflerin yapı üzerindeki enerji tüketimi ve CO2 emisyonu etkisi incelenmiştir. Bu alternatifler arasında yapı kabuğu iyileştirilmesi, trombe duvar ve fotovoltaik panel uygulamaları alt başlıklarında incelenmiştir. Çalışmada mevcut aydınlatma armatürleri 3,400 lux'en 2,400 lux'e lambaların gücü düşürülerek daha verimli lambalar kullanılmıştır.

5.1.3.1 Trombe Duvarı Uygulaması

Trombe sistemi bir kolektör olmakla birlikte duvar veya duvar yüzeyine belirli bir mesafede yerleştirilen cam yüzeylerden oluşur. Böylelikle cephe camdan icerdeki hava boşluğuna gelen güneş ışıkları trombe duvarı tarafından emilerek bu enerji duvar içerisinde depolanır. Böylelikle ısınan hava genişir ve yukarıdan kanallar vasıtasıyla alana iletilir. Yapı kabuğunun ısı yalıtım direncini iyileştirebilmek için bir

alternatifimiz güney cephedeki zone 5 cephesine Trombe duvar uygulaması önerilmiştir.

5.1.3.2 PV Kullanımı

Türkiye gibi güneşlenme süresinin yüksek olduğu ülkelerde çevre kirliliğini azaltmak ve yenilenebilir, temiz enerji kaynakları kullanımı açısından fotovoltaik panellerin kullanımı önerilmiştir. Bu bağlamda yapının merkez şebekeye olan bağlılığını da azaltmaktadır. Yapıya yapılan alternatif uygulamalar ile minimuma düşürülen ve geriye kalan ihtiyaç duyduğu enerji ihtiyacının karşılanması için yapının düz çatısına entegre edilecek fotovoltaik paneller ile sağlanması önerilmiştir. Bu yolla yapının şebekeden bağımsız çevreyi kirletmeyen ve düşük CO2 emisyonu açığa çıkarması sağlanmaktadır. Bu bağlamda yapı çatısına gölge düşmeyen alanlar tercih edilmiş ve fotovoltaik paneller yerleştirilmiştir. Fotovoltaik sistemlerin yapıya sağlayacağı enerji miktarı hesaplanırken iklim verileri ve panel verimliliği çok önemlidir. Çalışmada solar panel üretimi konusunda ilk sıralarda yer alan Amerika Birleşik Devletleri de üretilen olan SolarWorld şirketinin yüksek verimliliğe sahip Sunmodule SWA 340 X1 Mono paneller kullanılacaktır. Bu panelin kullanılmasının en büyük sebeplerinden biri uzun ömürlü ve yüksek verimliliğe sahip olmasıdır.

Sunmodule[®] SWA 340 - 350 XL MONO



PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)*

		SWA 340	SWA 345	SWA 350
Maximum power	P_{max}	340 Wp	345 Wp	350 Wp
Open circuit voltage	V_{oc}	47.6 V	47.8 V	48.0 V
Maximum power point voltage	V_{mpp}	38.0 V	38.2 V	38.4 V
Short circuit current	I_{sc}	9.69 A	9.75 A	9.82 A
Maximum power point current	I_{mpp}	9.01 A	9.10 A	9.17 A
Module efficiency	η_m	17.04 %	17.29 %	17.54 %

Measuring tolerance (P_{max}) traceable to TUV Rheinland: +/- 2%

*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5

PERFORMANCE AT 800 W/m², NOCT, AM 1.5

		SWA 340	SWA 345	SWA 350
Maximum power	P_{max}	259.3 Wp	263.8 Wp	267.2 Wp
Open circuit voltage	V_{oc}	41.5 V	41.8 V	42.0 V
Maximum power point voltage	V_{mpp}	34.9 V	35.2 V	35.4 V
Short circuit current	I_{sc}	8.05 A	8.10 A	8.16 A
Maximum power point current	I_{mpp}	7.42 A	7.50 A	7.56 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25 °C: at 200 W/m², 97% (+/- 3%) of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved.

PARAMETERS FOR OPTIMAL SYSTEM INTEGRATION

Power sorting	-0 Wp / +5 Wp
Maximum system voltage SC II / NEC	1000 / 1500 V
Maximum reverse current	25 A
Number of bypass diodes	3
Operating temperature	-40 to +85 °C
Maximum design loads (two rail system)*	113 psf downward, 64 psf upward

*Please refer to the Sunmodule Installation Instructions for the details associated with these load cases.

COMPONENT MATERIALS

Cells per module	72
Cell type	Monocrystalline PERC
Cell dimensions	6 in x 6 in (156 mm x 156 mm)
Front	Tempered safety glass with ARC (EN 12150)
Back	Multi-layer polymer backsheet, white
Frame	Black anodized aluminum
J-Box	IP65
Connector	PV wire (JUL4703) with Amphenol LUTX connectors
Module fire performance	(JUL 1703) Type 1

DIMENSIONS / WEIGHT

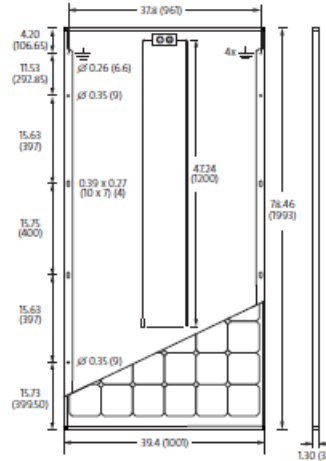
Length	78.46 in (1993 mm)
Width	39.40 in (1001 mm)
Height	1.30 in (33 mm)
Weight	47.6 lb (21.6 kg)

THERMAL CHARACTERISTICS

NOCT	46 °C
TC I_{sc}	0.03 %/°C
TC V_{oc}	-0.29 %/°C
TC P_{mpp}	-0.42 %/°C

ORDERING INFORMATION

Order number	Description
a2000758	Sunmodule SWA 340 XL mono (black frame)
a2000760	Sunmodule SWA 345 XL mono (black frame)
a2000762	Sunmodule SWA 350 XL mono (black frame)



All units provided are imperial. SI units provided in parentheses.

CERTIFICATES AND WARRANTIES

Certificates	IEC 61730	IEC 61215	UL 1703
	IEC 62716	IEC 60068-2-68	IEC 61701
Warranties*	Product Warranty	20 years	
	Linear Performance Guarantee	25 years	

*Supplemental warranty coverage available through SolarWorld Assurance™
Warranty Protection Program – www.solarworld.com/assurance

SolarWorld Americas Inc. reserves the right to make specification changes without notice. This data sheet complies with the requirements of EN 50380.

SW224US 20180219

Şekil 5.5: Solar Panel Özellikleri.

Çizelge’de gösterilen veriler DesignBuilder programına tanıtılarak bu veriler ışığında yerleştirilen solar güneş panellerinin aylık simülasyonu yapılarak yapıya kazandıracağı yıllık enerji hesaplanmıştır.

5.1.3.3 Yapı Kabuğu Alternatifleri

Yapı kabuğunun termofiziksel ve optik özelliklerinin iyileştirilmesinde kullanılacak enerji etkin yenileme alternatifleri, Cam tiplerinin iyileştirilmesi ile ısı yalıtım malzemeleri ile opak alanların iyileştirilmesi alt başlıklarında incelenmiştir.

5.1.3.3.1 Cam Tipleri

Saydam alanlar bir yapının, güneş ışığı almayan bölgelerinde ise bu alanlarda ısı kaybına neden olarak veya yapının fazla güneş ışınımı alan alanlarında olduğu zaman ortamın fazla ısınmasını sağlayarak ısıtma ve soğutma yüklerini önemli ölçüde etkilediği bilinmektedir. Çalışmada seçilen yapının saydam birleşeni pencere sistemlerinin yenilenmesi için alüminyum çerçeveler sabit bırakılarak cam sistemleri için alternatif çeşitler önerilmiştir. Bunlar doğu ve kuzey cephesi için;

- 6 mm berrak cam ve 10 mm ara boşluktan oluşan çift camlı sistem,
- 6 mm berrak low-E camdan ve 13 mm argon gazı dolgusundan oluşan çift camlı pencere sistemi,

Güney cephesi için;

Yapı güney cephesinde %60 dan fazla saydam alana sahip olduğu için ülkemizde bina enerji performans yönetmeliği uygulanmakta bu doğrultuda yapının TS825 ısı yalıtım standartları esas alınarak ısı değeri 2,1 W/m²K'den daha yüksek ısı değerine sahip;

- 6mm berrak cam ve 10 mm ara boşluktan oluşan çift cam yerine
- 3 mm berrak low-E cam ve 13 mm argon gazı dolgusundan oluşan üç camlı sistem önerilmiştir.

5.1.3.3.2 Isı Yalıtım Malzemeleri

Mevcut yapı kabuğu sadece delikli tuğla ve sıvadan oluşmaktadır. Bu yapı enerji performansı için çok yetersiz ve düşüktür. Çalışmada yapıya 5 cm grafit katkılı EPS mantolama uygulaması önerilmiştir. Bu yapının ısı geçirgenlik katsayısını arttırarak yapının daha az enerji harcaması doğrultusunda yardımcı olacağı görülmüştür. Çatı katman detaylarına ek camtülü şilte serilmesi öngörülmüştür.

5.1.4 Geliştirilen Alternatiflerin Sonrası Yapının Isıtma Soğutma Yükleri, Enerji Giderleri, CO2 Emisyon Hesabı

Bu bölümde, yukarıda açıklanan alternatiflerin uygulandığı yapının birim metrekaresine düşecek soğutma yükü, ısıtma yükü CO2 tüketimi ve toplam enerji tüketimi DesignBuilder programı ile hesaplanmıştır. Yapının simülasyonda kullanılan katmanlaşma detayları Çizelge 5.8 , 5.9, 5.10 ve 5.11 'de verilmektedir.

Çizelge 5.8: Dış Duvar Katman Detayları

No	Malzemenin Adı	Kalınlığı d (m)	Malzemenin ısı iletgenlik Hesap değeri λ (W/m.K)	Isı Geçirme Katsayısı, U (W/ m ² .K)
1	İç sıva	0,03	0,42	0,387 (W/ m².K)
2	19 tuğla	0,19	0,72	
3	Grafit EPS	0,05	0,035	
4	Çimento sıva	0,02	0,25	

Çizelge 5.9: Bodrum Üstü Katman Detayları

No	Malzemenin Adı	Kalınlığı d (m)	Malzemenin ısı iletgenlik Hesap değeri λ (W/m.K)	Isı Geçirme Katsayısı, U (W/m ² .K)
1	Parke kaplama	0,03	0,40	1,246 (W/m².K)
2	Tavsiye Betonu	0,07	0,41	
3	Betonarme Döşeme	0,15	1,13	
4	Sıva	0,050	0,14	

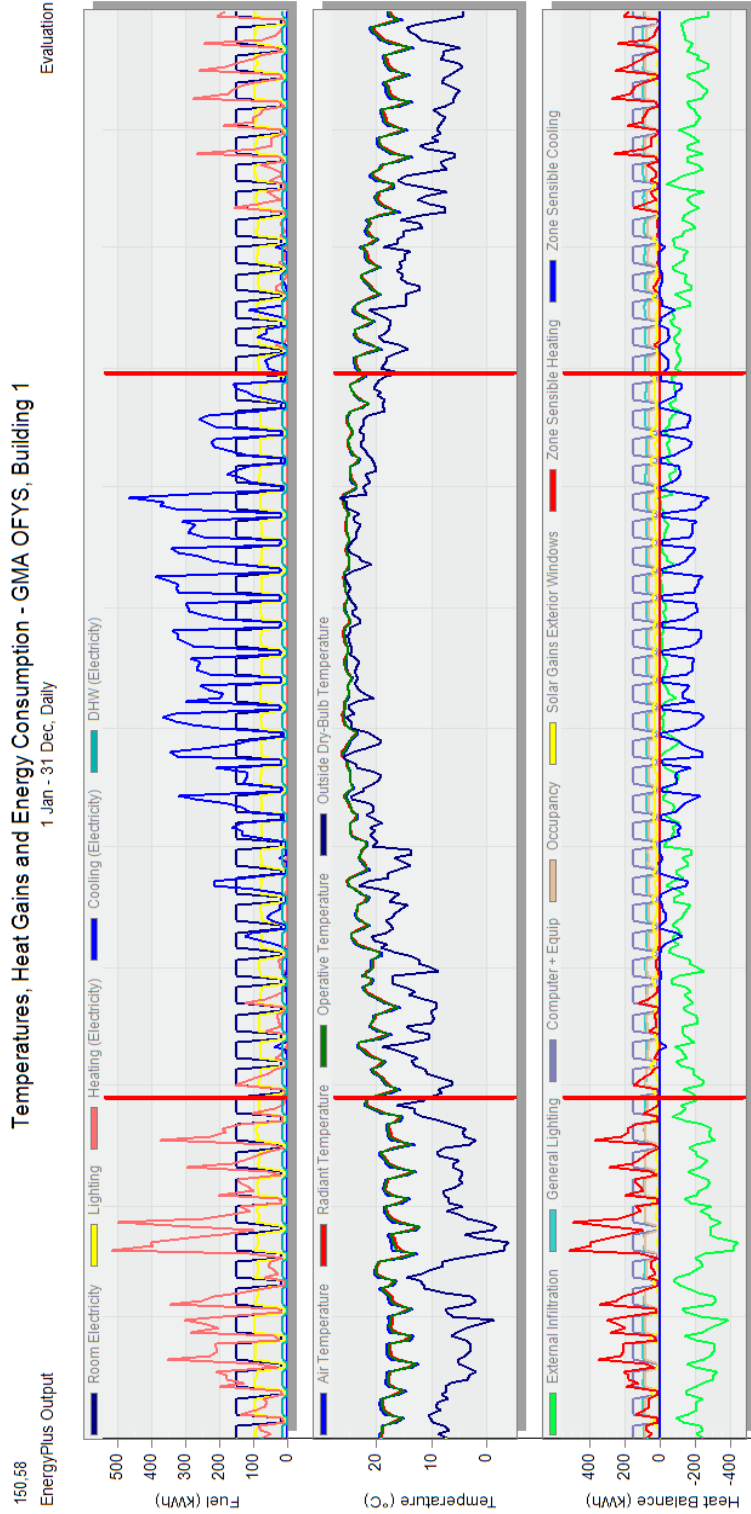
Çizelge 5.10: Düz Çatı Katman Detayları

No	Malzemenin Adı	Kalınlığı d (m)	Malzemenin ısı iletgenlik Hesap değeri λ (W/m.K)	Isı Geçirme Katsayısı, U (W/m ² .K)
1	Çatı membranı	0,01	0,17	0,612 (W/m².K)
2	Rockwall	0,3	0,08	
3	Betonarme Döşeme	0,15	1,39	
4	Cam tülü	0,03	0,036	
5	Tavan Sıvası	0,02	0,18	

Çizelge 5.11: Eğik Çatı Katman Detayları

No	Malzemenin Adı	Kalınlığı d (m)	Malzemenin ısı iletgenlik Hesap değeri λ (W/m.K)	Isı Geçirme Katsayısı, U (W/m ² .K)
1	Kil Kremit	0,025	1,00	0,752 (W/m².K)
2	Su kontrası	0,03	0,035	
3	Hava boşluğu direnci	0,40	0,015	
4	Çatı keçesi	0,03	0,19	

Yapılan alternatiflerle yukarıdaki çizelgelerde gösterildiği gibi ısı geçirme katsayıları mevcut yapıdaki ısı geçirme katsayılarından daha düşüktür. Bu alternatiflerle DesignBuilder programı aracılığıyla yapılan yeni simülasyonda enerji tüketimi aşağıdaki Şekil 5.6’da gösterilmektedir.



Şekil 5.6: Alternatifler Sonrası Enerji , Sıcaklık ve Isı Dengesi Verileri

Alternatifler sonrası yapıya ait ısıtma ve soğutma yükü DesignBuilder programında simüle edildiği zaman yıllık 105968,21 kWh olarak hesaplanmıştır. Programda yapılan hesaplamalara göre , yapının soğutması için kullanılan elektrik enerjisi 22493.56 kWh, ısıtma için harcanan elektrik enerjisi 17543.18 kWh , aydınlatma için

kullanılan elektrik enerjisi 21861.28 kWh, ofis malzemelerinin harcadığı elektrik enerjisi 40910.06 kWh olarak hesaplanmıştır. Çizelge 5.12 de tüketilen enerji gösterilmektedir.

Çizelge 5.12: Kullanılan Toplam Enerji Dağılımı

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	17543.18	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	22493.56	0.00	0.00
Interior Lighting	21861.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	40910.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	3111.64	48.73
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	62771.34	0.00	0.00	22493.56	20654.82	48.73

Çizelge 5.13'te yapının alternatifler sonrası CO2 emisyonu kullanılan malzeme ve tüketilen enerjiye göre verilmektedir. Toplam yıllık CO2 emisyonu ise, 136305,78

(kgCO₂) bulunmuştur. Bu oranlar ele alındığı zaman , binalarda enerji performans yönetmeliğinde ikinci iklim bölgesi ofis yapıları için , seçilen ofis enerji tüketimi bakımından A sınıfı , sera gazı üretimi bakımından B sınıfına girmektedir.

Çizelge 5.13: Alternatifler Sonrası Sera Gazı Üretimi

Constructions Embodied Carbon and Inventory	Area (m2)	Embodied Carbon (kgCO ₂)	Equivalent CO ₂ (kgCO ₂)
Project pitched roof	38,4	2123,6	2174,0
Project semi-exposed ceiling_Reversed	149,0	4608,9	4775,5
Project external floor	1,9	17,9	18,6
Project unoccupied pitched roof	153,2	4230,7	4384,0
Project flat roof	362,8	25731,8	26009,4
Project semi-exposed ceiling	149,0	4608,9	4775,5
Project external door	2,7	0,0	0,0
Copy of Standard wall construction (insulated to 1995 regs)	543,1	46917,9	49315,7
Project internal door	4,3	0,0	0,0
Project partition	586,9	3169,4	3433,5
Project internal floor_Reversed	549,3	9228,2	9228,2
Project ground floor	549,3	31754,8	32191,5
Sub Total	3089,9	132392,22	136305,78

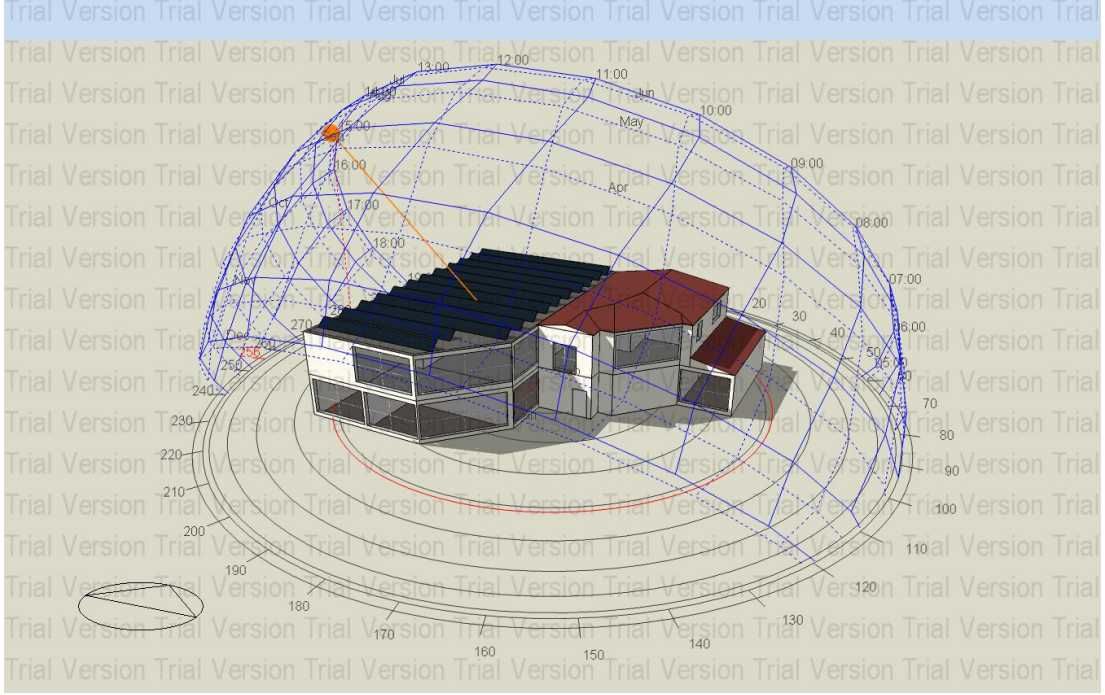
- Fotovoltaik (Pv) panel uygulaması

Ülkemiz güneşlenme süresi bakımından fotovoltaik sistemlerden gelişmiş ülkelere kıyasla çok daha fazla güneşlenme süresine sahiptir. Bu da yapılara entegre edilecek fotovoltaik sistemlerin veriminin yüksek olacağı yönündedir. Yapı Türkiye'nin İstanbul ilinin Esenyurt ilçesine bağlıdır. Güneş paneli eğim açısı, enlem değeri yardımıyla hesaplanır. Bu açı enlem değeri 25'ten küçükse 0,87 ile çarpılarak hesaplanır. Enlem değeri 25 ila 50 arasında ise 0,87 ile çarpılır ve sonuca 3,1 derece eklenir. Türkiye'deki tüm şehirlerde kullanılmak üzere güneş paneli eğim açısı hesabı için panel eğimi = enlem x 0,87 + 3,1 olarak alınabilir. Hesaplama yardımıyla bulunacak eğim açısı, panelin yer ile arasındaki açıyı ifade etmektedir. İstanbul ili için enlem 41.0082376, boylam ise 28.9783589 dur. İstanbul ilinde güneş paneli açısı $41 \times 0,87 + 3,1 = 39$ derece olarak alınır. Çalışmada yapı çatısına entegre edilecek fotovoltaik paneller 39 derecelik bir açı ile yerleştirilecektir. Toplamda 96 adet 340

watt'lık mono fotovoltaik panel çatıya entegre edilmiştir. Ve Çizelge 5.13'de yıllık elektrik üretiminin 43543,184 kWh olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.14: Fotovoltaik Panellerin Yıllık Elektrik Üretimi.

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.000	0.00
High Temperature Geothermal*	0.000	0.00
Photovoltaic Power	43543.184	69.37
Wind Power	0.000	0.00
Power Conversion	-1741.73	-2.8
Net Decrease in On-Site Storage	0.000	0.00
Total On-Site Electric Sources	41801.457	66.59
Electricity Coming From Utility	35479.061	56.52
Surplus Electricity Going To Utility	14509.188	23.11
Net Electricity From Utility	20969.873	33.41
Total On-Site and Utility Electric Sources	62771.330	100.00
Total Electricity End Uses	62771.330	100.00



Şekil 5.7: Alternatifler Sonrası Yapının DesignBuilder Programında Modeli.

5.1.5 Bulgular

Bu bölümde mevcut yapı enerji etkin yenilenmesinde uygulanabilecek alternatifler geliştirmek amacıyla yapılan mevcut bir ofis yapısı için gerçekleştirilen örnek uygulama sonucu ortaya çıkan bulgular açıklanmıştır.

Yapının mevcut durumda harcadığı toplam yıllık enerji miktarı 137907,21 kWh, m² başına harcadığı enerji 139,58 kWh/m², aynı zamanda toplam CO₂ emisyonu 150871,80 kg, birim alan için 152,70 kg CO₂ salgılamaktadır. Tüketilen enerjinin 62,40 kWh/m²'si soğutmada, 42,42 kWh/m² si ise ısıtmada kullanılmaktadır. Toplam harcanan enerjinin %75'i ısıtma ve soğutma yükü için harcanmaktadır.

Yapı kabuğu bileşenlerinin enerji etkin açısından iyileştirilmesi alternatiflerinden biri olan yalıtım uygulaması ile yapının ısıtma ve soğutma yüklerinin önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir. Yalıtım sonrası ısıtma için tüketilen enerji miktarı 33,60 kWh/m² olduğu belirlenmiştir. Bu yenileme alternatifi ısıtma yüklerinde %26 azalma sağlamıştır. CO₂ emisyonunda ise %12 azalma sağlamıştır. Bir diğer alternatiflerden biri olan saydam alanların enerji etkin iyileştirilmesin de kullanılan pencerelerin

değiştirilmesi önerisinde en az enerji gideri sağlayan seçeneğin, ikili lowE cam uygulaması olduğu görülmüştür. Bu yenileme alternatifi sonrası yıllık enerji tüketimi %9 azalmıştır.

Bu sonuçlara göre yenilemenin bu adımda yapının yıllık tüketimini %31,34, Co2 emisyonunu ise %15 azaltmıştır. Ve enerji etkin yenilenen yapıya eklenen fotovoltaik paneller ile yapıda kullanılan toplam enerji tüketimi birim m2 başına 45 kWh/m2 düşerek %43 azalmıştır. Co2 emisyonu ise 42,8 kg düşerek %38 azalmıştır.

Bununla birlikte toplam enerji tüketimi 137907,21 kWh den 61420,40 kWh'e düşürülerek %56 azalma sağlanmıştır.

6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Yapılarda enerji verimliliğinin önemi son yıllarda etkisi giderek artan çevre ve enerji sorunları , bina tasarımı, yapımı ve kullanım sürecinde sürdürülebilir bir çevre yaratma ve enerji sağlama yolundaki çalışmaların hız kazanmasına yol açmıştır. Sürdürülebilirlik kullanıcıların her türlü ihtiyacını karşılarken gelecek nesillere de yaşanabilir bir gezegen bırakmak aynı zamanda hızla tükenen fosil yakıtların gelecek nesillerce de kullanılmasını sağlayabilecek gelecek günümüz mimarların hedefi olmaktadır.

Yapılar imalatlarından, kullanımlarına ve yıkımları da yani yaşantılarında bir çevresel döngü içerisindedir. Yapıların yapımlarında ve kullanıcı konforu için gerekli hususların sağlanması mevcut doğal kaynakları tüketmekte ve yapı içinde harcanan enerji sonucu atmosfere CO2 salınımı yapmaktadır. Atmosferimize ve çevremize en az zararı verecek sistemlerin ve sürdürülebilirliğin geliştirilmesi gerekmektedir. Son yıllarda mimarlığın önemli konularından biri, yapımı, kullanımı ve yaşamı boyunca çevreye zarar vermeyen veya bu zararı en aza indirgeyecek yapıların yapımı ve kullanılması konusu olmuştur. Mevcut yapıların aksine yeni yapıların sürdürülebilirlik konusunda önemli gelişmeleri söz konusudur. Ülkemizde ve bir çok ülkede sürdürülebilirliğin önemi devletler tarafından da benimsendiği ve bu doğrultuda yasaların çıkarıldığı gözlemlenmiştir. Mevcut yapıların toplam enerji tüketiminin %40-45 den sorumlu olduğu varsayıldığından mevcut yapıların enerji tüketiminin çok fazla olması, bu konudaki gelişmelerin ve önlemlerin sadece yeni yapılarda alınmasının yeterli olmayacağı, mevcut yapılarında gerekli enerji etkin iyileştirilmesinin yapılması gerekmektedir.

Binalar kullanım koşullarına göre enerjide en fazla harcamayı ısıtma, soğutma, sıcak su ve aydınlatmada kullanmaktadır. Bu koşulları kullanıcı konforu için en iyi hale

getirebilmenin ve gerekli enerji miktarının iyileştirilmesinde, yapının yapı kabuğu en etkili tasarım parametrelerinden biridir.

Bu çalışmada küresel iklim değişikliğinin ve hızla ısınan gezegenimizin nedeni olan enerji giderleri ve CO2 emisyonları en önemli rolü oynamaktadır. Mevcut yapıların enerji giderleri ve CO2 emisyonunun fazla olması mevcut yapıların enerji etkin yenilenmesinde alternatifler sunularak geliştirilmesi hedeflenmiş, geliştirilen alternatifler EnergyPlus simülasyon programının ara yüzü olan DesignBuilder programında İstanbul ili Esenyurt ilçesinde bulunan bir ofis yapısı üzerinde uygulanmış ve sonuçlar mevcut yapı enerji etkin yenilenmesine yol göstermesi üzerine öneri olarak sunmak üzerine değerlendirilmiştir. Enerji etkin yenilemede önerilen alternatifler yapıda uygulandıktan sonra sürdürülebilir ve yenilenebilir kaynaklardan biri olan Güneş enerjisi kullanımını sağlayacak fotovoltaik panellerin yapıya entegre edilebilirliği de incelenmiştir.

Bu çalışmada belirlenen alternatiflerin yapı enerji etkin yenilenmesinde yapı kabuğu iyileştirmeleri, saydam alanların enerji etkin iyileştirilmesi ve fotovoltaik panellerin entegrasyonu sonucu yapının toplam enerji tüketim miktarında %56, CO2 emisyonunda ise %48 azalma gözlemlenmiştir. Ülkemizde mevcut yapıların enerji etkin iyileştirilmesi ile büyük çaplı tadilatlar geçiren yapılar 2008 Ekim ayında yürürlüğe giren binalarda ısı yalıtım yönetmeliğine göre yapılmaktadır. Bu çalışmada alternatiflerin uygulandığı yapı yenilenmeden önce 2008 yılının aralık ayında resmi gazete ile yayımlanan binalarda enerji performans yönetmeliğinde tanımlanan kimlik belgesi sınıflarına göre enerji tüketimi bakımından B sınıfı, CO2 emisyonu bakımından D sınıfına girdiği belirlenmiştir. Sunulan tüm alternatifler sonucunda yenilenen yapı enerji kimlik belgesi sınıflarına göre her iki kriter bakımından A sınıfına girmiştir.

Sonuç olarak, mevcut yapıların enerji etkin iyileştirilmesinin, fosil yakıtların tüketimini azaltacağından, çevre kirliliğini önlemede ve enerji tüketimini minimum seviyelere indirmede önemli bir katkı sağlayacağı açıktır. Mevcut yapıların enerji etkinliğini iyileştirmede kullanılacak alternatif iyileştirmeler ilk yatırım maliyeti gerektirmekte fakat kullanım maliyetini düşürerek kullanıcıya ekonomik fayda

getirirken, çevrenin daha temiz ve sürdürülebilirliğine de katkıda bulunmaktadır. Binalarda enerji performansı gibi yönetmeliklerin yönetimlerce desteklenip ileride yaygınlaşması, çeşitlenmesi ve daha ekonomik hale gelmesi beklenmektedir. Böylelikle sürdürülebilir , düşük enerji kullanan ve evre dostu yapıların geliştirilebilmesi daha olanaklı olabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Koçlar Oral, G., Manioğlu, G., 2010: Bina Cephelerinde Enerji Etkinliği ve Isı Yalıtımı, 5. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu Bildirileri, İzmir, 31- 32.
- [2] Özdemir, B.B., 2005: Sürdürülebilir Çevre için Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [3] MMO Dergisi , 2016, Cilt:57, Sayı: 683, s36
- [4] Manioğlu, G., 2002: Isıtma Enerjisi Ekonomisi ve Yaşam Dönemi Maliyeti Açısından Uygun Bina Kabuğu ve İşletme Biçimi Seçeneğinin Belirlenmesinde Kullanılabilecek bir Yaklaşım, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- [5] Erçin, Ç., 2005: Mimarlıkta İklim Faktörü ve Bu Faktöre Bağlı Olarak Konut Alanlarında Fiziksel Yerleşme Yoğunluğunun Belirlenmesi İçin İlkeler, Yakın Doğu Üniversitesi Fen ve Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Lefkoşa
- [6] Berköz, E. Yılmaz,Z.,Kocaaslan,G.ve ekibi. Enerji etkin konut ve yerleşme tasarımı, TÜBİTAK Araştırma Raporu, Proje No: İNTAG 201.
- [7] Moore, Fuller; Environmental Control Systems, (Heating, Cooling, Lighting), McGraw Hill Inc., United States of America, 1993.
- [8] <http://mmoteskon.org/wp-content/uploads/2014/12/2005-26.pdf>
- [9] Ashrae, Standart 55 – 2010: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy

- [10] Ashrae, Standart 55 – 2010: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy
- [11] Lechner, N., 2009: Heating, Cooling, Lighting – Sustainable Design Methods for Architects. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 21,59.
- [12] Goulding, J. R., Lewis, O.J. and Steemers, T.C., 1992. Energy conscious design, a primer for architects.
- [13] Kangal, H., 2008, Fotovoltaik Sistem Analizi ve Labview Tabanlı MPPT Simülasyonu, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara
- [14] <http://www.isbs2015.gazi.edu.tr/belgeler/bildiriler/839-847.pdf>
- [15] Bekar, D. 2007, Ekolojik Mimarlıkta Aktif Enerji Sistemlerinin İncelenmesi,, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- [16] Özdemir, B.B., 2005: Sürdürülebilir Çevre için Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [17] <https://www.enerjibes.com/solar-cati-teknolojileri-nelerdir/>
- [18] Turhan Cer, S.,2015, Gölgeleme Bileşeni Olarak Kullanılan Fotovoltaik Panellerin Enerji Etkinliğinin Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- [19] Sayın, S., Koç, İ., 2011, Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik Sistemler ve Yapılarda Kullanım Biçimleri, Selçuk Üniversitesi Mühendis ve Mimarlar Fakültesi Dergisi, C.26, s.3, Konya
- [20] Yücel Y., Güneş Enerjisinden Yararlanmak Amacı İle Fotovoltaik Sistemlerin Binalarda Kullanımı, İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul*[40] Yörük, B, 2014, Akdeniz İklim Bölgesi İçin Enerji Etkin Bina Kabuğu Tasarımında Yenilikçi Pasif Yaklaşımlar, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

- [21] <http://www.braas.com.tr/referanslar/gunes-enerjili-catilar.html>
- [22] <https://yesilekonomi.com/gunes-enerjisi-sektoru-cati-yonetmeligini-bekliyor/>
- [23] <https://slideplayer.biz.tr/slide/3033370/>
- [24] <http://www.solar-academy.com/menuis/Bina-ile-Butunlesmis-Fotovoltaik-Uygulamalar.022322.pdf>
- [25] Keleş, C.Ö., 2008, Türkiye’de Binalarda Enerji Verimliliği Açısından Fotovoltaik Sistemlerin Kullanımına Yönelik Bir İnceleme, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- [26] <https://www.edilia2000.it/Solare-fotovoltai-co-Rapporto-Statistic>
- [27] http://www.normenerji.com.tr/menu_detay.asp?id=9955
- [28] <http://www.catider.org.tr/pdf/sempozyum/Bil12.pdf>
- [29] <https://www.change.org/p/donald-trump-make-the-border-wall-out-of-solar-panels>
- [30] www.kesir.com.tr
- [31] www.enerjikimlikbelgesi.com
- [32] ebay.com
- [33] www.aerodyndesign.com
- [34] www.climatetechwiki.org
- [35] https://www.researchgate.net/figure/Parts-of-a-wind-turbine-wwwworkingwindorg_fig20_283052508
- [36] <http://www.solar-academy.com/menuis/Yenilenebilir-Etkin-Enerji-Yap%C4%B1lar.012514.pdf>
- [37] www.teknikerik.com

[38] <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>

[39] <https://www.mgm.gov.tr/genel/ruzgar-atlasi.aspx>

[40] <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>

[41] Zhihua Zhou. 2016, The Operational Performance of “net zero energy building”: A study in China

[42] <http://www.alderaluminium.com.tr/urun/kayar-katlanir-gunes-kirici-sistemi/>

