



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN  
ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**ILIMLI KURU İKLİM BÖLGESİ MEVCUT  
AİLE SAĞLIĞI MERKEZİ ENERJİ ETKİN  
İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ**

**Ahmed Bilal GÜLEŞEN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mimarlık Anabilim Dalı**

**Eylül-2023  
KONYA  
Her Hakkı Saklıdır**

**ÖZET****YÜKSEK LİSANS TEZİ****ILIMLI KURU İKLİM BÖLGESİ MEVCUT AİLE SAĞLIĞI MERKEZİ  
ENERJİ ETKİN İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ****Ahmed Bilal Güleşen****Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Mimarlık Anabilim Dalı****Danışman: Doç. Dr. Hatice Derya Arslan****2023, 75 Sayfa****Jüri****Doç. Dr. H. Derya ARSLAN****Doç. Dr. Fatih CANAN****Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DERELİ**

Yaşam sürecinde içinde bulunulan ekonomik sıkıntılar ve toplumsal bilinçsizlikler çevremizde çeşitli problemlere yol açmaktadır. Bu problemlerin en büyüklerinden bir tanesi de bilinçsiz enerji tüketimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Enerjinin bilinçsiz olarak tüketilmesinin en büyük sebeplerinden bir tanesi de mevcut yapılaşmanın hem inşaat hem de yapı ömrü boyunca enerjiyi gereksiz olarak tüketmesidir. Ancak geçmişte ortaya çıkan enerji krizi ile birlikte enerji etkin bina tasarımı kavramı ortaya çıkmıştır. Bu tasarım biçiminde asıl amaç bina kullanıcısının konfor koşullarını bozmadan, çevreye verilen zararı en aza indirerek enerjinin verimli kullanılması ve maliyetlerin minimuma indirilmesini sağlamaktır.

Bu çalışmada Türkiye genelinde uygulanan aile sağlığı merkezileri (ASM) enerji etkin iyileştirme önerisi konu alınmıştır. ASM projesi üzerinden enerji analizi yapılması ve bu analizler sonucunda sunulan önerilerin tasarım kriterleri arasına eklenerek gelecekte planlanacak olan aile sağlığı merkezi projelerinin enerji etkin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda öncelikle gerekli literatür taraması yapılarak; enerji etkin tasarım, enerji etkin bina tasarım parametreleri ve enerji etkin yapı analizi ile ilgili gerekli kavramlara yer verilmiştir. Çalışmanın devamında analizleri yapılacak olan ılımlı kuru iklim bölgesinde bulunan Konya ili özelinde uygulanan İsmil Aile Sağlığı Merkezi projesi ilgili idari birimlerden elde edilmiştir. Elde edilen projenin mevcut durumu ve iyileştirme önerileri için hazırlanan modeller üzerinden ArchiCAD programı, EcoDesigner STAR eklentisi ve VELUX DayLight Visualiser programları yardımı ile elektrik enerjisi kullanımı, fosil yakıt tüketimi, ısıtma-soğutma yükleri ve aydınlatma analizleri yapılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda mevcut yapının bina kabuğunda yapılan malzeme iyileştirmelerinin enerji korunumuna yardımcı olduğu, saydam yüzeylerinde yeni tasarım önerisinin aydınlatma ve ısıtma yüklerinde enerji kazanımı sağladığı, ve çatı yüzeyine eklenen fotovoltaiik paneller ile elektrik enerjisinin karşılanabileceği tespit edilmiş ve uygulamalarda kullanımı önerilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Etkin Bina Tasarımı, Enerji Etkin Bina İyileştirmeleri, Aile Sağlığı Merkezi, Archicad Ecodesigner Star, VELUX Daylight Visualiser, Enerji Simülasyonu

**ABSTRACT****MS THESIS****EXISTING FAMILY HEALTH CENTER IN MODERATE DRY CLIMATE  
ZONE ENERGY EFFECTIVE IMPROVEMENT RECOMMENDATIONS****Ahmed Bilal GÜLEŞEN****THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN ARCHITECTURE****Advisor: Assoc.Prof.Dr. Hatice Derya ARSLAN****2023, 75 Pages****Jury****Assoc.Prof.Dr. Hatice Derya ARSLAN****Assoc.Prof. Dr. Fatih CANAN****Dr. Öğr. Lecturer Mustafa DERELİ**

Economic difficulties and social unconsciousness in the life process lead to various problems in our environment. One of the biggest of these problems is unconscious energy consumption. One of the biggest reasons for the unconscious consumption of energy is that the existing construction consumes energy unnecessarily during both construction and building life. However, with the energy crisis in the past, the concept of energy efficient building design has emerged. The main purpose of this type of design is to ensure efficient use of energy and minimization of costs by minimizing the damage to the environment without disturbing the comfort conditions of the building user.

In this study, a proposal for energy efficient improvement of family health centers (FHC) applied throughout Turkey is discussed. It is aimed to perform energy analysis on the FHC project and to develop energy efficient family health center projects to be planned in the future by adding the suggestions presented as a result of these analyzes to the design criteria. In line with this purpose, first of all, the necessary concepts related to energy-efficient design, energy-efficient building design parameters and energy-efficient building analysis are given by making the necessary literature review. The İsmil Family Health Center project, which is applied in Konya province, located in the moderate dry climate zone, which will be analyzed in the rest of the study, was obtained from the relevant administrative units. Electrical energy use, fossil fuel consumption, heating-cooling loads and lighting analyses were carried out with the help of ArchiCAD program, EcoDesigner STAR plug-in and VELUX DayLight Visualiser programs on the models prepared for the current status of the project and improvement suggestions. In line with the data obtained, it was determined that the material improvements made in the building envelope of the existing building help energy conservation, the new design proposal on the transparent surfaces provides energy savings in lighting and heating loads, and the photovoltaic panels added to the roof surface can meet the electrical energy and are recommended for use in applications.

**Keywords:** Energy Efficient Building Design, Energy Efficient Building Improvements, Family Health Center, Archicad Ecodesigner Star, VELUX Daylight Visualiser, Energy Simulation

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının son vaktine kadar bana yol gösteren ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. H. Derya ARSLAN hocama sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca tez çalışmalarım boyunca manevi desteğini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan sevgili eşim Büşra Tunara Güleşen'e, aileme, yüksek lisans sürecini birlikte ilerlettiğimiz değerli arkadaşım Harun'a, yaşadığım sorunlarda desteğini esirgemeyen Y. Mimar Meryem Altınöz'e ve yanımda olan herkese teşekkür ederim.

Ahmed Bilal GÜLEŞEN  
KONYA-2023

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ii</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>iv</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Çalışmanın Amacı.....	2
1.2. Çalışmanın Kapsamı .....	3
1.3. Çalışmanın Yöntemi .....	3
<b>2. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI .....</b>	<b>5</b>
2.1. Enerji Etkin Bina Tasarımı Değişkenleri.....	7
2.1.1. Kullanıcıya İlişkin Değişkenler .....	8
2.1.2. İklimle İlişkin Değişkenler .....	9
2.1.2.1. Dış İklimsel Değişkenler (Doğal Çevre) .....	9
2.1.2.2. İç İklimsel Değişkenler .....	13
2.1.3. Binaya İlişkin Değişkenler.....	15
2.1.3.1. Binanın Bulunduğu Yer .....	15
2.1.3.2. Bina Formu .....	16
2.1.3.3. Binanın Yönlendiriliş Durumu .....	17
2.1.3.4. Binanın Çevre İçerisinde Konumu .....	18
2.1.3.5. Bina Kabuğunun Optik Ve Termofiziksel Özellikleri.....	19
2.1.3.6. Mekân Organizasyonu .....	21
2.2. Enerji Etkin Bina Tasarımında Pasif ve Aktif Sistemler .....	21
2.2.1. Pasif Sistemler .....	22
2.2.1.1. Güneş Kontrol Elemanları .....	22
2.2.1.2. Yapı Kabuğu İyileştirmeleri .....	24
2.2.1.3. Pasif Isıtma Sistemleri .....	25
2.2.1.4. Pasif Soğutma Sistemleri .....	27
2.2.2. Aktif Sistemler.....	28
2.2.2.1. Yenilenebilir Enerji Sistemleri .....	28
2.2.2.2. Enerji Tasarruflu Sistemler.....	30
2.2.2.3. Bina Enerji Modellemesi .....	31
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>35</b>
3.1. Archicad Ecodesigner Star.....	35
3.2. Velux Daylight Visualizer .....	40
<b>4. İSMİL AİLE SAĞLIĞI MERKEZİ ENERJİ ANALİZİ VE İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ.....</b>	<b>41</b>

4.1. İsmil Aile Sağlığı Merkezi Genel Özellikleri ve Tanıtımı .....	41
4.2. İsmil Aile Sağlığı Merkezine İlişkin Değişkenler .....	44
4.3. İsmil Aile Sağlığı Merkezi Enerji Analizi .....	46
4.4 İsmil Aile Sağlığı Merkezi İyileştirme Önerilerine İlişkin Enerji Analizi .....	51
4.4.1. İsmil Aile Sağlığı Merkezi Pasif Sistem İyileştirme Önerileri .....	52
4.4.2. İsmil Aile Sağlığı Merkezi Aktif Sistem İyileştirme Önerileri.....	59
4.5. Yapılan Analizlerinin Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi .....	60
<b>5. TARTIŞMA .....</b>	<b>65</b>
<b>6. SONUÇ .....</b>	<b>67</b>
<b>7. KAYNAKLAR .....</b>	<b>69</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>76</b>

## 1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında bulunan ekonomik sorunların ve toplumsal bilinçsizliklerin meydana getirmiş olduğu olumsuz etkiler, kullanıcılar üzerinde uzun yıllar boyu etkisini gösterecek olan çeşitli problemlere yol açabilmektedir. Toplumun zorlayan ve nesiller boyu etki edecek olan bu sorunların en büyüklerinden bir tanesi de bilinçsiz enerji tüketimidir. Enerjinin bilinçsiz olarak tüketilmesinin birçok sebebi bulunmaktadır. Bu tüketimlerin arasında en çok etkileyen sebep ise mevcut yapılaşmanın hem inşaat hem de yapı ömrü boyunca enerjiyi gereksiz olarak tüketmesidir. Avrupa özelinde incelendiğinde enerji harcamalarının %40'ının binalara ait olduğu tespit edilmiştir. (Khosravani vd., 2016) Bu durumun önüne geçebilmek için yapının tasarımı ve kullanım ömrü boyunca doğal enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğine önem gösterilmesi gerekmektedir. Doğal enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği için enerjinin yeniden kullanımı, kaynakların etkin tüketimi, çevre odaklı yapı malzemelerinin seçimi, suyun korunumu gibi konular gündeme gelmektedir. Yapının tasarımı ve kullanımında etkili olan bu faktörler enerji etkin düzenlemelerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Enerji etkin tasarım bilincinin artması ile sürdürülebilir bina tasarımı ve uygulamaları çoğalmakta, yeni yapılaşmalar için birçok altlık ortaya çıkmaktadır. Bu tasarım bilincinde amaç; yapının üretim sürecinde hammaddenin tasarrufu, geri dönüştürülebilir atıklar ile çevresel zararın indirgenmesi, bina kullanıcılarına uzun vadede konfor, kalite ve ekonomi anlamında iyi bir gelecek oluşturulması gibi sağlıklı ve verimli ortamlar oluşturmaktır. Bu kapsamda yapı bütününde dikkat edilmesi gereken tüm kriterler için ayrı düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Günümüzde teknolojik gelişmeler doğrultusunda ortaya çıkan mimari yazılımlar ile yapı bütününde dikkat edilmesi gereken farklı kriterler için analizler yapılabilmektedir (URL-1). Bu sayede mimari tasarım kapsamında enerji etkin bina tasarımı sürece dâhil edilebilmektedir.

Enerji etkin bina tasarımı sürecinde binanın çevresel faktörler ile ilişkilendirilerek bölgeye özel tasarlanması gerekmektedir. Binanın konumu, iklim bölgesi, biçimi, çevre yapılaşması, yapı kabuğu tasarımı ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanımı gibi çeşitli kriterlerin tasarım sürecinde bulunması gerekmektedir. Ancak günümüzde tasarım sürecinin de hızlanması ile birlikte farklı bölgelerde uygulanan kamu yapılarının çevresel faktörler önemsenmeden benzer biçimde planlanıp uygulanması enerji problemlerini ortaya çıkarmaktadır (Ezema ve Maha, 2022).

Ülkemiz genelinde kamu yapılarının üretiminde seri ve hızlı üretim sağlayabilmek için tip proje uygulamaları yapılmaktadır. Bu tip proje uygulamalarından bir tanesi de her mahallede bulunması amaçlanan aile sağlığı merkezleri (ASM)'dir. Semt ölçeğinde önemli bir donatı olan ASM'ler ihtiyaç doğrultusunda hızlı yapılaşma sürecinde yönetmelik harici bir kritere dikkat edilmeden yapılmaya devam edilmektedir. Mimari tasarım sürecinin yapıyı ve kullanıcıyı etkileyen çevresel etmenlere önem gösterilmeden ilerlemesi sonucunda değişken bölgesel sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunlarla birlikte kullanıcı konforu sağlanamamakta, binanın kullanım süresi boyunca gereksiz enerji tüketimi oluşmakta ve çevreye zarar verilmektedir. Mevcut ASM'ler incelenerek analizlerinin yapılması ve gerekli düzenlemelerin belirlenmesi hem tasarım sürecinde enerji etkin bina tasarımına etken maddelerin yönetmeliklere eklenerek dikkate alınması hem de enerji etkin bina uygulamalarının artırılması için önem arz etmektedir.

### **1.1. Çalışmanın Amacı**

Enerji etkin bina, pasif ve aktif sistem düzenlemeleri ile enerjinin verimli kullanıldığı ve kullanıcı konforunun optimum seviyede tutulduğu yapılar olarak tanımlanabilmektedir (Goh, 2022). Ülkemizde yönetmelik ve mevzuatlarda yapılan yeni düzenlemelerle binanın enerji korunumu konusunda önlemler alınmaya çalışılmaktadır. Ancak toplumun bu sisteme geçebilmesi için öncelikle çevresinde görmesi ve örnek olarak bilinçlenmesi gerekmektedir. Bu motivasyondan hareketle Türkiye genelinde yoğun bir yapılaşmaya sahip aynı zamanda kullanıcı çeşitliliği fazla ve sirkülasyonu yoğun bir aile sağlığı merkezi üzerinden enerji etkin iyileştirme önerileri geliştirmek amaçlanmıştır. 2012 yılına kadar belirlenen standart proje üzerinden uygulanan ASM'ler günümüzde ihale usulü ile farklı mimarlık ofisleri tarafından belirli tasarım standartları ile projelendirilmektedir. Hazırlanan projeler, sağlık yapıları asgari tasarım standartlarına göre İl Sağlık Müdürlükleri tarafından kontrol edilip ihale ve inşaat süreci başlatılmaktadır. Ancak sağlık yapıları standartları incelendiğinde, binaların farklı iklim bölgelerinde ortaya çıkabilecek farklılıklara karşı önlem ve kontrol mekanizması bulunmamaktadır. Bu sebeple ortaya çıkan yeni projeler, geçmişte oluşturulan projelerle benzer bir şema ile ortaya çıkmakta ve tasarım sürecinde gelişim göstermemektedir. Güncel uygulanan ve uygulanmakta olan ihale projeleri incelenerek ASM ve 112 Acil birimleri birlikte yapılan projeler dikkate alınmıştır. Güncel olması uygulanmış ve uygulanmakta olan projelerden olması sebebi ile tek katlı Konya İsmil Aile sağlığı

merkezi tez kapsamında mevcut durumu ve iyileştirme önerileri ile analizleri yapılan yapı olarak seçilmiştir.

## 1.2. Çalışmanın Kapsamı

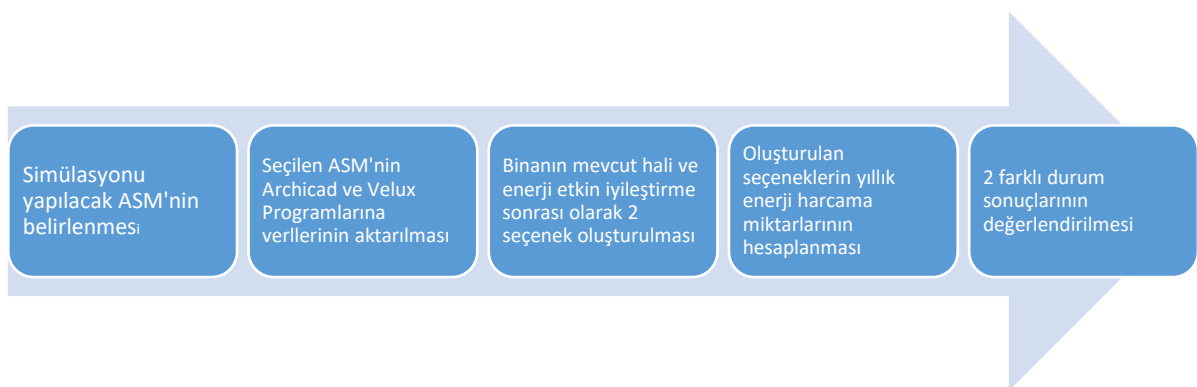
Tez çalışması enerji etkin bina tasarımı ve enerji etkin iyileştirme önerileri konularını kapsamaktadır. Bu doğrultuda öncelikle gerekli literatür taraması yapılarak; enerji etkin tasarım, enerji etkin bina tasarım parametreleri ve enerji etkin yapı analizi ile ilgili gerekli kavramlara yer verilmiştir. Çalışmanın devamında literatürden elde edilen veriler doğrultusunda tasarım ve uygulama sürecinde enerji kazancı ve etkinliği sağlayacak veriler elde edebilmek amacı ile bir yapı seçimi yapılmıştır. Yapının seçiminde toplumun enerji etkinlik konusunda bilinçlenmesi ve Türkiye genelinde çok sayıda olması sebebi ile aile sağlığı merkezi binası tercih edilmiştir. Enerji etkin bina tasarımında iklimsel verilerin büyük önem arz etmesi sebebi ile seçilen binanın tez çalışmasının yapıldığı ılımlı kuru iklim bölgesinde olması tercih edilmiştir. Güncel uygulanan ve uygulanmakta olan ihale projeleri incelenerek ASM ve 112 acil birimleri ile birlikte yapılan projeler kapsamında ılımlı kuru iklim bölgesinde bulunan Konya ili özelinde uygulanan İsmil aile sağlığı merkezi projesi ilgili idari birimlerden elde edilmiştir (URL-2). Elde edilen projenin mevcut durumu ve iyileştirme önerileri hazırlanan modeller üzerinden ArchiCAD programı ve EcoDesigner STAR eklentisi ve VELUX Daylight Visualiser birlikte kullanılarak analizler yapılmıştır. İncelenen yapı özelinde elektrik enerjisi kullanımı, fosil yakıt tüketimi, ısıtma-soğutma yükleri ve aydınlatma analizleri yapılmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda mevcut değerler ve enerji etkin iyileştirme önerileri sunulmuştur. Elde edilen sonuçların yönetmelikler ve standartlara katkı sağlayacağı ve toplumun sıklıkla kullandığı bir kamu yapısı olan aile sağlığı merkezlerinde uygulanması ile birlikte toplumun bilinçleneceği düşünülmektedir.

## 1.3. Çalışmanın Yöntemi

Bu çalışmada öncelikli olarak enerji etkin bina tasarımı için gerekli olan değişkenlerin gruplandırılması ve ayrıştırılması için literatür taraması yapılmıştır. Çalışmanın devamında analizleri yapılacak olan Konya ili özelinde uygulanan İsmil aile sağlığı merkezi projesi ilgili idari birimlerden elde edilmiştir. Analizi yapılacak yapının seçiminde yayınlanan ihale projeleri arasında aile sağlığı merkezi projelerinin (ASM) ilçe sağlık müdürlüğü gibi farklı fonksiyonlar barındırmayan projeler olmasına dikkat edilmiştir. Aile sağlığı merkezleri (ASM) standartlara göre 1-6 hekim olmak üzere

değişkenlik göstermektedir. Bölgenin ihtiyacına göre hekim sayısı ve yapım kararı verilmektedir. Yayınlanan projeler bünyesinde sadece aile sağlığı merkezi ve 112 acil bulunan analiz yapılacak en uygun yapılar incelenerek 2012-2023 arasında farklı bölgelerde yapılan projeler arasından ASM fonksiyonunun tek katta çözümlendiği ve farklı fonksiyonlar bulundurmeyen projeler içinden seçim yapılmıştır. Belirlenen değerlendirme kriterlerine uygun ve son dönemlerde inşası tamamlanmış olan ve tek katlı olan yapı İsmil Aile Sağlığı Merkezi tez kapsamında değerlendirmek için seçilmiştir.

Çalışmada belirlenen yapının analizi için simülasyon bazlı bilgisayar yazılımı olan ArchiCAD programına ait EcoDesigner Star eklentisi ve Velux Daylight Visualiser kullanılmıştır. Bu programın tercih edilmesinin başlıca sebepleri, mimarlara özel olarak tasarlanmış Türkçe ara yüzü olması ve çizgisel tasarım mantığı yerine yapı elemanlarının birer-kompozit olarak bütün halinde çizilebilmesine imkan tanınması ve binanın aynı anda yapay inşaat sürecini 3 boyutlu olarak gerçek zamanlı durumunu incelenebilmesini sağlamasıdır. Archicad programı dâhilinde yapı malzemelerinde otomatik biçimde ülkemizde kullanılan TS 825 değerleri girdi olarak bulunmaktadır. Ayrıca yazılım dâhilinde yapı malzemelerine duruma göre istenilen değerler verilebilmektedir. Aynı zamanda kullanıcı ara yüzünün kolay olması, içerisinde birçok analiz seçeneği barındırması, analiz veri standartlarının LEED ve BREAAAM gibi sertifika sistemleri tarafından tanınıyor olması ile birlikte birçok avantajı olan bu program enerji etkin bina modeli ve analizi için tercih edilmiştir. Tez kapsamında Konya ili İsmil Aile Sağlığı Merkezi projesi ilk olarak mevcut durumu üzerinden sonrasında ise iyileştirme önerileri üzerinden enerji etkinlik analizleri yapılarak karşılaştırmalı değerlendirilmiş ve projenin tasarım ve uygulama aşamalarına yönelik enerji etkin iyileştirme önerileri sunulmuştur (Şekil 1.1.).



Şekil 1.1. Aile sağlığı merkezi simülasyon süreci aşamaları

## 2. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI

Sürdürülebilirlik kapsamına dâhil olan enerji etkin bina tasarımı, sürdürülebilirliğin yapı bazında uygulamalarını içeren bir tasarım biçimi sayılabilmektedir. Bu tasarım biçimi günümüzde gereksiz enerji harcamaları ve çevre kirliliği oluşturan yapı sektörünün geliştirilerek enerjinin korunumunu sağlaması, doğal enerji kaynaklarının kullanımı ve kullanıcı konfor düzeyini artırması gibi özellikleri ile sürdürülebilirliğin devamı için oldukça önemlidir (Karimi vd., 2023).

1973'te yaşanan enerji krizi ile özellikle dışa bağımlı bir sisteme sahip olan Avrupa ülkelerinde enerjinin korunumu ve enerji etkinliği konuları dikkate alınmaya başlanmıştır. Oluşan bu durumlar sonucunda mevcut enerjinin harcanmasını azaltan ve kendini yenileyebilen sistemlerle birlikte, çevresel kirliliği azaltan, doğal enerji kaynaklarından maksimum faydayı sağlayan ve bu sistemlerin yaygınlaştırılmasını hedefleyen araştırmalar artmıştır. Yaşanan bu gelişmeler sonucunda “Enerji Etkin Tasarım Yaklaşımları” ortaya çıkartılmış ve desteklenen bir tasarım anlayışı olmuştur (Utkutuğ, 1999).

Enerji krizinden sonra dünyada bu soruna karşı birçok farklı kuruluşlar ve standartlar ile önlemler alınmaktadır. Her analizin değerlendirmesinde çoğunlukla ASHRAE (Amerikan Isıma Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği) standartları kullanılmaktadır. ASHRAE standartları enerji verimliliği, iç mekan hava kalitesi ve enerji tasarruflu sistemler gibi yapıyı çevre unsurlarını kapsamaktadır. Binaların yapım, yönetim ve yıkım süreçlerini içeren inşaat sektöründe gereksiz enerji harcanması, çevre kirliliğinin önlenmesi ve bina kullanım sürecinde kullanıcı konforunun artırılması amacı ile belirli yerel ve uluslararası standartların kontrol mekanizmasına dâhil edilmesi gerekmektedir. Günümüzde Avrupa ve Amerika’da uygulanmakta olan LEED, BREEAM; ülkemizde de yeni bir sertifika sistemi olan YES-TR gibi uluslararası ve yerelleştirilmiş standartları dikkate alan birçok sertifika sistemi bulunmaktadır. Bu sertifika sistemleri ve standartlar, enerji etkin bina tasarımı anlayışının gelişmesi ve yaygınlaşmasına fayda sağlamaktadır. Bu noktada tasarım sürecinde enerji etkin bina tasarımı öne çıkmakta, kullanıcı konforu ve yapı standartlarını yükselterek sürdürülebilir tasarım kriterlerine uyum sağlanmaktadır (Gelişen ve Güzelkocar, 2019).

LEED sertifika sistemlerinin uygulanmasını sağlayan ve bina yapım standartlarını kontrol eden Amerika Yeşil Binalar Konseyi (USGBC) binaların LEED sistemi kapsamında gümüş, altın ve platin gibi derecelere göre değerlendirerek sertifikasyon işlemlerini tamamlamaktadır. Bu konseye göre yapıların çevresel ve bina üzerindeki

olumsuz etkilerini önemli ölçüde azaltan beş alan bulunmaktadır. Yapının tasarım ve uygulama aşamalarında bulunan bu alanlar; Sürdürülebilir bölge planlaması, su ve su verimliliğinin korunması, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji, malzeme ve kaynakların korunumu, iç mekân ve çevre kalitesinden oluşmaktadır (Yudelson, 2007).

Enerji etkin bina tasarımında öncelik enerji tasarrufu sağlanırken bina kullanıcılarının konfor koşullarını sağlayarak verimliliğini artırmaktır. Türkiye’de enerji etkin bina tasarımı kapsamında mimarların alabileceği önlemlerin başında binaların ısı kaybının önlenmesi gelmektedir. Gerekli önlemler alınmadığında bina dış kabuğundan %50’ye varan enerji kayıpları gerçekleşmektedir. Buradaki asıl amaç enerji kaynaklarının tüketim sürecinde verimsizliğini azaltmak ve çevre korunumu ile birlikte kullanıcı konforunu da artırmaktır (Ceyrancı, 2020). Enerji etkin bina tasarımı, kullanılan bütün yapı malzemelerinin üretimi, bina tasarımı ve kullanımı, bakım ve işletimi, iklimlendirme ve aydınlatma sistemlerinin seçim ve yönetimi gibi geniş bir çerçevede değerlendirilerek oluşturulmaktadır. Bu tasarım bilincinde bina kullanıcı konfor koşullarını düşürmeden gerekli standartları karşılaması, harcanan enerji giderlerinin miktar ve maliyet olarak minimize edilmesi hedeflenmektedir. Güneş ışınımı gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılan termal kütleli yapıyı korumayı hedefleyen tasarım amacı bulunmaktadır. Geleneksel tasarım yöntemleri ile enerji etkin bina tasarımı bu kriterler sayesinde ayrılmaktadır. Kısaca “Enerji Etkin Bina Tasarımı”, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanan ve çevre uyumunu oluşturan aynı zamanda enerji tutumluluğunu sağlayarak ve israfına engel olacak önlemleri alan; tasarım, üretim ve işletim yaklaşımlarıdır (Michailidis vd., 2015).

Binalar kullanım döngüsü boyunca doğal enerji kaynaklarını kullanarak bulunduğu bölgedeki doğal çevreye geri dönüşü olmayacak şekilde zarar vermektedir. Mimaride tasarım sürecinin adımlarını enerji ve doğal çevre etkileri ile yeniden değerlendirilerek enerji etkin bina tasarımı kavramı ortaya çıkmaktadır. Enerji etkin bina tasarımı; hava şartları, yönelim ve hakim rüzgar gibi değişken fiziksel çevre verilerinin mimari tasarım sürecinde girdi olarak kullanılması ile birlikte enerjinin tasarrufu ve verimli kullanılması amacına yönelik tasarım yapılması olarak tanımlanabilir (Dikmen, 2011).

Enerji etkin bina tasarımı sürecinde bütün yapı türleri için ortak bir çözüm önerisi sunmak mümkün olmamaktadır. Her yapının tasarlandığı fonksiyon, bulunduğu çevre ve fiziksel koşulları, ekonomik ve kültürel etkenleri, kullanıcı profili ve teknik faktörlerin, mimari, mekanik ve elektrik sistemlerinin projelendirilmesi gibi süreçleri etkilediği

düşünülmelidir. Enerji etkin bina tasarımında yapıların bulunduğu bölgeye göre pasif-aktif sistemlerin tasarıma dâhil edilerek, doğal aydınlatma, ısıtma-soğutma, havalandırma konularında yapı performansının yükseltilmesi ve sürdürülebilir enerjinin sağlanması amaçlanarak mimari tasarımlar gerçekleştirilmektedir (Ko ve Radke, 2014).

Enerji etkin bina tasarımı geleneksel tasarım sürecini de kapsayan ancak bu süreçten birçok özelliği ile ayrılan tasarım biçimidir. Ayrışım oluşturan bu özellikler, farklılaşma amaçlı ortaya çıkan bir tasarım yöntemi değildir. Binaların çevreye verdiği kalıcı hasarı önleyerek daha iyi bir gelecek için geliştirme çabasından dolayı ortaya çıkmıştır. Farklılaşmayı sağlayan öne çıkan özellikler ise kısaca şunlardır:

- Yapı standartları asla düşürülmeden, binada her türlü enerji kullanımlarının ve etkenlerinin giderleri ve maliyetleri azaltılarak, kullanıcı ve topluma fayda sağlanması,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılarak daha sürdürülebilir bir yapı tasarımı oluşturulması, bu kaynakların korunmasının sağlanması ve çevreyle ilişki kurularak yapı çevre uyumunun sağlanması,
- Mimari tasarım sürecinin tüm evreleri, binanın inşaat, kullanım ve yıkım süreçleri dâhil olmak üzere geniş bir kapsamda, bina tasarımı, kullanılan malzemelerin üretimi, bina içinde kullanılan sistemler ve bu sistemlerin kullanıcı ile ilişkileri gibi bütün bileşenlerin ele alınarak tasarım yapılmasıdır (Dikmen, 2011).

Geleneksel tasarım yöntemlerinden farklılaşmayı sağlayan bu özellikler için dikkat edilmesi gereken değişkenler bulunmaktadır. Bu değişkenler enerjinin korunumu ve tasarrufu, bina ömrü boyunca çevreye olan etkisinin azaltılması gibi birçok ortak amacı hedeflemektedir. Her yapı türünün kendine özel değişkenleri olduğundan yapıya özel analizler ve çıkarımlar yapılarak, o yapıya özel değerler belirlenmektedir.

## **2.1. Enerji Etkin Bina Tasarımı Değişkenleri**

Mimari tasarım sürecine başlanıldığında istekler ve ihtiyaçlar doğrultusunda birçok hedef ve değişkeni bir arada tutarak ilerlemek gerekmektedir. Bu yolda tasarım sürecimizi etkileyen farklı etkilere sahip değişkenler ortaya çıkmaktadır. Birbirleri ile bağlantılı olan bu değişkenler en uygun biçimde kullanılarak yapay çevre olan binaların, kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılaması sağlanmaktadır. Bu değişkenler ile enerji etkinliği sağlanırken konfor koşullarından taviz vermemek gerekmektedir. Birçok farklı değişkeni bir arada düşünülerek ortaya çıkabilecek en uygun sonuca göre planlar yapılmaktadır. Bina kabuğunda malzeme seçimi, yapısal formlar ve ısı yalıtım

özelliklerinin iyileştirilmesi gibi bina cephelerinin tasarımının optimize edilmesi bu planlamalara örnek olarak verilebilmektedir (Guo ve Liu, 2020). Bu gibi değişkenler bir tasarım sürecinde uyumlu bir şekilde bir araya getirildiğinde yapının enerji etkinliğini sağlamak mümkün olmaktadır. Tasarım sürecini etkileyen ve kullanıcı konfor koşullarını sağlayan bu değişkenler kullanıcıya, iklime ve binaya ilişkin değişkenler olmak üzere 3 ana grupta incelenebilmektedir. (Özdemir, 2005) (Tablo 2.1).

**Tablo 2.1.** Enerji Etkin Bina Tasarımı Değişkenleri (Gazioğlu, 2012)

ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI DEĞİŞKENLERİ		
KULLANICIYA İLİŞKİN DEĞİŞKENLER	İKLİME İLİŞKİN DEĞİŞKENLER	BİNAYA İLİŞKİN DEĞİŞKENLER
<p>Bina Kullanıcısının Niteliği ve Bulunulan Durum</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sürekli Fiziksel Hareketlerin Olduğu Mekanlar</li> <li>- Yaş, cinsiyet gibi farklı kullanıcı gruplarının bir arada bulunduğu mekanlar</li> <li>- İş kıyafeti ile bulunulan mekanlar</li> <li>- Bina işlevine göre özelleştirilmiş mekanlar</li> </ul> <p>Kullanıcıların gün içindeki fizyolojik değişkenlikleri</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kişinin gün içerisinde kalp atışı, terleme, vücut sıcaklığı, deri sıcaklığı, kalp atışı gibi durumlar</li> </ul>	<p>Dış İklimsel Değişkenler (Doğal Çevre)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Güneş Işınımı</li> <li>- Dış Ortam Nemliliği</li> <li>- Dış Ortam Sıcaklığı</li> <li>- Hakim Rüzgar</li> </ul> <p>İç İklimsel Değişkenler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- İç ortam hava sıcaklığı</li> <li>- İç ortam yüzey sıcaklığı</li> <li>- İç ortam hava nem oranı</li> <li>- İç ortam hava hareketi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Binanın bulunduğu yer</li> <li>- Bina Formu</li> <li>- Binanın Yönlendiriliş Durumu</li> <li>- Binanın çevre içerisinde Konumu</li> <li>- Bina Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özellikleri</li> <li>- Mekan Organizasyonu</li> </ul>

### 2.1.1. Kullanıcıya İlişkin Değişkenler

Enerji etkin bina tasarımında çevre ve enerji korunumu kadar bina kullanıcılarının konforuna da dikkat edilmesi gerekmektedir. İnsanın sağlıklı çalışma şartlarını oluşturmak ve bulunduğu ortamdaki memnuniyetini artırmak için bina özelinde kullanıcı profilinin incelenmesi önemlidir. Bu kapsamda kullanıcıya ilişkin değişkenler iki ana grupta incelenebilmektedir.

**Bina kullanıcısının niteliği ve bulunulan durum:** Bu değişkenler bina kullanıcısının yaşı, cinsiyeti, yapı içerisinde bulunduğu eylemler ve giydiği kıyafetler

olarak gruplandırılabilir. Bu çerçevede kişilerin iklimsel konforunun sağlanması için dikkat edilmesi gereken bazı durumlar vardır. Sürekli fiziksel hareketlerin olduğu mekânlar, yaş, cinsiyet gibi farklı kullanıcı gruplarının bir arada bulunduğu mekânlar, iş kıyafeti ile bulunulan mekânlar, yapı fonksiyonuna göre özelleştirilmiş mekânlarda bulunulan durumlara göre kişinin konfor koşullarını sağlamak üzere farklı çözüm yöntemleri kullanılması gerekmektedir. Kullanıcı konforu sağlanmadığında ısıtma ve soğutma için yoğun enerji harcamaları yapılabilmektedir (Sholanke vd., 2022). Bina özelinde standartlara göre konfor koşulları hesaplanırken bu kriterler göz önünde bulundurulmalıdır.

**Kullanıcıların gün içindeki fizyolojik değişkenlikleri:** Bu değişkenler kişinin gün içerisinde kalp atışı, terleme, vücut sıcaklığı, deri sıcaklığı, kalp atışı gibi durumlar olarak açıklanabilmektedir.

### 2.1.2. İklimle İlişkin Değişkenler

Enerji etkin bina tasarımında öncelik yapının çevre ile uyumunun oluşturularak pasif sistemlerin rahatlıkla uygulanabilir olmasını sağlamaktır. Geleneksel tasarım sürecinde de olduğu gibi çevresel değişkenler dikkate alınarak analizler altında istenen sonuca göre hareket edilmektedir. Mevcut olan dış iklimsel değişiklikler (Hâkim rüzgâr yönü, Güneş ışınımı, Nem ve Sıcaklık) gibi değişkenlerin etkin bir biçimde kullanılarak iç iklimsel konfor koşullarının sağlanması gerekmektedir (Şekil 2.1). Bina ve yerleşim gibi tasarım değişkenlerinde bu konulara ilişkin önlem alınarak hareket edilmektedir. Bu önlemlerin doğru bir çerçevede ilerleyebilmesi için tasarım bölgesi hakkında doğru verilere ulaşıp derlenmesi ve gerçek koşullara göre karar verilip duruma göre hareket edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda çalışmada iklimle ilişkin değişkenler dış ve iç iklimsel değişkenler olmak üzere 2 grupta incelenmektedir.



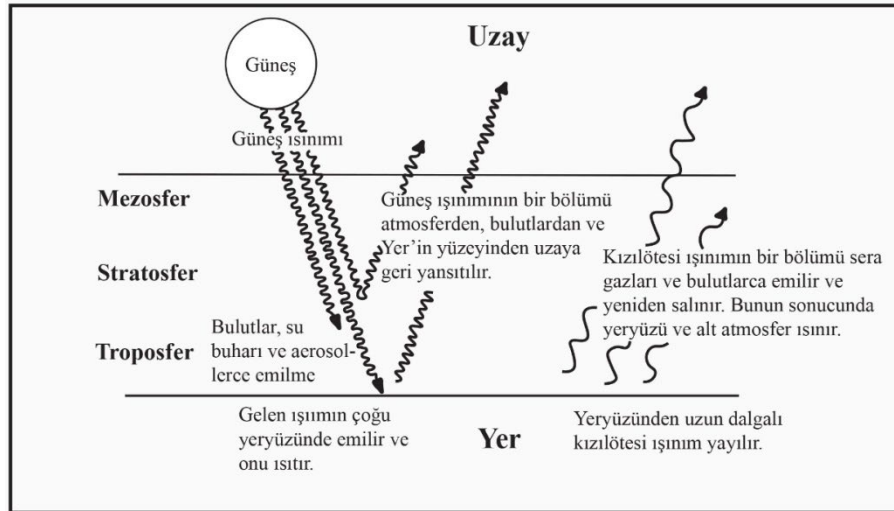
Şekil 2.1. İç iklimsel konforu etkileyen güneş, rüzgar ve nem unsurları (URL-3)

#### 2.1.2.1. Dış İklimsel Değişkenler (Doğal Çevre)

Bu grupta incelenecek olan değişkenler güneş ışınımı, dış ortam nemliliği, dış ortam sıcaklığı, hâkim rüzgâr olarak iklime bağlı dış değişkenlerdir.

**Güneş Işınımı:** Yapının tasarım sürecinde en etkili olan değişkenlerden birisidir. Güneş ışınımının ısıtıcı etkisi ve pasif sistemler üzerinde oluşturduğu etkilerle birlikte enerji etkin bina tasarımında sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Yıl boyu ısıtma enerjisini güneşten sağlayan pasif güneş evi tasarımları dünyada mevcuttur. Ancak diğer değişkenler gibi güneş ışınımının da istenmediği durumlar bulunmaktadır. Bu yönde birçok yapı tasarımında güneş kontrol elemanı görülmektedir (Işın, 2016).

Yapı yüzeyini etkileyen güneş ışınımı 2 tür olarak gruplandırılabilir. Bunlar doğrudan güneş ışınımı ile yaygın güneş ışınımıdır. Doğrudan güneş ışınımı yüzeye ulaşırken doğrultusu ve dalga boyunda değişim olmadan ulaşmaktadır. Yaygın güneş ışınımı ise atmosferdeki gazlar ve çevre elemanları tarafından yansıma ile yayılan, ortam aydınlığını sağlayan ışınımıdır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Güneş Işınımı Şeması (Çakmak, Gökalp, 2011)

Ülkemiz güneş ışınımı konusunda birçok bölgeye göre şanslı konumdadır. Avrupa ile kıyaslanacak olursa yıllık toplam 2741 saat ile Türkiye, Avrupa ülkelerinden daha fazla güneşlenme süresine sahiptir (İnce, 2013). Çalışma alanının bulunduğu Konya ilinde ise yıllık toplam 2902.5 güneşlenme süresi ile Türkiye ortalamasından da fazladır.

Güneş ışınımının enerji etkin tasarımlarda etkisi üzerine yapılan çalışmalarda doğru sonuçlara ulaşılabilmesi için gerçek atmosfer koşulları değişken olarak analiz yapılacak yazılımlara eklenmektedir. Güneş ışınımı verilerine ise Meteoroloji Genel Müdürlüğünden çalışma yapılacak konuma göre ulaşıp verilerin derlenmesi

gerekmektedir. Bu veriler son 10 yılın ortalaması alınarak hesaplanmaktadır (Özdemir, 2005).

Çalışma kapsamında ele alınan aile sağlığı merkezlerinde de güneş ışınımının kullanımı önemlidir. Sağlık Yapıları Standartlarına göre sağlık yapılarında bulunan her mekânın aydınlanma, sıcaklık ve nem değerleri bulunmaktadır. Güneş ışınımının da büyük etkisi olan bu değerler içinde genel çalışma alanları için verilen değer 50 mumluk (1 mumluk=10.76 lux) aydınlatmadır (Şekil 2.3) (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2010).



Şekil 2.3. Örnek bir çalışma alanının aydınlatma örneği (Saka, 2019)

**Dış Ortam Nemliliği:** Havanın nemi bölgenin yağış miktarı ve su kaybı (buharlaşması) üzerinde etkilidir. Tüm canlıların yaşamı için gereken suyun kaynağı olan yağışların mevsimlere göre dağılımı, kar veya yağış olarak görülmesi iklim bölgelerine göre değişiklik göstermektedir.

Nem kontrolünün sağlanması iç iklimsel koşulların sağlanması için de önemlidir. Nemin fazla olması sıcaklığın olumsuz etkilerinin artmasına az olması ise kuruluk etkisinden kaynaklı olarak kullanıcının kötü yönde etkilenmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle nem oranı kullanıcıların uygun konfor koşulları altında bulunması için önemli bir değişkendir (Gazioğlu, 2012).

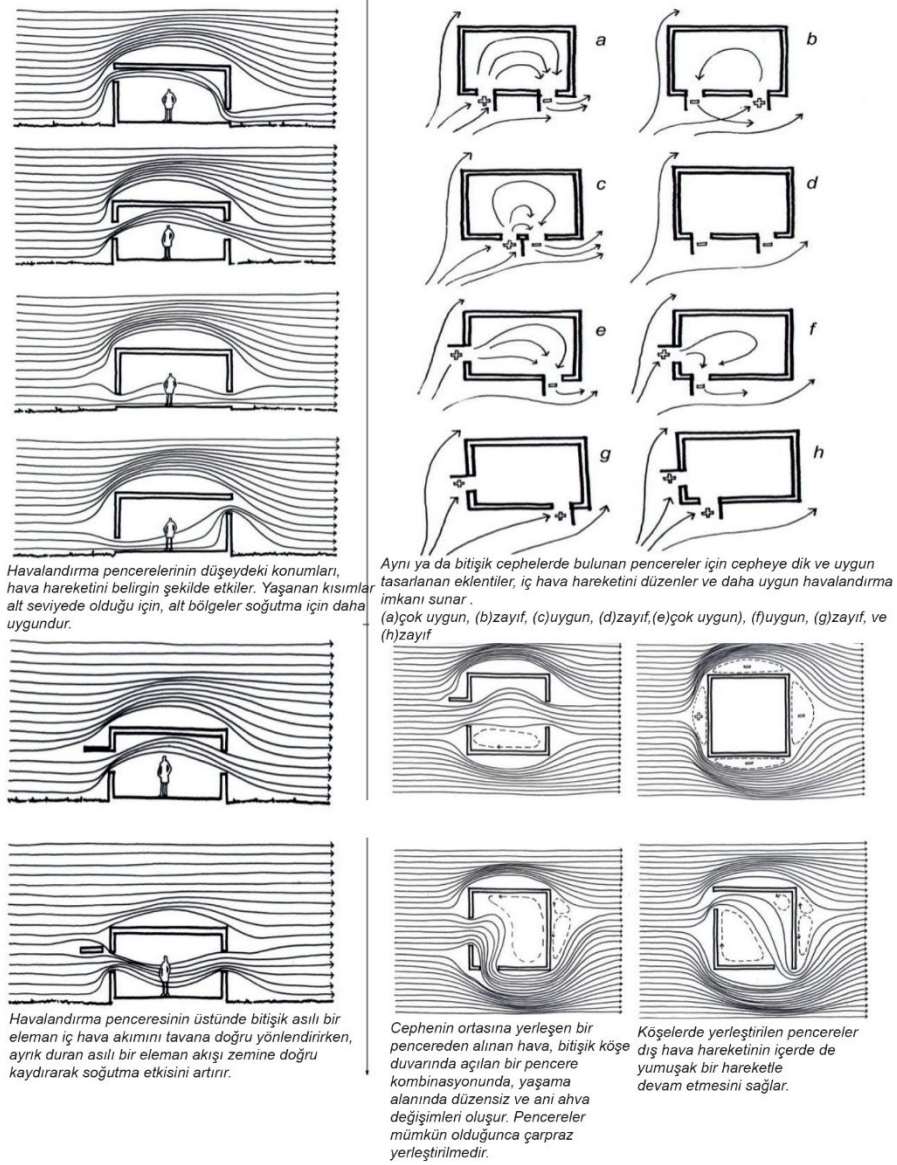
Önlem alınmadığında kullanıcılara olumsuz etkileri olan nem faktörü aynı zamanda binalar için de olumsuz sonuçlara sebep olabilen bir değişkendir. Bina kabuğuna etki eden kontrolsüz nem artışı eğer gerekli önlemler alınmaz ise zamanla yapının iç mekânlarına kadar ulaşabilmektedir (Işın, 2016). Genellikle güneş ışınımının olmadığı mekânlarda olan nem ve yoğuşma olayları zararlı mikroorganizmaların oluşumuna, yapı malzemelerinin zarar görmesine sebep olmaktadır. Bu anlamda sağlık yapısı olan aile sağlığı merkezi tasarımında özellikle dikkat edilmesi gereken değişkenlerden birisi olmaktadır.

Nem, hâkim rüzgâr ve güneş ışınımı birlikte düşünülerek tasarıma yansıtılması gerekmektedir. Doğal havalandırma yöntemleri bu konuda geliştirilerek nemlilik oranı

dengede tutulmaktadır. Aynı zamanda yapı kabuğunda nem tutucu tabaklar ve drenaj levhaları ile birlikte nemin yapıya olan olumsuz etkilerinden de korunmak gerekmektedir. Sağlık yapıları standartlarına göre sağlık yapılarında genel çalışma alanlarına özel belirli bir nem oranı belirtilmemiştir, ancak laboratuvar gibi özel mekânlar için nem oranı mekanik sistemler yoluyla belirli seviyelerde tutulmaktadır (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2010). Bu kapsamda mekanik sistemlerin gereksiz enerji tüketimine dikkat edilmesi gerekmektedir. Kullanıcı konfor düzeyi standartlarına ayarlanmış ve pasif sistemlerin verimli bir şekilde kullanılabilirdiği tasarımlarda aktif sistemler için harcanan enerji miktarı azalmaktadır.

**Dış Ortam Sıcaklığı:** Binaların bulunduğu konumlara ve iklim bölgelerine göre ısıtma-soğutma dönemleri değişiklik göstermektedir. Yapının bulunduğu yükseklik, tasarım alanı topoğrafik özellikleri, yapı kullanım saatleri gibi birçok değişken dış ortam sıcaklığı ile ilişkilidir. İç ortam konfor koşullarını sağlamak için kullanılan pasif yöntemlerden birisi doğal havalandırma sistemleridir. Bu tarz uygulamaların kaynağı dış ortama bağlı olduğundan sıcaklık için kontrol mekanizması önem göstermektedir. Kış aylarında iç mekân ile dış mekân arasındaki sıcaklık farkı nedeni ile sadece havalandırma değil, yapı kabuğu yoluyla da ısı alışverişi gerçekleşmektedir. Isı köprüleri ve gereksiz enerji kayıpları için bina kabuğu ve sistem detaylarındaki birleşimler önem göstermektedir. Diğer iklimsel verilerde olduğu gibi sıcaklık için de bölgenin 10 yıllık verilerinin derlenip analizlerde girdi olarak kullanılması gerekmektedir (Ünsal, 2012).

**Hâkim Rüzgâr:** Rüzgâr değişkeni hem vaziyet yerleşimi ölçeğinde hem de bina ölçeğinde duruma göre iyi veya kötü etkiler ortaya çıkartabilmektedir. Hatalı yerleşim sebebi ile oluşan ısı kayıplarının %30'u rüzgârın etkisinden kaynaklanmaktadır (Ceyrancı, 2020). Rüzgâr bina ile karşılaştığında hava akım biçimi değişmektedir. Basınca etki eden bu olay bina kabuğu yüzeyinde itme ve çekme kuvvetleri oluşturarak hava akımı oluşmasını sağlamaktadır (Şekil 2.4). Doğal havalandırmada etkili olan hâkim rüzgârlar yanlış bina formundan kaynaklı binada bulunan boşluklardan ek hız kazanarak istenmeyen soğutma etkisine sebep olabilmektedir. Ancak aynı hızlanma iklimsel bölgeye göre değişiklik göstererek istenen bir özellikte olabilmektedir. Çevre yapılaşması, peyzajda bulunan ağaçların durumu gibi etkilerinde önemli olduğu rüzgâr için son 20 yıllık verilerin derlenerek girdi olarak kullanılması gerekmektedir. Doğal havalandırma için büyük bir değişken ve iç mekân konforunu sağlayan önemli bir faktör olan rüzgârın mekâna alınış düzenlemesine dikkat edilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.4. Doğal Havalandırmanın Cephe elemanlarına Göre Durumu (Moore, 1993)

### 2.1.2.2. İç İklimsel Değişkenler

İç iklimsel değişkenler kullanıcının konfor koşullarına doğrudan etki etmektedir. Kullanıcının iç mekân memnuniyeti termal konfordan oluşmaktadır. Bu kapsamda iç ortam hava sıcaklığı, iç ortam yüzey sıcaklığı iç ortam hava nem oranı, iç ortam hava hareketi olmak üzere 4 başlıkta incelenmektedir.

**İç Ortam Hava Sıcaklığı:** İnsanın bulunduğu ortam ile arasında olan ısı alışverişini optimum seviyede tutulmasını sağlayan en önemli değişken mekanın içerisinde bulunan kuru termometre ölçülerek belirlenmektedir. Ortam sıcaklığı ile insan vücut sıcaklığı dengelenene kadar çevre ile sürekli ısı alışverişi oluşmaktadır. Enerji etkin

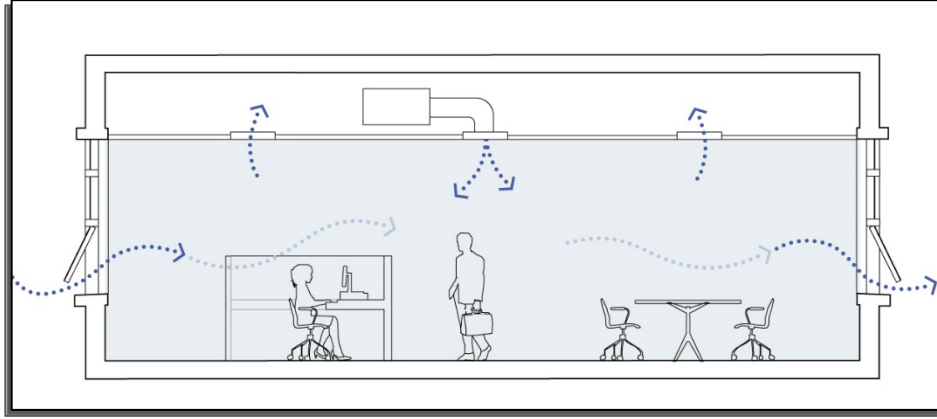
bina tasarımında iklimsel konforun sağlanması hususunda en çok dikkat edilmesi gereken kriter olarak başta gelmektedir.

**İç Ortam Yüzey Sıcaklıkları:** Dış mekânda önemli olan güneş ışıını iç mekânda ise yüzey sıcaklıklarına bağlı ısı ışıını etkisi olarak dikkate alınmaktadır. Özellikle sağlık yapılarında bekleme alanları, poliklinikler gibi kullanıcının çevresi ile çok fazla etkileşime geçtiği ortamlarda iklimsel konforu sağlamak için gereksiz ısı alışverişi oluşturulmaması gerekmektedir. Bina kabuğunun veya doğal havalandırmanın yetersiz kaldığı durumlarda olumsuz etkiler oluşturabilmektedir (Özdemir, 2005).

**İç Ortam Hava Nemliliği:** İç ortam nemliliği kullanıcının iklimsel konforunu etkileyen bir diğer unsurdur. Yeterli havalandırma ve sıcaklık kontrolü sağlandığında genellikle konfor düzeyi için rahatsız edici olmamaktadır (Özdemir, 2005). Ancak çalışmada analiz için ele alınan aile sağlığı merkezi gibi kamusal yapılarda hem çalışma ortamı olarak hem de yapı bazında özelleşmiş mekânlar için belirli sabit nem oranları bulunmaktadır. Çalışma mekânları için bu imkânlar genellikle pasif sistemler ile rahatlıkla çözülebilmektedir, ancak özelleşmiş mekânlarda mekanik havalandırma sistemlerine ihtiyaç olmaktadır. Enerji etkin bina tasarımı bütün girdileri ile düşünülerek mekanik sistemlerin en az enerji harcayarak en verimli halde çalışmasını sağlamak gerekmektedir.

**İç Ortam Hava Hareketi:** İç ortam hava kalitesinin artması ve kullanıcı konforunun optimum seviyede kalması için gerekli olan bir kriterdir. Mekânın doğal havalandırma yöntemleri ile havalandırılması, ortamda bulunan karbondioksit oranının doğal yollarla düşürülmesi enerji etkin bina tasarımı için önemli gerekliliklerdendir (Şahin ve Dostoğlu, 2015). Aile sağlığı merkezi gibi hem çalışma ortamı bulunan hem de birçok kullanıcının bulunduğu bekleme alanlarının yer aldığı binalarda bu unsura dikkat edilmeli yapı içerisinde hava hareketi düşünülerek tasarımlar yapılmalıdır.

ASHRAE standartlarına göre yapı türlerinin fonksiyonlarına göre hava değişim miktarları verilmiştir. İnsan sayısı, yapılan iş ve mahal içerisinde bulunan aletlere göre değişen bu değerler; 1 saat içerisinde mekânda bulunan havanın ne miktarda değişmesi gerektiğini belirtmektedir. Konut veya alanı küçük olan farklı mekânlarda pencere gibi doğal havalandırma sistemleri yeterli gelmektedir, ancak yetersiz geldiği alanlarda mekanik havalandırma sistemleri kullanılması gerekmektedir (Tsalikis ve Martinopoulos, 2018) (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Mekanik ve Doğal Havalandırma Sistemi (URL-4)

### 2.1.3. Binaya İlişkin Değişkenler

Enerji etkin bina tasarımı ve iklimsel konfor koşulları için en uygun bina, çevre verilerini doğru bir şekilde değerlendirerek kullanıcıya uygun iklimsel konfor koşullarını en az enerji ile sağlayan verimli binalardır. Yapay çevrenin bu koşulları sağlayabilmesinin yolu kendisinin de bir pasif iklimlendirme sistemi olarak tasarlanması ile gerçekleşebilir. Binanın görevi dış iklim koşullarını yerine göre hafifleterek en uygun biçimde iç mekâna aktarması ve çevre ile kullanıcı arasında uyumu yakalamasıdır (Dikmen, 2011).

Enerji etkinliği ve iklimsel konfor koşulları dikkate alınarak tasarım sürecini etkileyen değişkenler; Binanın bulunduğu yer, Bina Formu, Binanın Yönlendiriliş Durumu, Binanın Çevre İçerisinde Konumu, Bina Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özellikleri, Mekân Organizasyonudur.

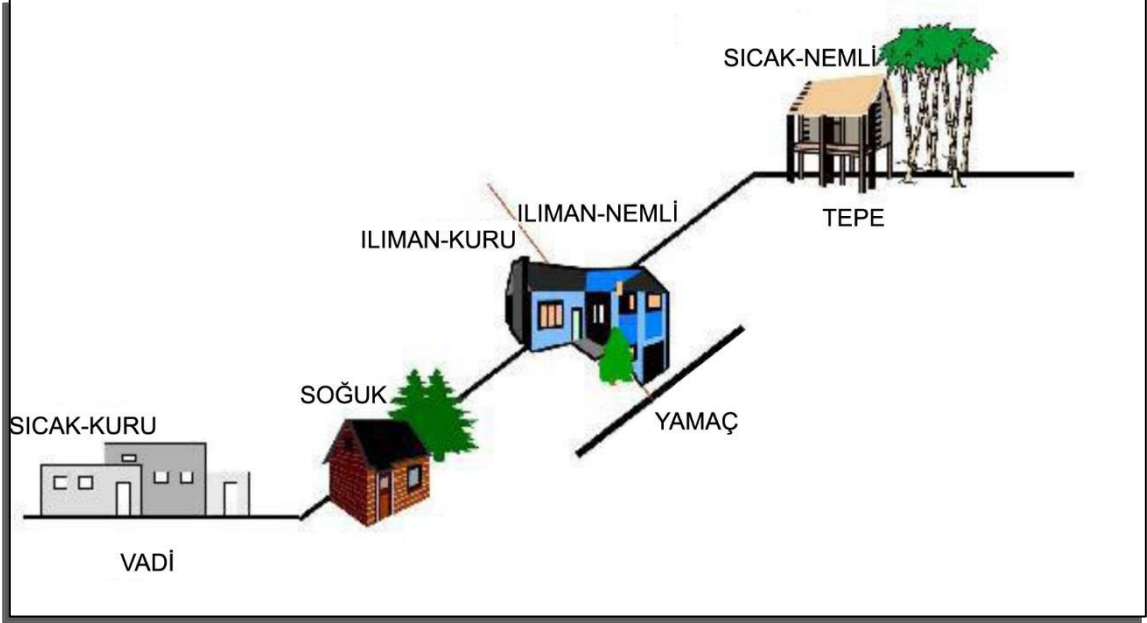
Tasarım sürecinde gerekli analizler ve derleme süreçlerinden geçerek en uygun değerlerin belirlenmesi ve öncelik olarak pasif sistemlere göre tasarım yapılması gerekmektedir.

#### 2.1.3.1. Binanın Bulunduğu Yer

Yer seçimi; nem, rüzgâr ve sıcaklık gibi iklimsel değişkenlerin kontrolünü sağlamada önemli bir değişkendir. Yapının bulunduğu termal kuşağa göre hedefler değişebilmekte ve duruma göre farklı yer seçimleri ortaya çıkabilmektedir. Aynı zamanda yine kullanıcı konforunu etkileyen çevredeki hava ve ses kirliliğine göre de hareket edilmesi gerekmektedir. Örnek olarak bina nemli ve eğimli bir bölgede bulunuluyor ise yapının rüzgâr alması sağlanarak ve yamaçların üst noktalarına yerleştirilmesi tercih

edilmektedir. Nem oranının düşük olduğu bölgelerde ise istenmeyen rüzgârdan kaçınmak için eğimin alt noktalarına yakın yerleşim tercih edilebilmektedir (Işın, 2016).

Yerleşim için topoğrafik özelliklerin de dikkate alınması gerekmektedir. Eğimli veya engebeli arazilere yerleşimde güneş ışınımının istenilen biçimde binaya ulaşmasını sağlamak için yerleşim tercihi dikkat edilmesi gerekmektedir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. İklim'e göre bina yerleşimi (Oral, 2010)

### 2.1.3.2. Bina Formu

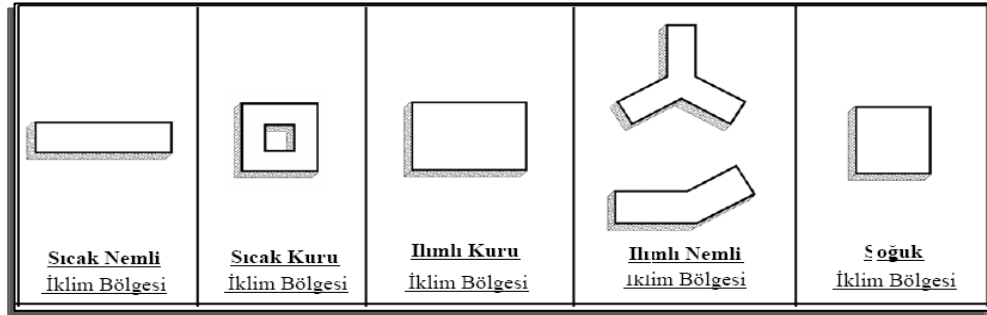
Önceliğin pasif sistemler üzerine olduğu enerji etkin bina tasarımı sürecinde binanın cephe yüzey alanı, çatı yüzey alanı ve eğimi, kütle oranları gibi değerlerin bilinmesi gerekmektedir. Bu değerlerin iklimsel bölgeye göre ayarlanması konfor koşullarını karşılamak için önemli bir faktördür. Bina formu için; Bina Yüksekliği, Form Faktörü (Bina uzunluğunun bina derinliğine oranı), Çatı Türü, Çatı Eğimi, Cephe Eğimi gibi değişkenlerin bir arada dikkate alındığı geometrik değişkenler tanımlanmaktadır (Efe, 2009).

Bu değişkenlerle birlikte aynı taban alanına sahip pasif sistemlere uygun birçok alternatif bina tasarımı ortaya çıkabilmektedir. Durumlara göre binanın ısı kaybı ve kazançlarının farklı seviyelerde olması istenmektedir. Yapılarda dikkat edilen dönemler olan ısıtma ve soğutma dönemlerinin pasif sistemler ile rahatlıkla atlatılabilmesi için, ısıtma döneminde en fazla ısı kazanan, soğutma döneminde ise en az ısı kazanan biçime yönelmek en iyi sonuçları ortaya çıkartmaktadır.

Basit geometrik şekillerle oluşturulan bina formunda kabuk yüzey alanı düşürülerek binanın ısı kaybına karşı direnci artırılabilir. Farklı biçim olarak avlulu, parçalı kütleli bir karmaşık tasarım yapılarak yapıya hâkim rüzgârın alınması sağlanmakla birlikte istenilen konfor koşulları oluşturulmaktadır.

Farklı iklim bölgelerine göre tercih edilen formları incelediğimizde;

- Soğuk iklim bölgelerinde kareye yakın kompakt kütle tercihleri,
- Ilımlı nemli bölgelerde ısıtma ihtiyacı hissedilmediği için serbest planlı, açık avlulu çözümler,
- Ilımlı kuru iklimde özellikle kışın rüzgâr istenmediği için kompakt biçim ancak mekân organizasyonuna göre çıkmaları olabilen,
- Sıcak kuru iklim bölgelerinde rüzgârı içine alabilen gölgeli ve avlulu iç çözümler
- Sıcak nemli bölgeler için ise yine rüzgârı içine alabilen uzun dikdörtgene yakın biçimler tercih edilerek ilerlenmektedir (Ceyrancı, 2020) (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. İklim bölgelerine göre bina formu (Özdemir, 2005)

Binanın kabuk yüzey alanı güneş ışınımından kaynaklı olarak ısı alışverişine etki ettiğinden dolayı yukarıda aktarılan iklim bölgelerine göre bina formu tercihleri ile aynı biçimde tercihlerin yapılması gerekmektedir.

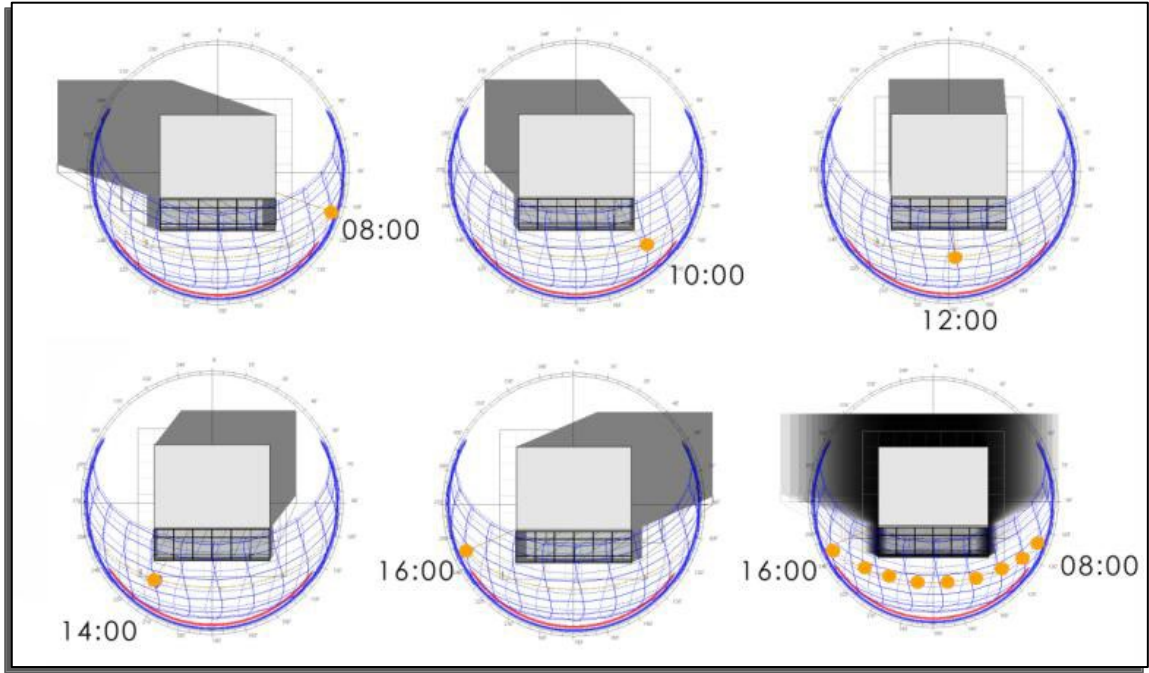
Binaların çatı formları için soğuk ve yağışlı bölgelerde kar yükünü azaltmak amacıyla ile dik çatı eğimleri tercih edilirken sıcak kuru iklim bölgelerinde teras çatı yöntemleri tercih edilmektedir.

### 2.1.3.3. Binanın Yönlendiriliş Durumu

Binanın hâkim rüzgârdan gelen soğutma etkisi, güneş ışınımı ile aydınlatma ve ısıtma etkisine göre uygun tercihlerin yapılarak binanın doğru yönelimi sağlanması

gerekmektedir. Aynı zamanda bu ana kriterlerin yanında kullanıcı konforunu etkileyen manzara yönü, ses ve hava kirliliği gibi faktörlerinde dikkate alınması gerekmektedir.

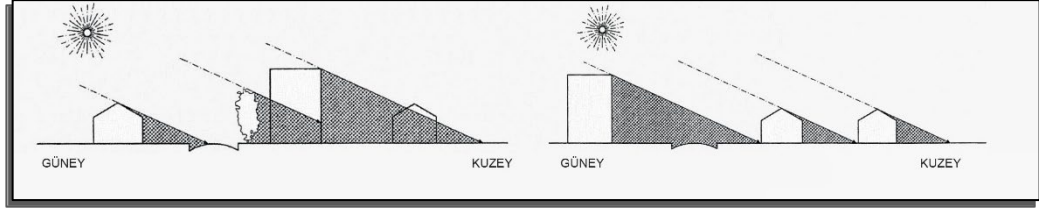
Bölgenin çevresel verilerinin elde edilerek havalandırma için hâkim rüzgâr, ısıtma ve soğutma sistemleri, güneş ışınımı seviyeleri ve aydınlatma için gün ışığı değerlerinin derlenmesi gerekmektedir (Şekil 2.8). Bu duruma göre önemli olan tercih kışın yüksek kazanım olurken yazın ise yüksek koruma sağlanarak maksimum havalandırma ve serinleme olmaktadır. Bu sayede yapıda doğru pasif sistemlerin verimli bir şekilde kullanılarak mekanik sistemler için olan ek enerji ihtiyacı azaltılmaktadır (Ünsal, 2012).



Şekil 2.8. Bir Model Üzerinde Güneşin Etkisi (Efe, 2009)

#### 2.1.3.4. Binanın Çevre İçerisinde Konumu

Binanın konumuna göre çevrede bulunan binalarında gölgeleme etkisi düşünülerek yerleşim yapılmaktadır (Şekil 2.9). Özellikle güneş ışınımı ve rüzgâr kontrolü için bina çevresine uyumlu hareket edilmektedir. Güneş ışınımında aylara göre güneş ışınlarının eğimi ve gün içerisinde güneş ışınlarının yeryüzüne açılarının belli edilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.9. Bina Aralıklarının Belirlenmesi (Ak, 1993)

Çevresel olan güneş ışınımı ve rüzgâr faktörlerinden ne kadar ve nasıl faydalanılacağına karar vermek gerekmektedir. Eğer ki güneş ışınımından korunmak isteniyor ve buna imkân verecek çevrede yüksek binalar bulunuyor ise gölgeleme dikkate alınarak yerleşim yapılması gerekmektedir. Eğer güneş ışınımından maksimum oranda yararlanılabilmek isteniyorsa çevre binaların en uzun gölge boyları hesaplanarak, gölgenin dışında bir alan tercih edilmesi gerekmektedir. Eğer bina yüzeyi gölgelenen bir alan üzerine gelirse güneş ışınımından direkt olarak faydalanamayacaktır. Sadece yaygın güneş ışınımı olan ışığın yayılımı etki edecektir ancak iç iklimsel konfor koşullarına duruma göre iyi veya kötü etkileri olabilmektedir (Gazioğlu, 2012).

Benzer bir şekilde rüzgâr faktörü de dikkat edilmesi gereken bir değişkendir. Çevredeki binalar dikkate alındığında rüzgâr koridoru oluşturan, rüzgârın hızını artıran ve soğutma etkisi fazla olan bölgeler ortaya çıkabilmektedir. Bu durumda tasarıma göre bu rüzgârlar kontrollü olarak yapı içerisine alınabilir veya istenmeyen durumlarda binalar engel olarak kullanılıp farklı pasif sistemlerle ilişkilendirilebilmektedir. Tasarlanan projenin değişkenlerine göre istenilen rüzgâr seviyesinin belirlenip tasarım ve yerleşim bu duruma göre planlanmalıdır (Rabeharivelo, 2021).

### 2.1.3.5. Bina Kabuğunun Optik Ve Termofiziksel Özellikleri

Enerji etkin bina tasarımı sürecinde mimarların dikkat etmesi gerektiği en büyük sorunlardan birisi de ısı kayıplarıdır. Doğru tasarım sürecinden geçmeyen ve yanlış malzeme kullanımı olan binalarda oluşan ısı kayıpları yıl boyu gereksiz enerji harcanmasına sebep olmaktadır. Binalarda oluşan ısı kayıplarının %40'ı duvarlardan, %7'si çatıdan ve %6'sı döşemelerden kaynaklıdır. Sadece verimli bir seçim ve doğru malzeme kullanımı ile bile %50'ye varan enerji korunumu sağlanabilmektedir (Ceyrancı, 2020).

Bina kabuğu tanımına girildiğinde yüzeyi oluşturan opak ve optik kısımların uygun birleşimi ve bazı özellikleri karşımıza çıkmaktadır. Optik yüzeyler için güneş ışınımına karşı yutuculuk, geçirgenlik ve yansıtıcılık özellikleri dikkate alınırken, opak

yüzeyle için toplam ısı geçirme katsayısı (U), zaman geciktirme ve genlik küçültme faktörü gibi termofiziksel özellikler dikkate alınmaktadır (Singhaputtangkul vd., 2014). Zaman geciktirmesi bina kabuğunun etkilendiği dış ortamda bulunan ısı dalgalarının iç ortam yüzey sıcaklığına etki etmesi ile ilgilidir. Yapı kabuğu ne kadar kalın ve dirençli olursa bu geçiş süresi de o kadar uzun olmaktadır. Genlik küçültme faktörü ise yapının iç yüzey sıcaklığının ne kadar etkilendiğini belirleyen faktördür. İç yüzey sıcaklığının maksimum ve ortalama değerlerinin farkı ile dış yüzeye etki eden ısı dalgalarının maksimum ve ortalama değerlerinin farkının birbirine oranı olarak tanımlanabilmektedir. Bu iki faktör bina kabuğunun opak bölümlerinin ısı depolama kapasiteleri ve yalıtım kapasitelerini belirleyen iki faktördür.

Opak ve saydam yüzeylerin birlikte oluşturduğu yapı kabuğunun toplam U değerinin düşük olması ve ısı direncinin yüksek olması gerekmektedir. Bu sayede ısı alışverişinin önüne geçilerek iç mekân iklimsel koşullarının sağlanması ve istendiği seviyede korunması daha kolay gerçekleşmektedir. Bununla birlikte bina ısıtma sistemlerinin gereksiz enerji harcaması ve yakıt tüketmesinin önüne geçilerek enerji korunumu sağlanmaktadır (Koç, 2021).

Farklı iklim bölgelerine göre yapı kabuğu bileşenlerinin istenen özellikleri değişkenlik göstermektedir. Bu termofiziksel özellikler incelenecek olursa (Ünsal, 2012)

- **Sıcak Nemli İklim Bölgesi:** Opak yüzeylerin açık renkle ve güneş ışınlarını yansıtıcı özellikte olması, ısı depolama özelliklerinin düşük olması gerekmektedir. Saydam yüzeylerde ise güneş kırıcı elemanlar kullanılmalı, güneş ışınlarının yansıtıcı özellikte olması ve doğal havalandırma için maksimum verim alacak konumlandırmaya sahip olması gerekmektedir.
- **Sıcak Kuru İklim Bölgesi:** Opak yüzeyler ısı depolama kapasitesi yüksek tercih edilmelidir. Avlulu bir plan tipi kullanılmalı ve yüzeydeki geniş açıklıklar avluya yönelmelidir. Dış cepheye bakan saydam yüzeyler ise olabildiğince küçük tutulması gerekmektedir.
- **Soğuk İklim Bölgesi:** Kompakt bina formu tercih edilmeli ve kabuğun ısı depolama kapasitesi yüksek olmalıdır. Kabuğun U değeri minimumda tutulması gerekmektedir.
- **Ilımlı Nemli İklim Bölgesi:** Geniş yüzeylerin yılın sıcak dönemlerinde rüzgâr alabilecek şekilde olan dikdörtgen ya da serbest planlı formlar seçilmelidir.

Duvarlar konfor koşullarını sağlayabilecek, ısı geçirgenlik değerleri düşük yalıtıma sahip olmalıdır.

- **Ilımlı Kuru İklim Bölgesi:** Kareye yakın kompakt form ile birlikte yılın sıcak dönemlerinde hâkim rüzgâra karşı olan formlar seçilmelidir. Eğimli ve yalıtımlı çatı tercih edilmelidir.

### 2.1.3.6. Mekân Organizasyonu

Bina tasarımında gereken en önemli kurgu mekân organizasyonudur. Geleneksel mimari tasarım sürecinde işlevler, mahremiyet, birimlerin giriş kısmı ile ilişkisi, doğal aydınlatma gibi faktörler tasarım sürecini zorlaştırırken enerji etkin tasarım sürecinde bunların üzerine pasif ısıtma soğutma sistemleri gibi etkenler de eklenmektedir (Işın, 2016).

Çalışmada dikkat edilecek yapı tipi olan aile sağlığı merkezlerinde de birçok farklı sıcaklık değerlerine ihtiyaç olan mekânlar ortaya çıkmaktadır. Bu mekânların ısıtma ve soğutma ihtiyaçları düşünülerek diğer etkenlerle birlikte analizler yapılmalı ve en verimli mekân organizasyonu sağlanmalıdır. Örnek olarak poliklinikler ve bekleme alanları gibi kullanıcı yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde doğal aydınlatma, havalandırma ve ısınma ihtiyaçları bulunacağından plan düzleminde güney bölge tercih edilirken ilaç deposu, mekanik tesisat odaları gibi bazı teknik mekânların ısıtma ihtiyaçları düşük olduğundan kuzey bölgede yerleşimi tercih edilmesi gerekmektedir.

## 2.2. Enerji Etkin Bina Tasarımında Pasif ve Aktif Sistemler

Enerji etkin bir bina tasarımı ve iyileştirme yöntemleri enerji tüketimini azaltmayı ve binaların genel verimliliğini artırmayı amaçlayan bir dizi strateji ve teknolojiyi kapsamaktadır. Bu yöntemler, binaların çevresel etkilerini ele almak ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için oldukça önem göstermektedir. Mevcut yapılaşma sürecinde bu yöntemler tasarım sürecinde yeterince uygulanmamaktadır. Bu sebeple kullanımına devam edilmekte olan binalarda iyileştirme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Enerji etkin bina tasarımı ve iyileştirme süreci pasif ve aktif yöntemler olan iki kategoriden oluşmaktadır. Pasif yöntemler, enerji tüketimini azaltmak için binanın tasarımını ve mimari bileşenlerini optimize etmeye odaklanırken, aktif yöntemler enerji kullanımını aktif olarak yönetmek ve kontrol etmek için teknoloji ve sistemlerin kullanılmasını içermektedir. Enerji etkin tasarım ve iyileştirme sürecinde ilk olarak pasif yöntemlerin planlanması gerekmektedir. Aktif yöntemlerde önemli etkilere sahip olsa da pasif

yöntemlere göre karmaşık teknoloji ve sürekli bakıma ihtiyaç duyduğundan masrafı daha fazla olmaktadır. (Utkutuğ, 1999)

Yeni tasarlanan binalar gibi mevcut binaların da iyileştirmeleri oldukça önemlidir. Mevut binalarda hem toplumsal bilinç seviyesi daha düşük olması hem de yönetmelik gibi denetleyici unsurların bu kriterlere uymaması sebeplerinden dolayı enerji israfı daha fazla olmaktadır. Bu anlamda eklenebilecek sistemler hem enerji korunumu sağlayacak hem de kullanıcı konforunu daha da artıracaktır.

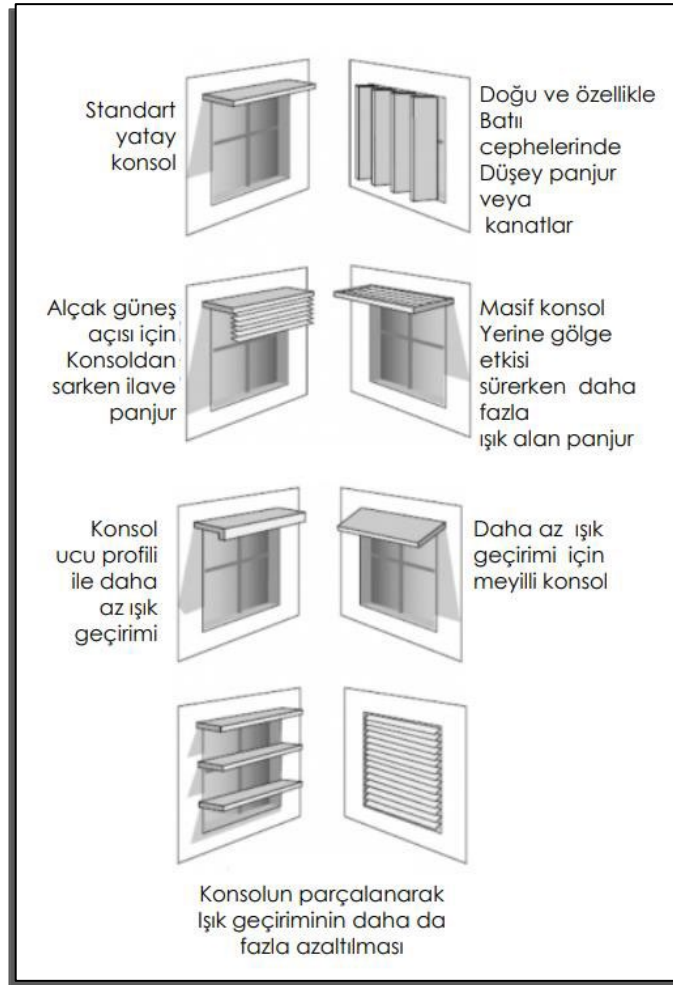
### 2.2.1. Pasif Sistemler

Pasif sistemler öncelikle binanın dış kabuğunun ve mimari bileşenlerinin optimize edilmesini amaçlamaktadır. Bu kapsamda yalıtımın iyileştirilmesini, yüksek performanslı pencerelerin kullanılması, ısı kazancı ve kaybını en aza indirilmesi için gölgeleme cihazlarının uygulanmasını ve binanın farklı stratejiler kullanılarak doğal havalandırması gibi düzenlemeleri içermektedir. Kendi aralarında işlevlerine göre ayrılmaktadırlar. Tasarlanan binaların belirli ısıtma ve soğutma dönemleri olmaktadır. Bu dönemlere göre sistemlerin istenilen özellikleri değişmektedir. Bu kapsamda pasif sistemleri kendi içinde **güneş kontrol elemanları, yapı kabuğu iyileştirmeleri, ısıtma sistemleri ve soğutma sistemleri** olarak farklı gruplara ayrılmaktadır.

#### 2.2.1.1. Güneş Kontrol Elemanları

Tasarlanan bina üzerinde enerji etkin tasarım kriterlerine ne kadar uyulsa da sorunların önüne sadece binanın yerleşim ve kütle hareketleri gibi tasarım yöntemleri ile geçilememektedir. Bu sebepten istenmeyen güneş ışınımını engellemek veya güneş ışınımının farklı mekânlara ulaşmasını sağlamak için güneş kontrol elemanları bulunmaktadır. Bu sistemler doğal aydınlatma ve mekân sıcaklığının istenen seviyede olmasını sağlamaya destek olmaktadır.

**Güneş Kırıcılar:** Bina yüzeylerinde açıklıklara uygun yerleştirilen güneş kırıcı elemanlar gereksiz güneş ışınımına engel olarak iç mekan sıcaklık değerinin artışını engellemekte aynı zamanda ışımaya engel olarak mekan içerisindeki doğal aydınlatma seviyesini korumaktadır (Lu vd., 2019). Farklı türlerde olan güneş kırıcı elemanlar aynı zamanda derin mekânlara genellikle tavan yüzeyine güneş ışınını yansıtma yoluyla iç mekân aydınlatma seviyesine yardımcı olabilmektedir (Şekil 2.10).

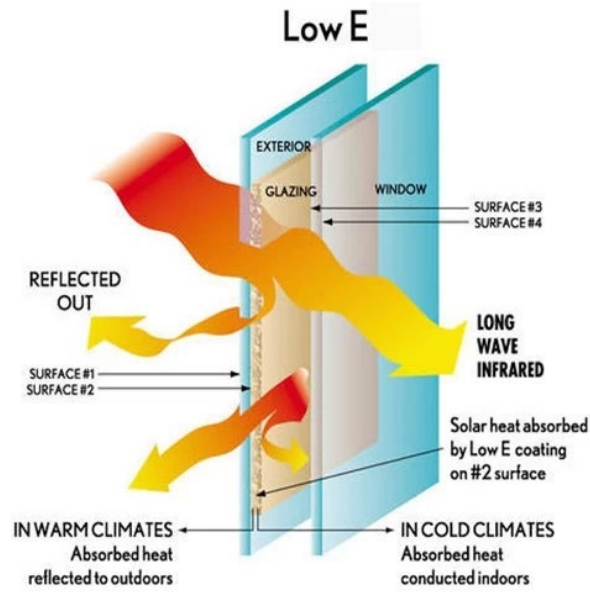


Şekil 2.10. Güneş Kontrol Elemanları (Bahçeci, 2016 )

Derin ve yetersiz açıklığı bulunan mekânlarda ise doğal aydınlatmanın sağlanması için kullanılan sistemlere ışık tüpü denilmektedir. Güneş ışınlarının bir metal tünel içerisinde yansımaları yöntemi ile mekânın doğal aydınlanmasını sağlamaktadır.

**Yüksek Performanslı Pencereleer:** Yüksek performanslı pencereleer ısı transferini en aza indirmeyi, hava geçişini azaltmayı ve yalıtım özelliklerini artırmayı hedefleyen yeni teknoloji ürünleerden oluşmaktadır. Kış aylarında ısı kaybını yaz aylarında ise ısı kazancını en aza indirecek şekilde tasarlanarak, binanın ısıtma ve soğutma yükünü azaltmaktır (Tatasciore vd., 2019). Diğer pencereleere göre çoklu cam katmanları, düşük emisyonlu kaplamalar ve bölmeler arası gaz dolguları ile farklılaşmaktadır. Kullanılan bu teknolojiler sayesinde binalarda daha büyük pencere açıklıkları tasarlanarak mekânın doğal aydınlatması rahatlıkla sağlanabilmekte ve mekân konforu artırılabilir. Bu pencere türleerinden en çok karşılaşılan örneklerinden biriside low-e kaplamalı pencereleerdir. Bu pencereleerde cam üzerine yapılan low-e kaplama ince ve şeffaf bir tabakadan oluşmaktadır. Bu tabaka mekân içerisindeki ısının geri yansımaları

sağlamaktadır (Şekil 2.11) (Culp vd., 2015). Low-e kaplama ile birlikte mekânlar güneş ısısından ve zararlı UV ışınlarından da korunmaktadır. Bu sayede mekân içerisine giren güneş ışığı büyük ölçüde filtrelenerek güneş ışınımından oluşan ısınma etkileri önlenmektedir. Bu sayede mekânın soğutma yükü azaltılarak enerji tasarrufu sağlanmaktadır.



Şekil 2.11. Low-e Pencere örneği (URL-5)

### 2.2.1.2. Yapı Kabuğu İyileştirmeleri

Bina kabuğunun ısı transferini ve aynı zamanda ısıtma – soğuma yükünü en aza indirmek için duvarlar, çatılar ve zeminlerin yalıtım değerlerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Yalıtım iyileştirmelerinin ana hedefi binada kontrolsüz hava ve nem değişimini en aza indirerek kullanıcı konforunu artırmaktır (Akinola vd., 2018). Amerika ve Çin’de Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği (ASHREA) gibi standartlar oluşturularak bina kabuğu verimlilik gereksinimleri için kılavuz sağlanmaktadır. Bu sayede enerji tüketimi daha az olan, karbon emisyonu düşük ve iç mekan konforu artırılmış tasarımlar daha kolay sağlanabilmektedir (Shi vd., 2018).

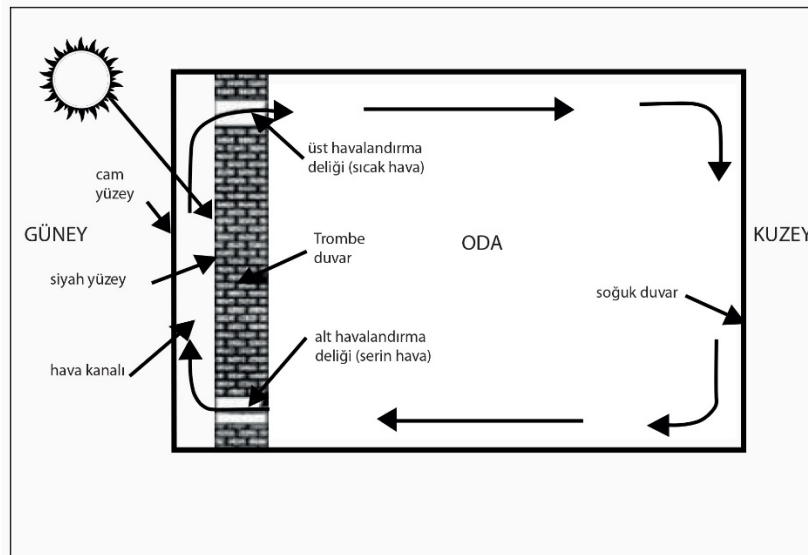
Yapı kabuğunda yapılabilecek iyileştirmeler; daha iyi yalıtım özellikleri, yüksek performanslı pencereler, ısı yansıtıcı çatı, yeşil çatı ve yaşayan duvarlar, mekanik havalandırma ile ısı kazanımı olarak örneklendirilebilmektedir. Yeni teknoloji ile birlikte birçok alternatif ortaya çıkmaktadır. Bu iyileştirmeler arasından binaya, iklim tipine ve enerji hedefine göre farklı kombinasyonların tercih edilip uygulanması gerekmektedir.

Bina kabuğuna bu şekilde bir bütünsel yaklaşım enerji verimliliği ve kullanıcı konforu için önem arz etmektedir (Akinola vd., 2018).

### 2.2.1.3. Pasif Isıtma Sistemleri

Pasif ısıtma sistemleri binanın ısıtma dönemlerinde ısı kaçışlarına engel olarak ve ısıyı depolayarak ısıtma dönemi boyunca binanın mekanik sistemlerine yardımcı olmaktadır. Bu sayede mekân konforu rahatlıkla sağlanmakta ve enerji tasarrufu gerçekleşmektedir. Bu sistemler güneş ışınımının kullanımına göre dolaylı ve direkt olmak üzere; trombe duvarı, güneş odaları, çakıl yatağı, su kütlesi, çatı havuzu, su duvarı gibi uygulama çeşitleri ile ayrılmaktadırlar.

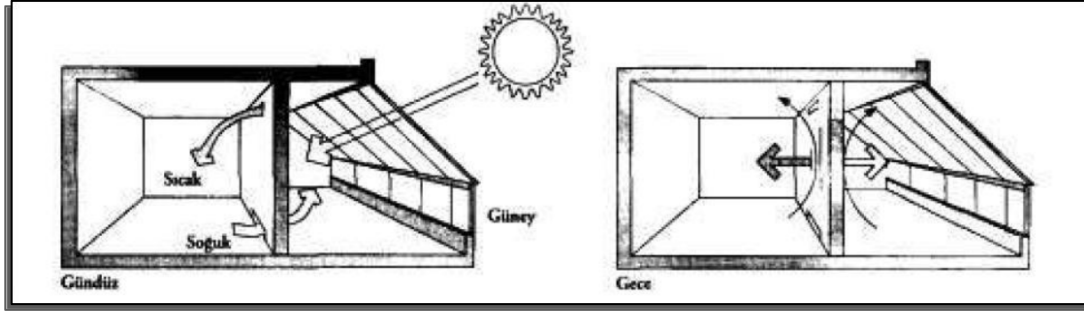
**Trombe Duvarı:** Tarihçesi 1950'lere kadar dayanan bu sistem güneş enerjisinden aldığı ısı enerjisini depolamaktadır ve topladığı bu enerjiyi iç mekâna yayarak iç mekân konfor koşullarına destek sağlamaktadır. Sistem koyu renkli bir duvar ve belirli mesafede camdan oluşmaktadır. Farklı durumlara göre alt ve üst kotlarında havalandırma açıklıkları bulunmaktadır. Güney cepheye yerleşimi yapılarak kullanılmaktadır. Güneş ışınımı ile birlikte ısıyı depolamaktadır. Havalandırma açıklıkları ile iç mekânda bulunan havanın ısınmasını sağlamaktadır (Şekil 2.12) (Gülaçmaz, 2021).



Şekil 2.12. Trombe Duvarı (Doğan ve Pırasacı, 2009)

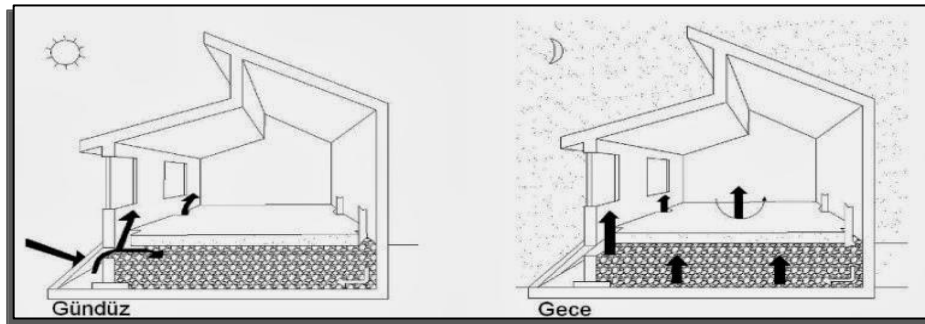
**Güneş Odaları (Seralar):** Trombe duvarına benzer bir mantıkta olan bu sistem binanın tasarım sürecinde oluşturulabileceği gibi sonradan da eklenebilmektedir. Soğuk veya ılıman iklimlerde tercih edilmektedir. Yerleşimi güney cepheye bakmaktadır ve güneş alan ne kadar çok pencere yüzey alanı varsa o kadar ısı toplayabilmektedir. Güneş

odası ile iç mekân arasında havalandırma boşlukları bulunarak hava sirkülasyonu sağlanmaktadır. Bu sayede sıcaklık istenen seviyelere gelebilmektedir. Bu odalar için kışın ısı yalıtımı yazın gereğinden fazla ısınmıdan kaçınmak için güneş kırıcı eleman gerekmektedir (Şekil 2.13) (Ülgen, 1999).



Şekil 2.13. Güneş odalarının pasif ısıtma sistemi olarak kullanılması (Ülgen, 1995)

**Çakıl Yatağı:** Pasif sistemlerin ana mantığı olan ısınan havanın yükselmesi ve soğuyan havanın alçalması prensibi ile çalışmaktadırlar. Özellikle yamaçlara yapılmış bir binanın zeminine yerleştirilmiş olan çakıl tabaka güney cepheden aldığı güneş ışınımı ile birlikte ısıyı depolamaktadır. Döşemede bulunan havalandırma kanalları ile ısınan hava yükselerek mekânın ısıtılması gerçekleşmektedir. İstenmeyen dönemlerde ise havalandırmalar kapatılarak sadece ısıyı depolaması da sağlanabilmektedir (Şekil 2.14) (Gülaçmaz, 2021).

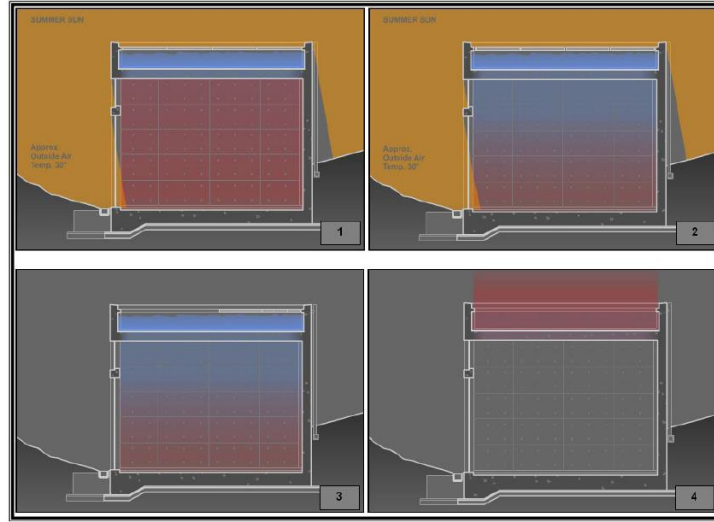


Şekil 2.14. Pasif sistem olarak çakıl yatağının çalışma prensibi (Gülaçmaz, 2021)

**Su Kütlesi:** Pasif sistemlerden birisi olan su kütlesi çatı havuzu ve su duvarı şeklinde iki tip olarak karşımıza çıkmaktadır;

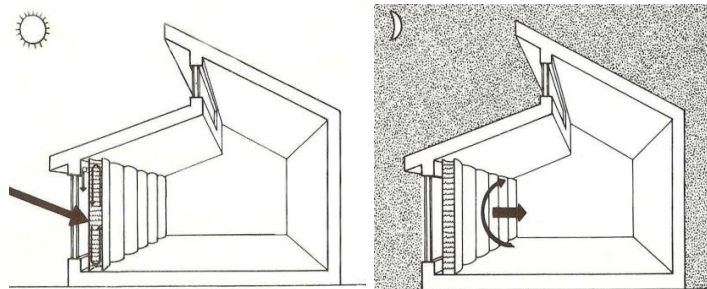
**Çatı Havuzu:** Genellikle binanın çatısı üzerinde cam, fiberglass veya plastik ile kaplı su kütlesi olarak bulunmaktadır. Isıtma dönemlerine göre isteğe bağlı olarak yalıtımlı bir malzeme ile havuz kapatılabilmektedir. Kış döneminde gündüz ısı depolanması gece vakti ise kapatılarak ısı korunumu sağlanması amaçlanmaktadır.

Tersine bir durum ise yazın sağlanabilmektedir. Gündüz kapalı tutarak gereksiz ısıdan korunumu gece ise açılarak mekânı serinletme amaçlı kullanılabilir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Çatı Havuzu Örneği (Demircan ve Gültekin, 2017)

**Su Duvarı:** Cepheye yerleştirilmiş olan su dolu yüksek dayanımlı metal veya plastik bidondan oluşmaktadır. İçten dışa katmanları metal veya plastik, cam ve koruyucu kapaktır. Gündüz güneş ışınımı ile camın içerisindeki su kütlelerinin ısıtılması sağlanmaktadır. İstendiği zaman iç mekânda bulunan kapaklar açılarak taşıma yolu ile mekân sıcaklığının kontrolü sağlanmaktadır (Şekil 2.16). Buharlaşma ve dolayısıyla yapı malzemelerinde korozyon yapması aynı zamanda iç mekânda kapladığı yer ve görsel estetik kaybı nedeni ile sık tercih edilmemektedir.



Şekil 2.16. Su duvarı örneği (Alparslan, 2010)

#### 2.2.1.4. Pasif Soğutma Sistemleri

Sıcak iklim bölgelerinde özellikle yaz dönemlerinde mekânın soğutma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Mevcut binalarda genellikle klimalar gibi mekanik sistemler kullanılarak gereksiz enerji kullanımına sebep olunmakta ve çevre kirliliği oluşmaktadır. Pasif sistemlerin düzenlemeleri, mekanik sistemler gibi anında tam etkili olmayabilir ancak mekanik sistemlere yardımcı olarak hem iç mekân konfor koşullarını artırmakta hem de enerji maliyetini azaltmaktadır. Pasif soğutma sistemlerinde asıl amaç binanın soğutma dönemlerinde ısı geçişini engellemek, bina kabuğunun olabildiğince ısıyı depolamasını sağlamak ve iç mekânda ısınan havanın tahliyesini sağlamaktır. Bu sistemlerde binaların yönü, hâkim rüzgâr ve çevresindeki bitki örtüsü oldukça etkili olmaktadır (Efe, 2009).

Ayrıca güneş kontrol elemanları başlığı altında bahsedilen güneş kırıcılar ve pencerelerin geçirgenlik değerleri bu kapsamda önemli olmaktadır. Aynı zamanda enerji etkin bina tasarımında dikkat edilmesi gereken havalandırma, mekân organizasyonu ve yönlenme gibi faktörler ile binanın serinletme yükü oldukça azaltılmaktadır.

### **2.2.2. Aktif Sistemler**

Aktif sistemlerdeki genel amaç yenilenebilir enerji kaynaklarından farklı sistemler ile enerji üretiminin sağlanması ve enerji kullanımının aktif olarak yönetilmesi için yeni teknoloji sistemlerin kullanılarak binaya katkıda bulunulmasıdır. Bu yöntem iklimlendirme (HVAC) sistemlerinin optimize edilmesi, enerji tasarruflu aydınlatma sistemlerinin kullanılması ve enerji tüketimini takip eden gelişmiş kontrol sistemlerinin kullanılması ile birlikte binanın enerji üretmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanabilen rüzgâr türbinleri, güneş toplayıcıları ve fotovoltaiik paneller içeren bina tasarımı olarak aktarılabilmektedir.

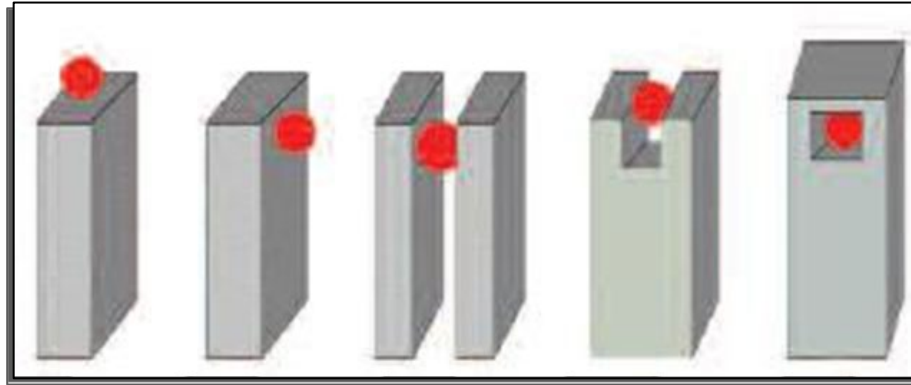
Aktif sistemler binanın enerji kullanımı üzerinde daha çok esneklik ve kontrol sunmaktadır. İhtiyaca göre yönlendirilebilmektedir ve pasif sistemlere göre daha fazla enerji tasarrufu sağlayabilmektedir. Ancak pasif sistemlere göre ilk yatırım masrafı yüksek ve sürekli devam eden bakım maliyetleri ortaya çıkmaktadır (Sun vd., 2019).

Mevcut binanın hem tasarım sürecinde hem de aktif kullanımı sırasında verilerinin incelenerek optimize edilmesini sağlayan bilgisayar tabanlı simülasyon yöntemleri bulunmaktadır. Bina enerji modellemesi ile enerji verimli tasarım stratejileri geliştirilebilmekte ve bilinçli kararlar alınabilmektedir.

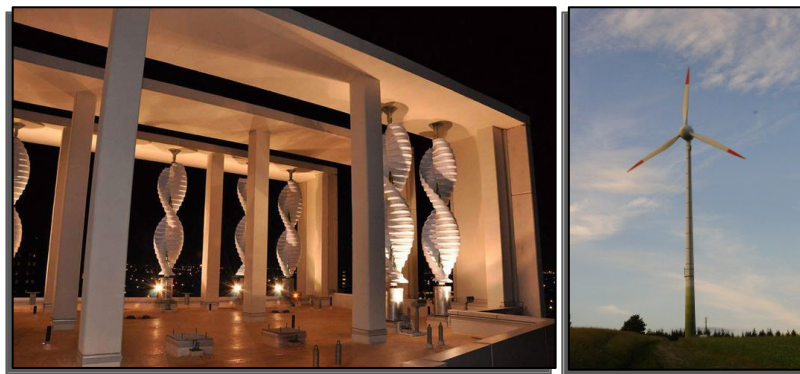
#### **2.2.2.1. Yenilenebilir Enerji Sistemleri**

Yenilenebilir enerji sistemleri, temiz ve sürdürülebilir enerji üretmek için doğal olarak yenilenen kaynakları kullanan çeşitli teknolojik sistemlerden oluşmaktadır. Bu sistemler enerjinin korunumu, sürdürülebilirlik ve iklim değişikliğinin azalması gibi konularda önemli rol oynamaktadır. Yenilenebilir enerji sistemleri arasında; rüzgâr türbinleri, güneş toplayıcılar ve fotovoltaik paneller yer almaktadır.

**Rüzgâr Türbinleri:** Mevcut binanın bulunduğu bölgenin son 20 yıllık rüzgâr verileri incelenerek bina için gereken enerji ihtiyacının ne kadarını karşılayacağına karar verildikten sonra yerleştirilmesi uygundur. Hâkim rüzgâr, rüzgâr tünelleri, çevre binaların yüksekliği, bulunulan binanın yüksekliği gibi farklı değişkenleri bulunmaktadır. Bu durumlara göre kazandırdığı enerji miktarı değişen rüzgâr türbinleri farklı gruplarda incelenmektedir. Bunlar; Yapıdan bağımsız, yapıya eklenmiş ve yapı ile bütünleşik olmak üzere 3 gruptan oluşmaktadır (Şekil 2.17-2.18).



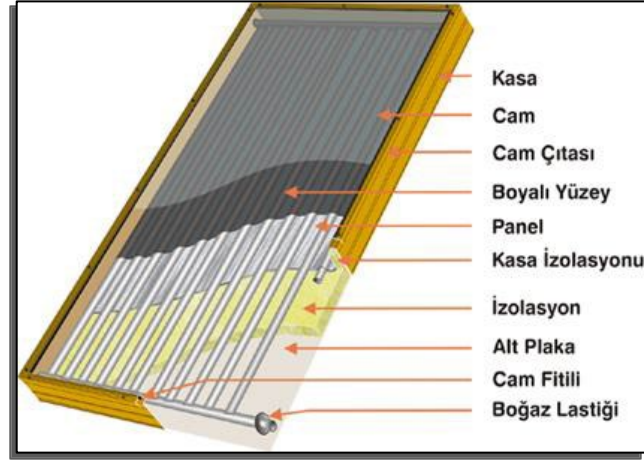
Şekil 2.17. Yapı ile bütünleşik rüzgâr türbinleri ve kütle ilişkisi (Günel ve Ilgın, 2008)



Şekil 2.18. Sırası ile yapıya eklenmiş ve yapıdan bağımsız rüzgâr türbinleri örnekleri, (Öztürk ve Orhon, 2019)

**Güneş Toplayıcılar:** Genellikle çatı yüzeylerinde bulunan, binalara sıcak su kaynağı sağlayan sistemlerdir. Bölge ne kadar güneşli ise o kadar verimli çalışmaktadırlar. Güneş ışınımı sayesinde topladığı enerjiyi sistemdeki soğuk suyu

ısıtmaya harcamaktadır. Kışın oluşabilecek dezavantajlara karşı yalıtım ile kaplamak riskleri azaltmaktadır (Şekil 2.19).



Şekil 2.19. Güneş Toplayıcı Elemanları (URL-6)

**Fotovoltaik Paneller:** Binalarda enerji harcanmasına sebep olan aydınlatma, ısıtma ve soğutma sistemleri için elektrik enerjisi sağlamaktadır. Bina üzerinde yerleştirilebilecek ve güneş ışınımı olan her bölgeye konumlandırılabilir. (Şekil 2.20) Farklı ülkelerde bu konuda teşvikler bulunmaktadır. Japonya’da bazı mahallelerde binaların çatı yüzey alanının yarısı kadar fotovoltaik panel konulma zorunluluğu getirilmiş ve bu konuda teşvikler verilmiştir (URL- 7). Fotovoltaik panellerde (PV) bazen elektrik istenilenden fazla üretilebilmektedir. Bu durumda eğer binanın akü gibi depolama sistemi bulunuyor ise oraya aktarılmakta yok ise şehir şebekesine gönderilmektedir. Bu sayede hem ekonomik anlamda hem de enerji anlamında korunma sağlanmaktadır.



Şekil 2.20. Çatı örtüsüne monte edilmiş PV uygulaması örneği (Özkılıç ve Keleş, 2008)

#### 2.2.2.2. Enerji Tasarruflu Sistemler

Enerji etkin bina tasarımı sürecinde pasif sistemler ile enerji kullanımı azaltılarak mekanik sistemlere duyulan ihtiyaç minimuma düşmektedir. Ancak kullanıcı konforu ve mekân içerisinde optimizasyonun sağlanabilmesi ve mekanların sıcaklık, temiz hava, aydınlanma gibi belirli değerlerin istenilen değerlerde tutulabilmesi için mekanik sistemlere ihtiyaç olmaktadır. Bu sistemlerin binaya ek enerji yükü oluşturmaması için enerji tasarruflu sistemler tercih edilmektedir.

**Enerji Tasarruflu İklimlendirme Sistemleri:** Kullanıcı yoğunluğuna sahip mekanlarda iklimlendirme sistemleri gereksiz güç tüketimine sebep olabilmektedir. Isıtma, soğutma ve havalandırma özelliklerini barındıran bu sistemlerin mekanlar ile optimizasyonu sağlandığında %22'ye kadar enerji tasarrufu sağlanabilmektedir (Chen ve Chang, 2016). Enerji tüketimini optimize etmek ve iç mekân konforunu iyileştirmek için enerji tasarrufu yapan ve akıllı kontrole sahip yüksek verimli iklimlendirme sistemlerinin kurulmasından oluşmaktadır. İklimlendirme sistemleri içeriğinde bölgeleme ve doluluk sensörleri, ısı geri kazanım sistemleri, gelişmiş kontrol sistemleri ve yüksek verimli ekipmanlar kullanılarak enerji tüketimi azaltılabilmektedir (Canbay vd., 2004).

**Enerji Tasarruflu Aydınlatma Sistemleri:** Binanın aydınlatma elemanlarını kullanırken elektrik tüketimini azaltmayı ve enerji tasarrufunu amaçlayan sistemlerdir. Binada kullanılan pasif sistemler ile birlikte doğal aydınlatmadan faydalanılabilmektedir ancak bu durumun sürdürülebilir ve konforlu olması için aydınlatma sistemleri gerekmektedir. Enerji tasarruflu aydınlatma sistemlerinin mekanlar ile entegrasyonu sağlanarak enerji tüketimi azaltılabilmekte ve mekanda optimum konforun oluşmasına katkı sağlanmaktadır. Farklı sensör ve gün ışığı toplama sistemleri ile birlikte aydınlatma kapsamında enerji verimliliği sağlanabilmektedir (Vu ve Shin, 2016).

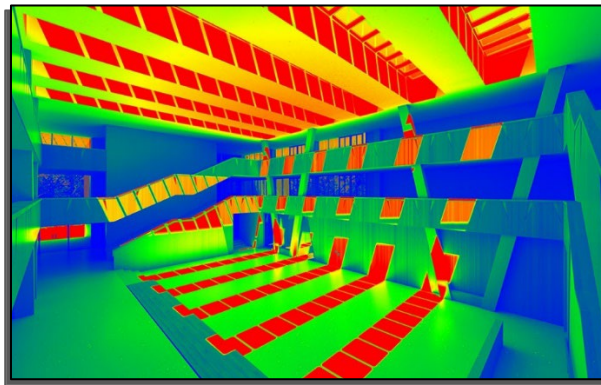
### 2.2.2.3. Bina Enerji Modellemesi

Enerji etkin bina tasarım ve iyileştirme sürecinde bir çok farklı simülasyon programı kullanılabilmektedir. Bina simülasyon programları ile birlikte binanın tasarım sürecindeki her aşamasında kontrol sağlanabilmektedir ve geri dönüşlerle düzeltmeler yapılabilmektedir. Bu simülasyon programlarında modellenen binalar BIM (Building Information Modelling) sistemi ile oluşturulmaktadır. Sadece mimari değil diğer mühendislik dallarının projeye eklenmesi ile birlikte gerçeğe yakın sonuçlar elde edilmektedir. BIM sistemi yani yapı bilgi modellemesi ile birlikte çalışılabilen bazı bilgisayar yazılımları Velux, Ecotect, Revit Dynamo, DesignBuilder ve Archicad Ecodesigner Star örnek olarak verilebilmektedir (Boydak, 2021).

**Design Builder:** Design Builder bir binanın karbon emisyonu, aydınlatma ve güneş ışıını, enerji ve konfor gibi konularda analizini yapan EnergyPlus algoritması tabanlı bir simülasyon yazılımıdır (Koç, 2021). BIM tabanlı bir yazılım olduğu için tasarım sürecinde istenilenleri çevre değişkenlerine göre değiştirerek güncel analizler yapılabilmektedir. Analiz sürecinde çevre hakkında topografik veriler, iklim verileri, hava durumları ve bina yapı kabuğu malzemeleri girdi olarak programa aktarılabilmektedir. Bu sistemle birlikte binanın kullanım süreci simülasyon edilerek tahmini enerji harcamalarını ortaya çıkarmaktadır. Böylece binanın enerji harcamalarını tasarım sürecinde tespit ederek müdahale edilebilmektedir (URL-8).

Design Builder, kullanıcı ara yüzü tamamen İngilizce ve benzer örneklerine göre karmaşık bir yapıya sahiptir. Belirli ücretlendirme karşılığında mühendis ve mimarların kullanımına sunulmaktadır. Literatürde yapılan çalışmalarda çoğunlukla Design Builder kullanılmasının sebebi detaylı eğitim içeriklerinin bulunması ve içerisinde farklı analiz türleri barındırmasıdır.

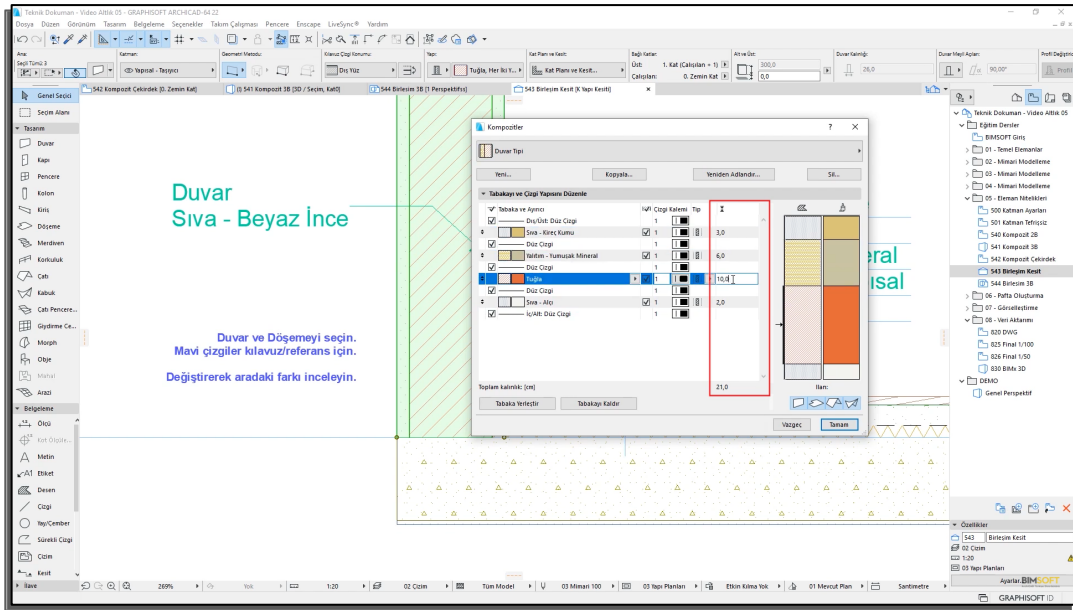
**Velux Daylight Visualizer:** Analizi yapılması gereken önemli bir değişken ise gün ışığı ve aydınlanma analizidir. Velux Daylight Visualizer ile birlikte dışarı aktarılan BIM modeli kapsamında mekânların yıl içerisindeki durumlarını gösteren gün ışığı analizi yapılabilmektedir (Şekil 2.21). Bu analiz ile birlikte mekânların aydınlık seviyeleri belirlenerek güneş kontrol elemanları ve iç mekân aydınlatma elemanlarının gerekliliği değerlendirilebilmektedir.



Şekil 2.21. Velux Arayüzü (URL-9)

**Archicad EcoDesigner Star:** Mimari tasarım için oluşturulmuş olan Archicad programı ile geleneksel tasarım programları gibi çizgisel çizim yerine BIM sistemine uygun olan yapı elemanları kullanılarak tasarım yapılmaktadır. Bu sayede tasarlanan binanın bütün bileşenleri ile birlikte 3 boyutlu olarak gerçeğin simülasyonu halinde oluşturulması sağlanmaktadır. Kullanıcı ara yüzünün mimarlara uygun bir şekilde

tasarlanmış olması kullanımda tercih sebebidir. Tasarımın direkt olarak yapı elemanları ile oluşturulması metraj hesapları, kesit detayları gibi problem çıkabilecek birçok durumu önceden görülebilmeyi sağlamaktadır. Aynı zamanda yapı elemanları belirli katalogdan seçilerek veya kullanıcı kendisi oluşturularak binanın bulunduğu yere özgü standartlara uygunluğu belirlenebilmektedir (Şekil 2.22). Malzeme özellikleri olarak ısı geçirgenliği, yoğunluk, ısı kapasitesi ve gömülü karbon enerji bilgileri çoğu yapı elemanında TS 825'e göre düzenlenmiştir. İstenilen özelliklere sahip yeni yapı malzemeleri oluşturulup verileri programa aktarılabilir (Altınöz, 2019).



Şekil 2.22. Archicad Arayüzü ve Kompozit Örneği (URL-10)

EcoDesigner Star yazılımı ise BIM sistemi ile tasarlanmış olan Archicad modelini enerji verimliliği yüksek binaya çevirmek için tasarlanmış bir eklentidir. EcoDesigner Star aracılığı ile iklim analizi, bina enerji modeli kalibrasyonu, projeye özel düşük enerjili yapı çözümleri, düşük enerji ihtiyaçlı mimari tasarım, bütün bina enerji verimliliği optimizasyonu yapılabilmektedir.

EcoDesigner Star'ın analizinde, Bina Enerji Analizi Bilgisayar Programlarının Değerlendirilmesi için Standart Test Yöntemi olan ANSI / ASHRAE Standard 140-2007 53 standardına uygun StruSoft'un VIPcore hesaplama motoru kullanılmaktadır. Bu standartlar dünyada yaygın olan LEED ve BREEAM gibi sertifika sistemlerinde de kullanılmaktadır.

EcoDesigner Star yazılımına girdi olarak binanın yıllık kullanım saatleri, yaz ve kış dönemi iç sıcaklık değerleri, konuma ait iklim verileri, mevcut hava durumu, topografik veriler, güneş ışınımı ve harcanan enerji maliyetleri gibi veriler aktarılarak farklı türde analizler yapılabilmektedir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Enerji etkin bina tasarımında kullanılan analiz yöntemleri genellikle bilgisayar destekli simülasyon yöntemleridir. Simülasyon mevcut durumun yeniden oluşturularak benzetim yapılması olarak tanımlanabilmektedir. Enerji etkin bina tasarım sürecinde binalar bütün bileşenleri ile birlikte yazılımlar üzerinde oluşturularak gerçeğe yakın analizler yapılmaktadır. Bu sayede inşaat süreci başlamadan ortaya çıkabilecek sorunlar minimuma indirgenerek gereksiz enerji ve maliyetten kaçınılarak çevreye duyarlı bir süreç oluşturulmaktadır.

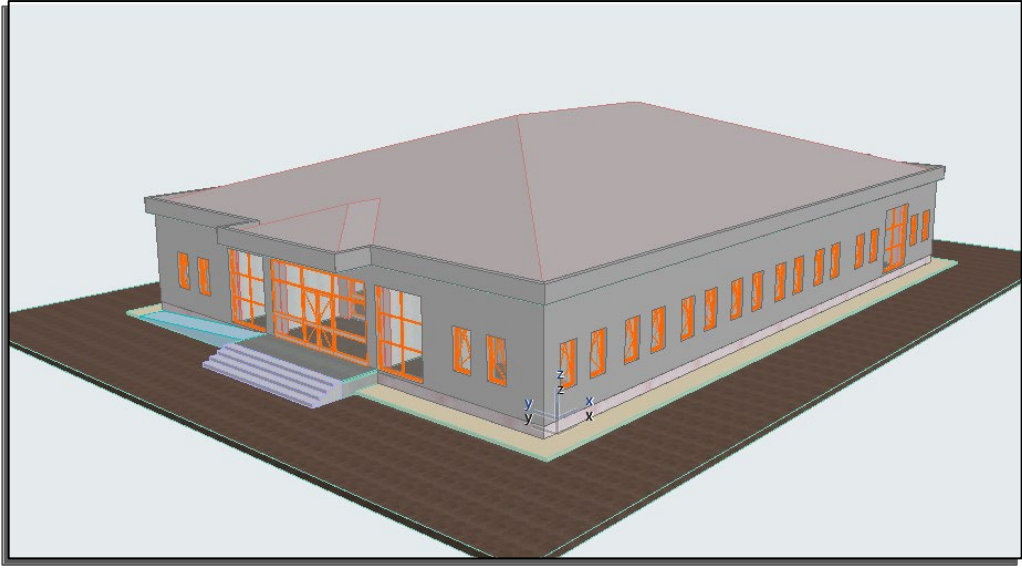
Bu çalışmada enerji analizi simülasyon programı olarak Archicad Ecodesigner Star ve gün ışığı analizi simülasyon programı olarak Velux Daylight Visualizer tercih edilmiştir.

#### 3.1. Archicad Ecodesigner Star

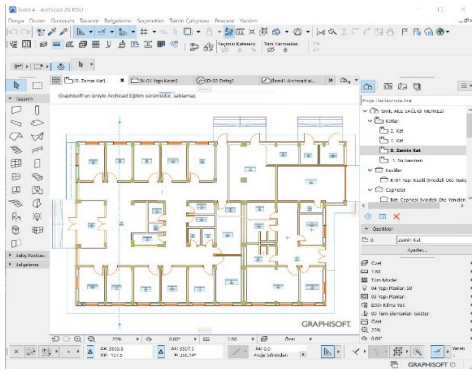
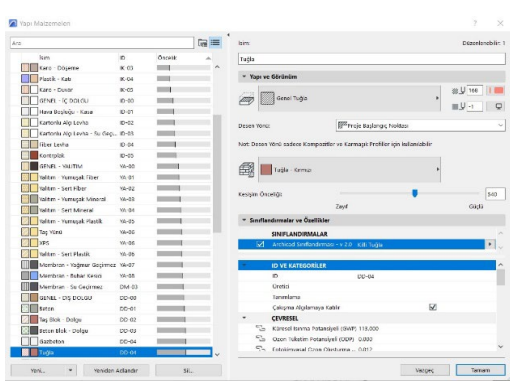
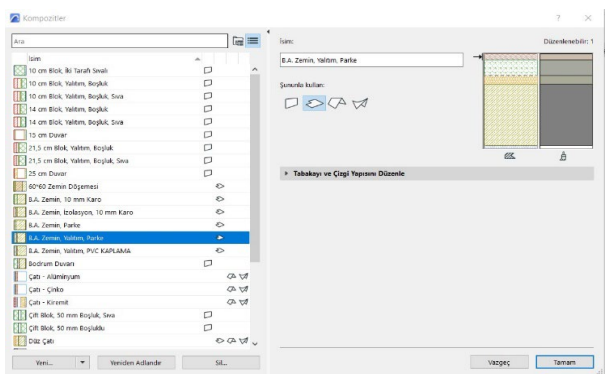
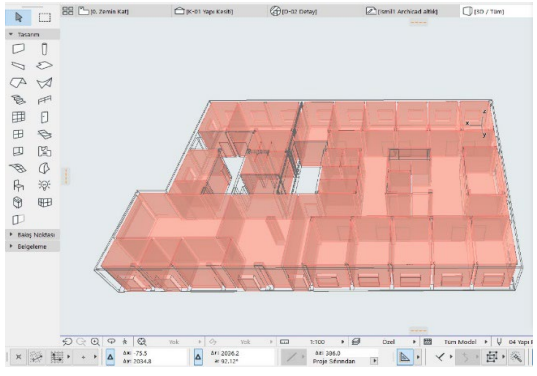
Archicad programının tercih edilmesinde, öncelikle yazılımın ara yüzünün Türkçe olması, tasarımının mimarlara yönelik olması ve kullanım kolaylığı sağlaması etkili olmuştur. Bununla birlikte analiz verilerinin LEED ve BREEAM sertifika sistemleri tarafından onaylanmış olması, enerji, karbon ayak izi, ısı köprüleri, kaynak kullanımları ve maliyet gibi analiz verilerini tablolar şeklinde bir dosya olarak oluşturulması da bu programın tercih sebebi olmuştur.

Bu program üzerinde analizin doğru bir sonuç verebilmesi için yazılımın ihtiyaç duyduğu verilerin eksiksiz bir şekilde aktarılması gerekmektedir. Bu kapsamda ilk olarak analizi yapılacak binanın (İsmil Aile Sağlığı Merkezinin) yapı malzemeleri ile ilgili bilgiler toplanmıştır. Yapı malzemeleri kısmında malzemelerin ilk olarak cinsi ve kullanım yerleri gibi bilgiler sonrasında ise ısı iletkenlik değerleri, yoğunlukları, ısı kapasiteleri ve şekillenmiş karbon miktarları veri olarak girilmektedir. Bu veriler genellikle projede detaylı olarak yazılmamaktadır, ancak kullanılan malzemeler Türkiye’de TS 825 standartlarına uygun olduğundan program içerisinde otomatik olarak bulunmaktadır. Bu değerler analiz hesaplamalarında kullanıldığı alanlara göre farklı etkilere sebep olabildiğinden doğru bir şekilde aktarılmasına önem gösterilmesi gerekmektedir. Kullanılan program BIM mantığı ile çalıştığından geleneksel çizim programları gibi çizgi yerine bina bileşenleri olan kompozitler ile çalışmaktadır. Veri olarak aktardığımız yapı malzemelerini kullanarak duvar, döşeme, çatı döşemesi gibi bina bileşenlerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu süreçte mevcut bir proje üzerinden ilerlendiğinden bileşenlerin kalınlık değerleri projedeki değerler ile eşdeğer olarak

aktarılmaktadır. Yapı kabuğunu oluşturan bu bileşenlerin farklı kalınlıklarda olması ısı geçirgenlik değerlerini etkilemektedir. Elde edilen bu bileşenler çalışma konusu olan İsmil Aile Sağlığı Merkezi, projedeki ölçülerine uygun olarak BIM mantığı ile yeniden oluşturulmuştur. Bilgisayar ortamında oluşturulan bu binanın analiz için eklenmesi gereken son temel bilgisi ise mahal verilerinden oluşmaktadır. Farklı fonksiyonlara sahip mekânların ısıtma, soğutma ve havalandırma ihtiyaçları değişkenlik gösterdiğinden dolayı mahal bilgilerinin eksiksiz oluşturulması ve ihtiyaçlara göre gruplandırılması gerekmektedir (Şekil 3.1 – Şekil 3.2).

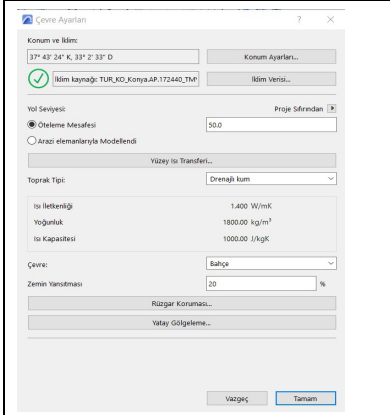
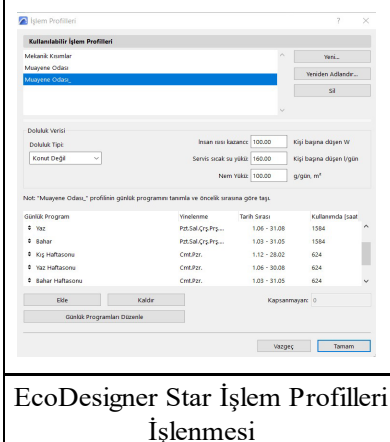


**Şekil 3.1.** Konya İsmil Aile Sağlığı Merkezi BIM modeli görüntüsü

	<p>Archicad Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) yöntemi ile çalışmaktadır. Programın kullanımında standart çizgisel proje üretimi yerine yapı elemanları bir bütün olarak oluşturulmaktadır. Archicad arayüzünde her bir eleman için farklı seçenekler bulunmaktadır.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Archicad Programı Arayüzü</b></p>	
	<p>Binayı oluşturan kompozit elemanlar farklı malzemelerin birleşimi ile oluşturulmaktadır. Yapı malzemeleri program içerisinde TS 825'e uygun özellikleri ile işlenmiş olarak bulunmaktadır. Bu malzemelere ek olarak ısı iletkenlik veya yoğunluk gibi değerleri özel olarak değiştirilebilmektedir.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Archicad Programı Yapı Malzemeleri</b></p>	
	<p>Program içerisinde istenilen malzemeler aktarıldığında binanın duvar, kolon ve döşeme gibi kompozit elemanları oluşturulmaktadır. Bu kısımda mevcut proje ile eş değer malzeme kalınlıkları aktararak mevcut durumun simülasyonu oluşturulabilmektedir.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Archicad Programı Kompozit Elemanlar</b></p>	
	<p>Oluşturulan mevcut projenin ve iyileştirilme sonrası durumunun analizlerinin oluşturulması için kullanılan mahallerin girdi olarak aktarılması gerekmektedir. Her mahalin sınırları genişlik, uzunluk ve yükseklik olarak işlenerek gereken enerji ihtiyaçları hesaplamalarında kullanılmaktadır.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Archicad Programı Mahal Oluşturma</b></p>	

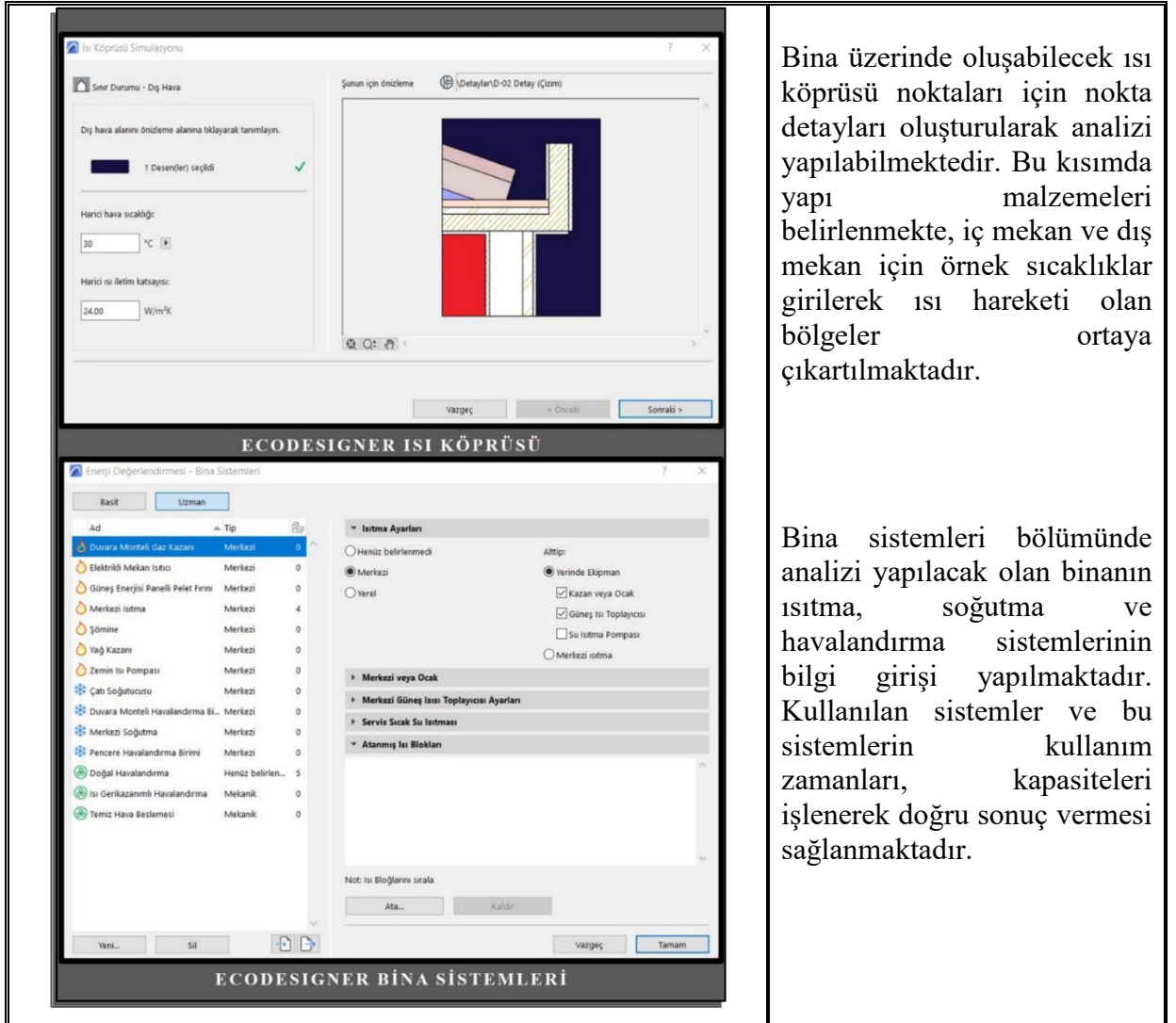
**Şekil 3.2.** Archicad Ecodesigner Star Programı Veri Girişi

Analizi oluşturan Ecodesigner Star, Archicad programı içerisinde bulunan bir yazılımdır. Temel olarak oluşturduğumuz binanın çevresel etken verilerini aktardığımız ve buna göre analiz sonuçlarını veren bir yazılımdan oluşmaktadır. Yazılım içerisine iklim, konum, yapı kullanım bilgileri, ısıtma ve soğutma sistemleri gibi veriler aktarılmaktadır. Çalışma kapsamında ilk olarak ılımlı kuru iklim bölgesinde olan İsmil Aile Sağlığı Merkezinin iklim verileri aktarılmıştır. Kapsamlı ve doğru bir sonuç çıkabilmesi için bu iklim verilerinin 10-20 yıl aralığında olması gerekmektedir. Bu kapsamda Konya ilinin 2007-2021 yılları iklim verileri programa girdi olarak aktarılmıştır (URL-11). Bu işlemin devamında binanın konumu ve kuzey yönü gibi çevresel verilerinin aktarılması gerekmektedir. İklim verileri işlendikten sonra işlevlerine göre mahallere ayrılan ASM'nin yıllık kullanım verileri girilmektedir. Bu kısımda mahallerin kullanıcı yoğunluğu, ortalama elektrik enerjisi ihtiyacı ve ısıtma soğutma ihtiyaçları belirtilmektedir. Analizi yapılan bina bir sağlık kurumu olduğundan mahal sıcaklıklarının 20-24°C arasında tutulması hedef olarak gösterilmiştir (Şekil 3.3).

	<p>Analizlerin doğru bir sonuç verebilmesi için EcoDesigner Star eklentisi üzerinde ilk olarak binanın konum ve iklim verileri işlenmektedir. Çevre ayarları bina koordinatları, bina çevresinin malzeme tipi, binanın rüzgar koruması durumu ve çevre binaların gölgeleme durumları veri olarak aktarılmaktadır.</p>
<p><b>EcoDesigner Star İklim Verileri Girişi</b></p>	
	<p>Analizlerin hesaplanması için oluşturulan mahallerin kullanım ve ihtiyaç verilerinin aktarılması gerekmektedir. İşlem profilleri arayüzünde mahallerin gün içi kullanım saatleri, kişi yoğunluğu ve istenilen sıcaklık değerleri gibi veriler bu kısımda işlenmektedir.</p>
<p><b>EcoDesigner Star İşlem Profilleri İşlenmesi</b></p>	

Şekil 3.3. Archicad Ecodesigner Star Programı çevre ayarları ve işlem profilleri veri girişi

Kullanıcı ve çevre verileri işlendikten sonra bina sistemleri hakkında verilerin aktarılması gerekmektedir. Bu kapsamda İsmil Aile Sağlığı Merkezi'nin ısıtma sistemi olarak kömürlü kazan ile çalışan kalorifer sistemi eklenmiştir. Binada herhangi bir soğutma sistemi bulunmadığından soğutma ve havalandırma sistemi birlikte gösterilmiştir. Bu aşamada bina çevre verileri, kullanıcı ve kullanım bilgileri işlendiğinden bina enerji kullanımı ve ihtiyacı konusunda analizler elde edilebilmektedir. Ek analiz olarak bina yalıtımı ve ısı kaçışları konusunda önlem alınmasını sağlayan ısı köprüsü analizi bulunmaktadır. Sistem detayı üzerinden çalışan bu analiz üzerinde farklı mevsimlere göre iç ve dış mekân sıcaklıkları belirlenip detay bölgesinin analizleri alınmaktadır. Bu kapsamda malzemenin ısı geçirimi aynı zamanda ısı kaçış noktaları tespit edilebilmektedir (Şekil 3.4).



Bina üzerinde oluşabilecek ısı köprüsü noktaları için nokta detayları oluşturularak analizi yapılabilmektedir. Bu kısımda yapı malzemeleri belirlenmekte, iç mekan ve dış mekan için örnek sıcaklıklar girilerek ısı hareketi olan bölgeler ortaya çıkartılmaktadır.

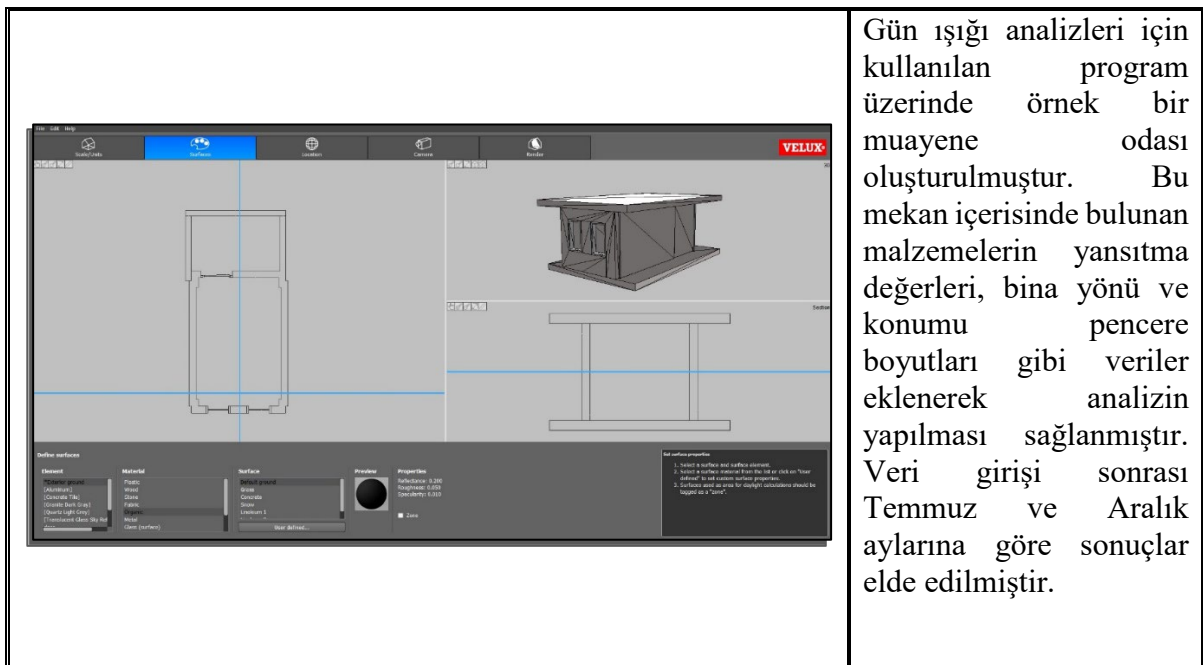
Bina sistemleri bölümünde analizi yapılacak olan binanın ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin bilgi girişi yapılmaktadır. Kullanılan sistemler ve bu sistemlerin kullanım zamanları, kapasiteleri işlenerek doğru sonuç vermesi sağlanmaktadır.

Şekil 3.4. Archicad Ecodesigner Star bina sistemleri ve ısı köprüsü simülasyonu veri girişi

### 3.2. Velux Daylight Visualizer

Velux yazılımını Archicad gibi BIM sistemli programlar ile entegre çalışan ve analizlerde büyük önem gösteren gün ışığı, doğal ve yapay aydınlatma analizi yapabilmektedir. İsmil Aile Sağlığı Merkezi kapsamında mevcut pencerelerin muayene birimini aydınlatmak için yeterliliğini ölçmek amaçlı bu program kullanılmıştır. Aynı zamanda yeni öneri için belirlenen pencere boyutlarına göre yeni bir çalışma hazırlanmış ve mekânın doğal aydınlatma analizi tekrar alınıp değerlendirilmiştir.

Bu aşamada ilk olarak oluşturulan binadan bir muayene birimi ayrıştırılmıştır. Devamında ise bu muayene biriminin mekân içerisinde ışık dağılımını belirlemek için mekânda kullanılan malzeme verileri programa aktarılmıştır (Şekil 3.5). İsmil Aile Sağlığı Merkezi gün ışığı simülasyonu yapabilmek için bina konumu ve kuzey yönü programa veri olarak girilmiştir. Velux programı gereken veriler toplandıktan sonra kendi içerisinde yılın farklı zamanlarına göre gün ışığı analizi yaparak mekân içerisinde ışığın dağılımını görsel üzerinden gösterebilmektedir. Veri aşamasından sonra mekânın ihtiyacı olan ve ışık seviyesini ölçmemizi sağlayan “lux” birimi için alt ve üst değerler belirlenerek muayene biriminin farklı zamanlar ve pencere tipleri için analizleri elde edilmiştir.



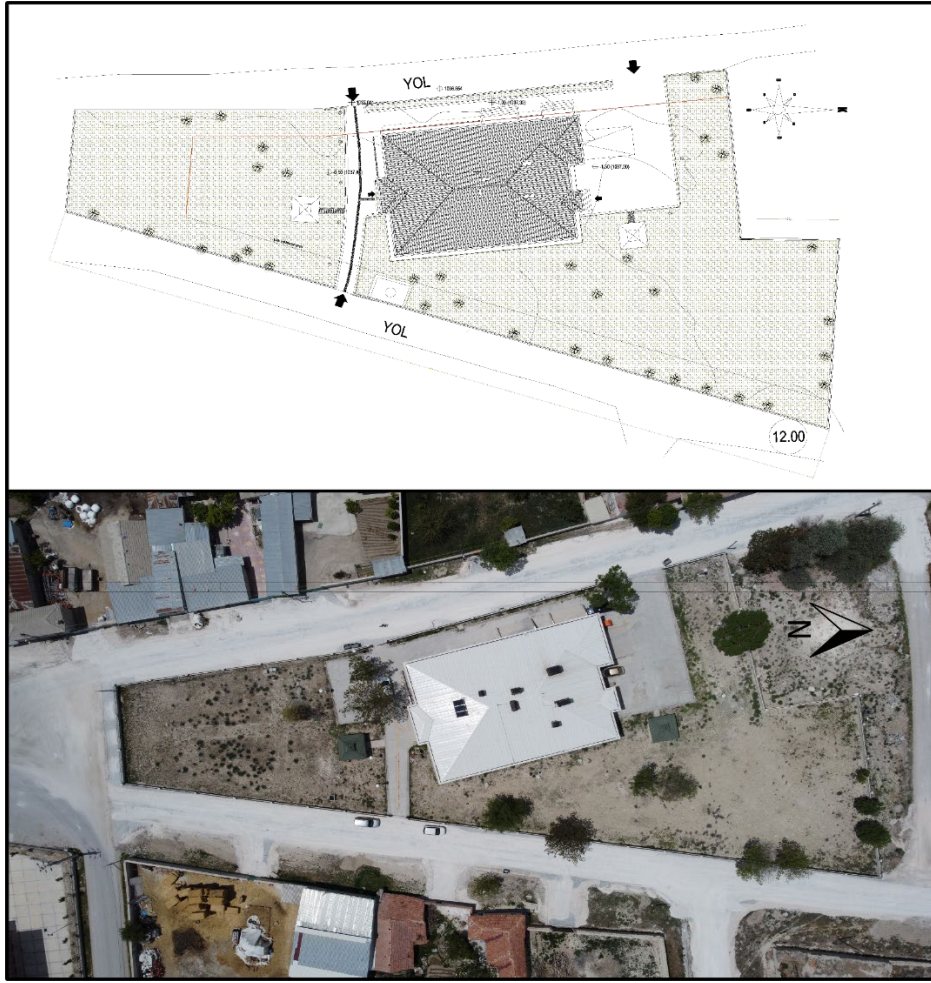
Şekil 3.5. Velux Daylight Visualizer Veri Girişi

#### 4. İSMİL AİLE SAĞLIĞI MERKEZİ ENERJİ ANALİZİ VE İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ

Tez çalışması binaların enerji etkin iyileştirmesi üzerine kurgulanmıştır. Bu kapsamda Türkiye genelinde yoğun bir yapılaşmaya sahip aile sağlığı merkezi üzerinde enerji etkin iyileştirme önerileri geliştirmek amaçlanmıştır. Güncel ve uygulanmış olan projelerden Konya İsmil Aile Sağlığı Merkezi mevcut durum ve iyileştirme önerileri yapılacak bina olarak seçilmiştir. Yapıya ilişkin gerekli verilerin ilgili birimlerden elde edilmesinin ardından öncelikle yapının mevcut durumu simülasyon bazlı bilgisayar yazılımı olan ArchiCAD programına ait EcoDesigner Star eklentisi yardımı ile elektrik enerjisi kullanımı, fosil yakıt tüketimi, ısıtma-soğutma yükleri ve VLEUX Daylight Visualiser programı ile aydınlatma analizleri yapılarak değerlendirilmiştir. Devamında enerji etkin iyileştirme önerileri üzerinden yapılan analizler ile karşılaştırmaları yapılarak projenin tasarım ve uygulama aşamalarına yönelik enerji etkin iyileştirme önerileri sunulmuştur. Toplumun sıklıkla kullandığı bu kamu binalarının elde edilen sonuçlara göre gelişeceği, gelişmelerin yönetmeliklere katkı sağlayacağı ve güncel binalarda uygulanması ile birlikte toplumun bilinçleneceği düşünülmektedir.

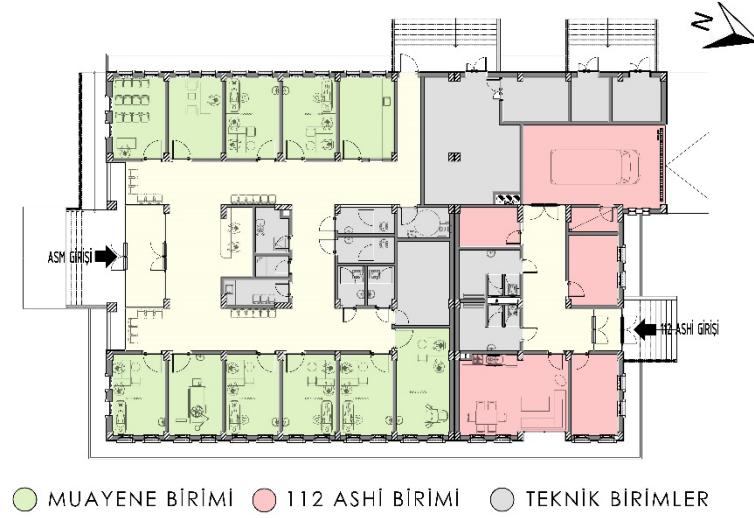
##### 4.1. İsmil Aile Sağlığı Merkezi Genel Özellikleri ve Tanıtımı

Proje Konya Karatay ilçesine bağlı İsmil Mahallesi 131 Ada 2 Parsel toplam 4690 m<sup>2</sup> bir alana yerleştirilmiştir. ASM'nin 625.86 m<sup>2</sup> inşaat alanı bulunmaktadır. Yapı tek bir çatı altında güney yönünden aile sağlığı merkezi girişi, kuzey yönden 112 Acil servis girişi verilerek tasarlanmıştır. Bina kabuğu doğu-batı cepheleri yaklaşık 32 metre uzunluğunda kuzey-güney cepheleri ise 21 metre genişliğindedir (Şekil 4.1). Çatı kaplaması olarak %20 eğimli çelik sandviç panel tercih edilmiştir. Peyzaj içerisinde ise 1 adet ortak kullanıma ait kamelya, bahçe içerisinde dağılmış bir şekilde 10 adet ağaç bulunmaktadır. Ilımlı kuru iklim bölgesinde bulunan İsmil yıllık ortalama sıcaklık değerleri Temmuz ayı için maks. 30 C° Ocak ayı için ise min. -4.2 C°'dir (URL-12).



Şekil 4.1. Konya İsmil Aile Sağlığı Merkezi Vaziyet Yerleşimi

Aile sağlığı merkezi 5 hekim kapasiteli olarak tasarlanmıştır. Mevcutta 3 hekim ile hizmet vermektedir. Binanın girişlerinde rüzgârlık düzenlenmiştir. Planlamada muayene odaları doğu-batı cephelerine, bekleme alanları ve hol bina merkezinde yerleştirilmiştir. Merkezde planlanan alanın giriş cephesi dışında havalandırma ve doğal aydınlatma imkânı bulunmamaktadır. Kuzey-batı cephesine ambulans garajı, teshin merkezi, jeneratör odası ve su deposu konumlandırılmıştır. Kuzey-doğu cephesinde ise 112 Acil biriminin personel odaları bulunmaktadır. Bina içerisinde cepheler ile bağlantısı olmayan mekânlarda ise wc, depo gibi mekânlar konumlandırılmıştır (Şekil 4.2).

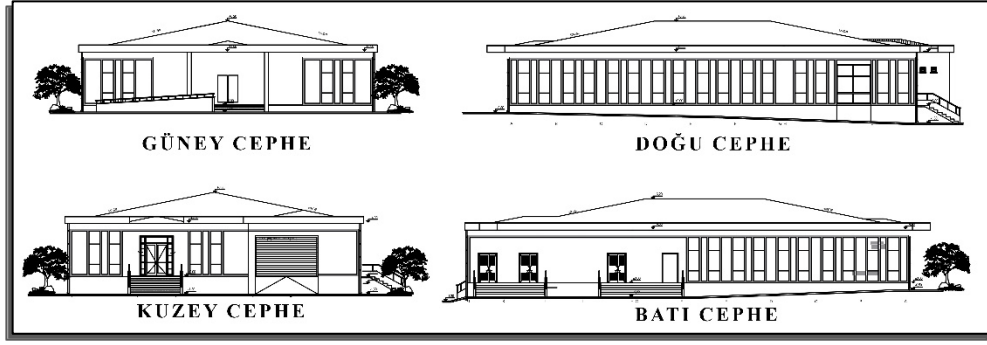


Şekil 4.2. Konya İsmil Aile Sağlığı Merkezi Zemin Kat Planı

Bina kabuğu incelendiğinde, yapı malzemesi olarak duvarda; bimsbeton tuğla ve taşıyıcı yalıtım malzemesi, çatıda; döşeme üzeri XPS yalıtım malzemesi, çelik çatı karkası üstü 5 cm kalınlığında sandviç çatı paneli, pencerelerde ise; ısı yalıtımlı alüminyum doğrama ve 4+12+4 mm kalınlığında ısı kontrollü çift cam kullanılmıştır. Çatı yüzeyinde açık, duvar yüzeylerinde ise daha koyu renkler tercih edilmiştir. Yüzeylerin dağılımı incelendiğinde opak yüzeyler baskın olarak görülmektedir. Mekânlar 80/150 cm boyutlarında 2 adet pencere ile aydınlatılmaktadır. Bina kabuğunda pencere açıklıklarının duvar yüzeyine göre hesaplanan saydamlık oranı %27'dir (Şekil 4.3 - Şekil 4.4).



Şekil 4.3. Konya İsmil Aile Sağlığı Merkezi Cephe Görselleri



Şekil 4.4. Konya İsmil Aile Sağlığı Merkezi Cephe Çizimleri

## 4.2. İsmil Aile Sağlığı Merkezine İlişkin Değişkenler

### Kullanıcıya İlişkin Değişkenler:

- Toplam kullanıcı sayısında sürekli değişkenlik olabilecek bir fonksiyona sahiptir.
- Sabit kullanıcılar ASM bölümünde hekimler, hemşireler ve görevlilerle birlikte 6-10 kişiden, 112 Acil bölümünde ise 3 kişiden oluşmaktadır.
- Gün içinde sürekli hasta sirkülasyonu bulunmaktadır. Hollerde bulunan kullanıcı sayısı değişkenlik göstermekte, farklı durumlara göre az veya çok yoğun olabilmektedir.
- Muayene odalarında ise kullanıcı sayısı 1 hekim, 1 hemşire ve 1 hasta olarak en fazla 3 kişi olarak belirlenmiştir.
- Sabit kullanıcıların iş kıyafetleri bulunmaktadır. Ancak kullanıcının konfor koşullarını olumlu veya olumsuz olarak etkilememektedir.

### İklimle İlişkin Değişkenler:

İsmil Aile Sağlığı Merkezi ılımlı-Kuru iklim bölgesinde bulunmaktadır. Bu bölgelerin denize sınırı olmamasından dolayı gece-gündüz ve mevsimsel sıcaklık farkları fazladır.

- **Güneş Işınımı:** Konya ilinde yıllık ortalama güneşlenme 2902.5 saattir. Bu miktar Türkiye ortalamasından da fazla olan bu miktar güneşten korunmanın gerekliliğini aynı zamanda en fazla faydalanabilecek enerji kaynağı olduğunu göstermektedir.
- **Dış Ortam Nemliliği:** Ilımlı-Kuru İklim bölgesi özelliği itibari ile yıl boyu nem oranı düşüktür. Neme karşı herhangi bir önlem alınmasına gerek olmamaktadır.

- **Dış Ortam Sıcaklığı:** Ilımlı kuru iklim bölgesinde bulunan İsmil yıllık ortalama sıcaklık değerleri Temmuz ayı için maks. 30 C° Ocak ayı için ise min. -4.2 C°'dir.
- **Hâkim Rüzgar:** Bölgede hakim rüzgar kuzeybatı yönünden esmektedir. Kış aylarında rüzgâr hızı artarak 14,3 km/s olabilmektedir. En sakin zamanlarda ise ortalama 11.3 km/s olarak ölçülmektedir. Bu değerler bölgenin yıl boyu rüzgâr aldığını göstermektedir.
- **İç İklimsel Değişkenler:** Sağlık yapıları standartlarına göre sağlık yapılarında muayene ve hasta odaları için optimum sıcaklık değerleri 21-24 C°'dir. İç ortam nem ve sıcaklıklarını kontrol etmek amaçlı herhangi bir mekanik sistem bulunmamaktadır. Kullanıcı ihtiyacına göre doğal havalandırma ile kontrol sağlanmaya çalışılmaktadır.

#### **Binaya İlişkin Değişkenler:**

- **Binanın bulunduğu yer:** İsmil ASM topoğrafik olarak eğimin az olduğu bir bölgede bulunmaktadır. Güneş ışınlamı ve rüzgâr korunumu için topoğrafik özellikler hiçbir şekilde kullanılamamaktadır.
- **Bina Formu:** Ilımlı-kuru iklim bölgesinde ısıtma dönemi 6-9 ay arasında değişmektedir. Isıtma ihtiyacı daha fazla olduğu için aynı zamanda ısı korunumunu sağlamak amacıyla kompakt form tercih edilmiştir.
- **Binanın Yönlendiriliş Durumu:** ASM bölümünde ısıtma ihtiyacı fazla olan muayene odaları batı ve doğu cephelerine yerleştirilmiştir. Bina girişi güney yönünden rüzgârlık ile korunarak verilmiştir. 112 Acil bölümünde ise personel odaları ve giriş kuzey yönüne yerleştirilmiştir.
- **Binanın Çevre İçerisinde Konumu:** İsmil'de bulunan ASM çevresinde yapılaşma genellikle tek katlıdır. Peyzaj içerisinde korunma sağlayacak kadar ağaçlandırma bulunmamaktadır. Çevresel etkenlere karşı herhangi bir fayda sağlayacak doğal veya yapay oluşum bulunmamaktadır.
- **Bina Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özellikleri:** Dış etkenlere karşı korunmak için bina dış duvarlarında 25 cm bimsbeton, 5 cm taş yünü kullanılmıştır. Kullanılan pencerelerde ise 4+12+4 mm olarak ısı kontrollü çift cam kullanılmıştır. Doğramalarda ise ısı yalıtımlı alüminyum doğramalar tercih edilmiştir. Bina kabuğunun opak ve saydam bileşenlerinden kazanılan ısı miktarının belirlenmesi gerekmektedir.

- **Mekân Organizasyonu:** Bekleme alanları ve holler bina merkezinde yer almaktadır. Bu mekânların doğal havalandırma ve aydınlatma için giriş cephesi dışında gerekli açıklıkları bulunmamaktadır. Muayene birimleri binanın batı ve doğu cephelerinde konumlandırılmıştır. 112 Acil biriminin ASM ile herhangi bir bağlantısı bulunmamaktadır ve kuzey cephede konumlandırılarak ASM ile ayrılmaktadır.

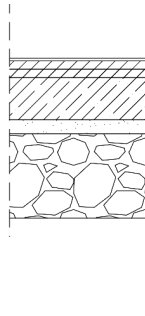
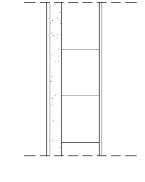
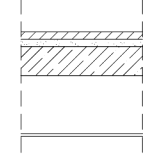
### 4.3. İsmil Aile Sağlığı Merkezi Enerji Analizi

Çalışmanın bu kısmında ASM'nin mevcut durumu ve iyileştirmeler sonrası etkilerin değerlendirilebilmesi için elde edilen analizlere yer verilmiştir. İlk olarak mevcut durum analizi üzerinden binanın yıllık enerji harcama miktarı, yıl içerisinde kullanılan mekânların sıcaklık değişimleri, mekânların doğal aydınlanma seviyeleri ve yapı kabuğunda oluşan ısı köprüleri elde edilmiştir.

Bu analiz sonuçlarının oluşması için bilgisayar programı üzerinde bazı temel veriler eklenmiştir. Bu veriler binanın yapı malzemeleri, bina kullanıcı profili, mekânların ısıtma soğutma ihtiyacı, mekânların kullanıcı yoğunluğundan oluşmaktadır.

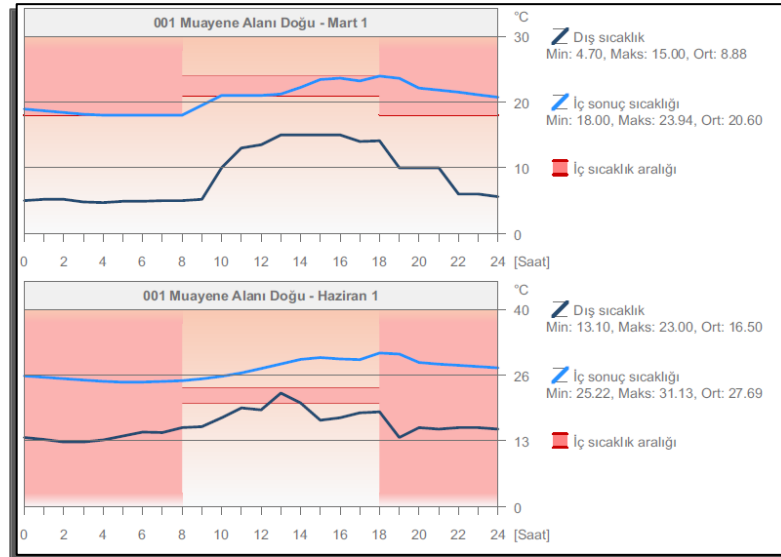
- Mekânların günlük kullanım zamanları olarak hafta içi 08.00-17.00 arası eklenmiş geri kalan saatlerde kapalı olarak gösterilmiştir.
- Muayene birimleri ve bekleme alanları için yıl içerisinde ısıtma ve soğutma dönemleri eklenmiştir. Bina üzerinde herhangi bir mekanik soğutma elemanı bulunmadığından soğutma doğal havalandırma ile sağlanmaktadır.
- ASM içerisinde bulunan muayene birimleri için 20-24°C sıcaklık değerleri hedef olarak belirlenmiştir. Sağlık yapıları özelinde bu değerlerin altına düşmesi veya üstüne çıkması durumunda sağlıklı ve konforsuz durumlar oluşacaktır.
- Yapı malzemeleri kapsamında projede belirtilen esaslara göre malzemelerin ısı iletkenlik, yoğunluk, ısı kapasitesi ve karbon ayak izi değerleri işlenmiştir (Tablo 4.1).
- ASM'de ısıtma için kullanılan kömürlü kazan ile çalışan kalorifer sistemi bulunmaktadır. Bu kazanın ısı üretim kapasitesi veri olarak eklenmiştir.

**Tablo 4.1.** Yapı malzemeleri ısı iletkenliği, yoğunluk, ısı kapasitesi ve karbon değerleri

Yapı Malzemeleri		Malzemeler	Isı İletkenliği (W/mK)	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Isı Kapasitesi (J/kgK)	Şekillendirilmiş Karbon (kgCO <sub>2</sub> /kg)
Zemin Döşemesi		PVC Döşeme Kaplaması (2 mm)	0.25 W/mK	1450 kg/m <sup>3</sup>	900 J/kgK	0.33 kgCO <sub>2</sub> /kg
		Şap (3 cm)	1.15 W/mK	1800 kg/m <sup>3</sup>	1000 J/kgK	0.11 kgCO <sub>2</sub> /kg
		Tesviye Betonu (3 cm)	2.30 W/mK	2300 kg/m <sup>3</sup>	1000 J/kgK	0.20 kgCO <sub>2</sub> /kg
		C30 Betonarme Döşeme (15 cm)	2.50 W/mK	2400 kg/m <sup>3</sup>	1000 J/kgK	0.24 kgCO <sub>2</sub> /kg
		Hasır Çelik	60.00 W/mK	7800 kg/m <sup>3</sup>	460 J/kgK	1.66 kgCO <sub>2</sub> /kg
		XPS Isı Yalıtımı (5 cm)	0.32 W/mK	30 kg/m <sup>3</sup>	1450 J/kgK	3.42 kgCO <sub>2</sub> /kg
		Toprak Dolgu	1.70 W/mK	900 kg/m <sup>3</sup>	1850 J/kgK	0.02 kgCO <sub>2</sub> /kg
Duvar		Kaba Sıva (2 cm)	0.80 W/mK	1600 kg/m <sup>3</sup>	1000 J/kgK	0.22 kgCO <sub>2</sub> /kg
		Bimsbeton Duvar (25 cm)	0.18 W/mK	850 kg/m <sup>3</sup>	1050 J/kgK	0.06 kgCO <sub>2</sub> /kg
		Kaba Sıva (2 cm)	0.80 W/mK	1600 kg/m <sup>3</sup>	1000 J/kgK	0.22 kgCO <sub>2</sub> /kg
		Taşyünü (8 cm)	0.04 W/mK	150 kg/m <sup>3</sup>	840 J/kgK	1.08 kgCO <sub>2</sub> /kg
Çatı Döşemesi		Şap (3 cm)	1.15 W/mK	1800 kg/m <sup>3</sup>	1000 J/kgK	0.11 kgCO <sub>2</sub> /kg
		XPS Isı Yalıtımı (5 cm)	0.32 W/mK	30 kg/m <sup>3</sup>	1450 J/kgK	3.42 kgCO <sub>2</sub> /kg
		Betonarme Döşeme (12 cm)	2.50 W/mK	2400 kg/m <sup>3</sup>	1000 J/kgK	0.24 kgCO <sub>2</sub> /kg

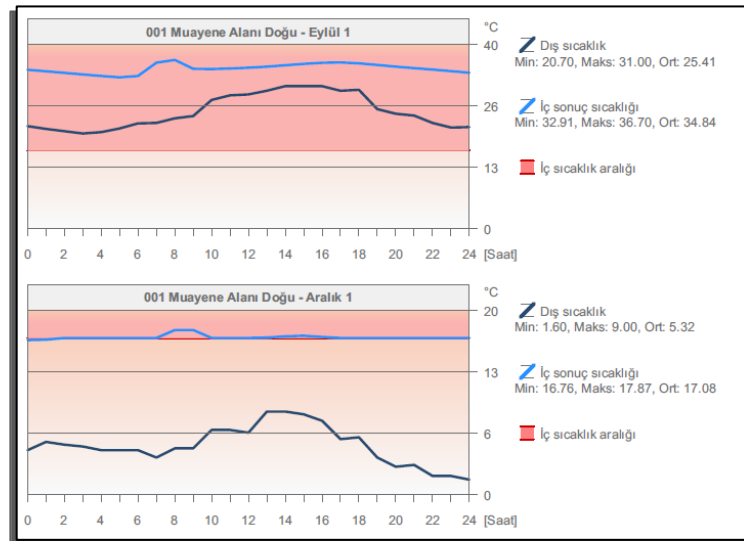
İsmil Aile Sağlığı Merkezi herhangi bir iyileştirme yapılmadan mevcut durumunu incelemek için farklı sıcaklık değerlerine sahip olan Mart, Haziran, Eylül ve Aralık ayları özelinde ortaya çıkan analizlere göre;

Mart ayı sıcaklık sonuçlarına göre muayene odaları çoğunlukla istenilen sıcaklık olan 20-24°C arasında kalmıştır. Haziran ayı sıcaklık sonuçları incelendiğinde ortalama sıcaklığın 31°C'lere ulaşarak istenilen aralığın dışında kaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Konya İsmil Aile Sağlığı Merkezi Mart ve Haziran Ayı Muayene Odaları Sıcaklık Analizi

Eylül ayı muayene birimi sıcaklık değerleri incelendiğinde iç mekân sıcaklığının  $36.70^{\circ}\text{C}$  ortalama ile istenilen aralığın dışında kaldığı gözlemlenmiştir. Aralık ayı sıcaklık değerleri incelendiğinde ise muayene birimlerinin sıcaklığı  $17.87^{\circ}\text{C}$  ile istenilen aralığın altında kalmaktadır (Şekil 4.6).



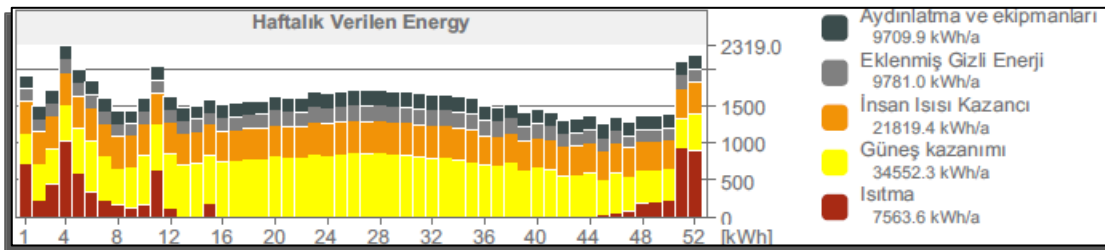
Şekil 4.6. Konya İsmil Aile Sağlığı Merkezi Eylül ve Aralık Ayı Muayene Odaları Sıcaklık Analizi

İsmil Aile Sağlığı Merkezi yıllık elektrik ve kömür harcama miktarları incelendiğinde toplam 28 MWh/a elektrik enerjisi ve 36 MWh/a denk gelen kömür harcanmıştır (Şekil 4.7).

Kaynak tipi	Enerji				CO <sub>2</sub> Emisyonu kg/a
	Kaynak İsmi	Nicelik MWh/a	Birincil MWh/a	Tutar TRY/a	
Fosil	Kömür	30	36	--	8782
İkincil	Elektrik	9	28	25119	2295
Toplam:		<b>39</b>	<b>65</b>	Uygun Değil	<b>11078</b>

Şekil 4.7. Konya İsmil Aile Sağlığı Merkezi Yıllık Enerji Kaynakları Harcama Miktarı

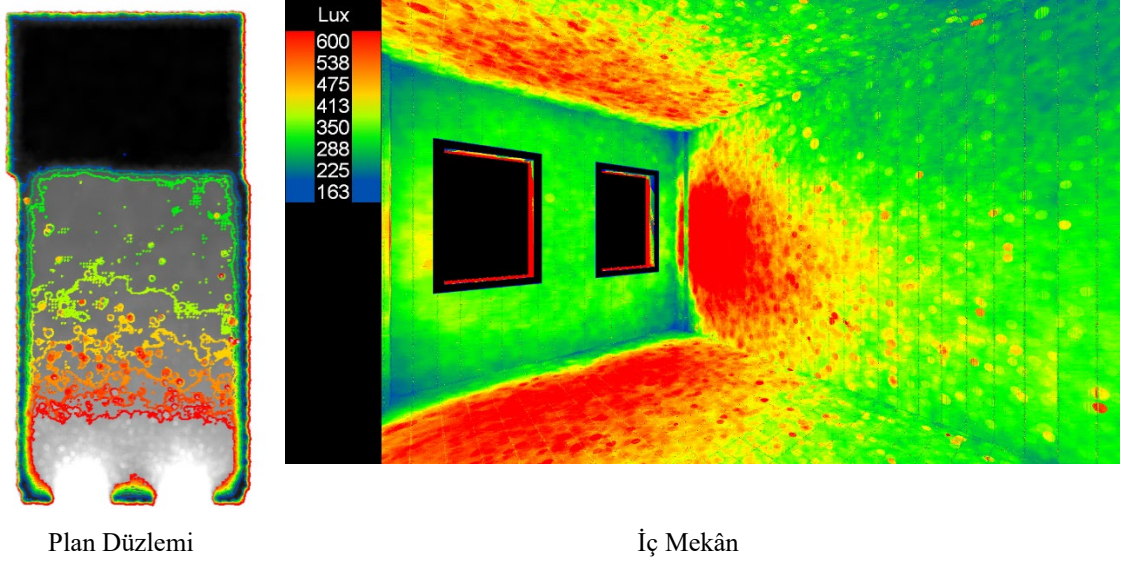
İsmil ASM'nin haftalık herhangi bir gölgeleme unsuru olmadan binanın yüzey alanına göre hesaplanan güneş ışımasını incelendiğinde, yılsonunda 34.552 kWh/a'ya kadar enerji kazanımı elde edebileceği tahmin edilmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Konya İsmil Aile Sağlığı Merkezi Enerji Kazanımı

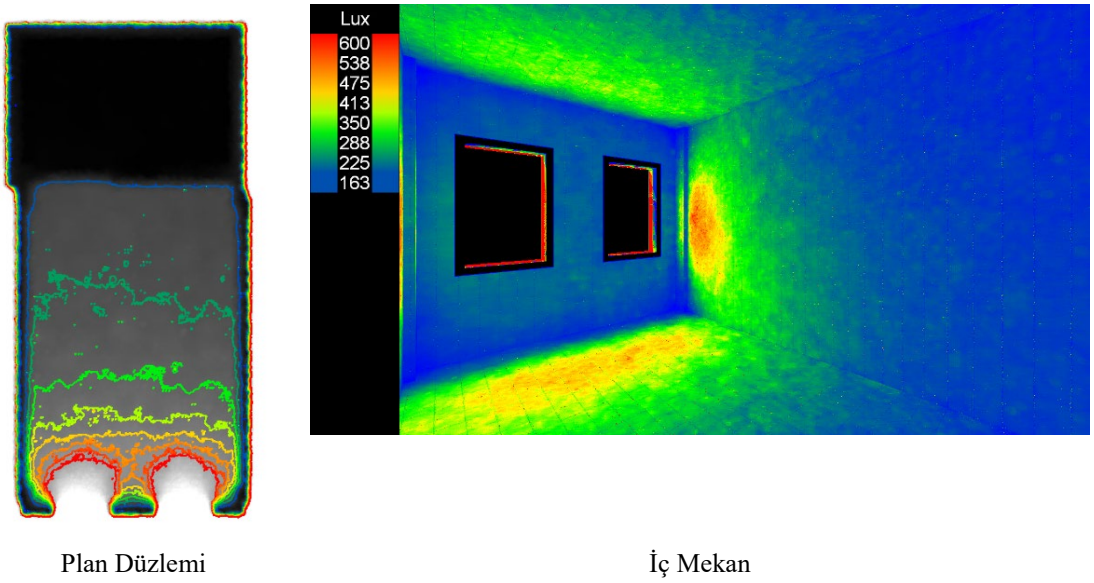
Enerji analizinin devamında ASM'nin gün ışığı analizi yapılarak muayene alanlarının doğal aydınlanma durumları ölçülmüştür. Velux programı üzerinden yapılan bu analizlerde yaz dönemi olarak Temmuz ayı öğlen saatleri, kış dönemi olarak Aralık ayı öğlen saatleri seçilmiştir.

Mevcut ASM binası üzerinden Temmuz ayı için yapılan analizlere göre muayene birimlerinin mekân içinde doğal aydınlanma seviyesi ortalama 250-400 lux olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Mevcut Durum Muayene Birimi Temmuz Ayı Doğal Aydınlanma Seviyesi

Aynı muayene birimi için Aralık ayına göre yapılan gün ışığını analizlerine göre mekân içerisindeki doğal aydınlık seviyesi 160-350 lux arasında kalmaktadır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Mevcut Durum Muayene Birimi Aralık Ayı Doğal Aydınlanma Seviyesi

ASM içerisinde mekânların yapay aydınlatmaları için 60x60 cm ölçülerinde 36W Led armatürler kullanılmaktadır. ASM kullanıcıları olan doktor ve hemşireler ile yapılan görüşmeler neticesinde kullanıcı deneyimine bağlı olarak gün içinde muayene biriminin yeterli doğal aydınlatmaya sahip olmadığı bu sebepten yapay aydınlatma elemanlarının gün içerisinde de kullanıldığı tespit edilmiştir.

Ek olarak mekân içerisinde yazıcı ve bilgisayar gibi elektrikli eşyalar bulunmaktadır. Bu eşyalar ve led armatürlerin yıllık elektrik harcanma miktarına eklenebilmesi için her m<sup>2</sup>'ye 5 W olacak şekilde veri girişi yapılmıştır.

Yapılan analizlerin sonucunda genel olarak İsmil Aile Sağlığı merkezi yıllık 28000 kWh/a elektrik enerjisi ve 36000 kWh/a miktarında fosil yakıt harcamaktadır. Yılın en soğuk ve en sıcak dönemlerinde iç mekân sıcaklığını istenilen değerler arasında olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca mekanların uygun çalışma ortamı için gerekli olan 500 lux seviyesinde doğal aydınlatmaya sahip olmadığı anlaşılmaktadır (Tablo 4.2).

**Tablo 4.2.** İsmil Aile Sağlığı Merkezi mevcut Durum Analiz Sonuçları

ANALİZLER		MEVCUT DURUM ANALİZ SONUÇLARI
İç Mekan Sıcaklık Değerleri (İstenilen Değer 20-24 °C Aralığı)	MART	20.60 °C
	HAZİRAN	27.69 °C
	EYLÜL	36.70 °C
	ARALIK	17.87 °C
Muayene Odaları Doğal Aydınlanma Seviyeleri	TEMMUZ	325 Lux
	ARALIK	255 Lux
HARCANAN FOSİL YAKIT MİKTARI		36000 kWh/a
HARCANAN ELEKTRİK ENERJİSİ		28000 kWh/a
ÜRETİLEN ELEKTRİK ENERJİSİ		0 kWh/a

#### 4.4 İsmil Aile Sağlığı Merkezi İyileştirme Önerilerine İlişkin Enerji Analizi

Mevcut Aile Sağlığı Merkezi üzerinden yapılan analizler sonuçları doğrultusunda yapı kabuğu iyileştirmeleri, doğal enerji kaynakları eklemesi ve saydam yüzey iyileştirmeleri yapılarak, gereksiz enerji harcanmasını engelleyen, kendi enerjisini üretebilen ve konfor ortamını oluşturabilen bir ASM hedeflenmiştir. Bu kapsamda bina üzerinde pasif ve aktif sistemler ile iyileştirme önerileri getirilerek yeniden analizi yapılmış ve karşılaştırılmalı değerlendirilmiştir.

İsmil Aile Sağlığı Merkezi'ne yapılan pasif ve aktif iyileştirmeler binaya bir ek olarak ilerleyen süreçte yapılabilmesini kapsayan hafif iyileştirmeler ile yapı kabuğunu tamamen değiştirmek, bina yönünü yeniden ayarlamak gibi tasarım aşamasında karar

verilmesi gereken iyileştirmeler olarak kendi içlerinde ayrılmaktadır. Tasarım aşamasında verilmesi gereken bu iyileştirmeler renovasyon çalışması kapsamında mevcut yapı üzerinde de yapılabilmektedir. Ancak mevcut binanın yeni yapılmış olması ve renovasyon maliyetlerinin fazla olması sebebi ile kapsamlı hesaplamalar yapılması gerekmektedir.

#### 4.4.1. İsmil Aile Sağlığı Merkezi Pasif Sistem İyileştirme Önerileri

Yapılan iyileştirmeler kapsamında ilk olarak bina kabuğunu oluşturan malzemeler ele alınmıştır. Mevcut ASM üzerinde TS 825 standartlarına uygun malzemeler kullanılmıştır ancak standartlar bina ihtiyacını minimum seviyede karşılamaktadır. Pasif sistemlere dahil olan bina kabuğu malzemelerinin daha ekolojik ve ısı geçirgenlik gibi değerleri daha iyi olan seçenekleri tercih edilerek bina performansının artırılması gerekmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda bina kabuğunda kullanılan 3 ana malzemede değişiklik yapılarak iyileştirme yapılmıştır. Bu malzemeler cephede bulunan duvar ve taş yünü malzemeleri ile birlikte zemin ve çatı döşemesinde kullanılan XPS'lerden oluşmaktadır.

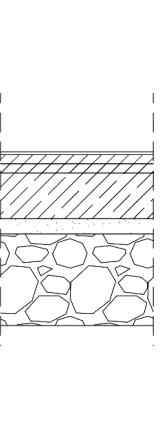
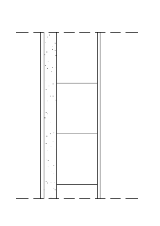
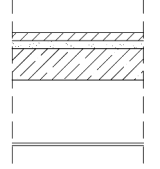
ASM cephesinde kullanılan bimsbeton duvar tuğlası poz özelliklerine göre 600-900 kg/m<sup>3</sup> arasında yoğunluğa sahip 0.18 W/mK ısı iletkenliği olan yapı malzemesidir. Bu malzeme yerine gazbeton tercih edilmiştir. Genel araştırmalara göre gazbetonlar 0.09-0.13 W/mK arasında olduğu tespit edilmiştir. 25 cm genişliğinde ve yalıtım kalitesi iyi bir gazbeton tercih edildiğinde ise ısı iletkenlik değeri 0.096 W/mK olan seçeneklere ulaşılabilir (URL-13).

Mevcut duvar yüzeyinde kullanılan 8 cm kalınlığında min. 120 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda olan taş yününün ısı iletkenlik değeri 0.040 W/mK olarak belirlenmiştir. Hammaddesi volkanik kayalar olan taş yünü hâlihazırda çevre dostu bir malzemedir. Yapılan araştırmalara göre ısı iletkenlik değeri 0.032 W/mK 'ye kadar düşen seçenekleri bulunmaktadır (URL-14). Ulaşılabilirliği de düşünülerek en düşük değere sahip olan seçenek tercih edilmiştir.

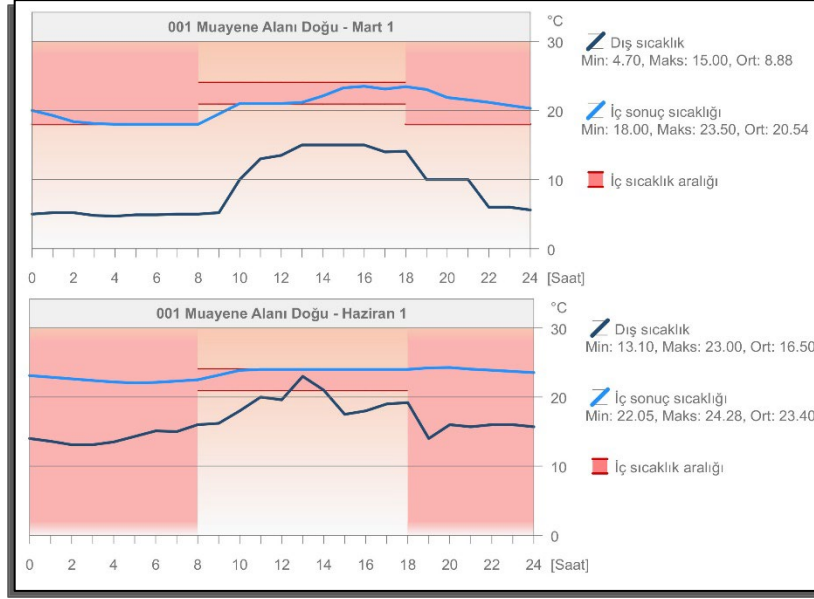
Mevcut yapıda zemin ve çatı döşemelerinde 5 cm kalınlığında 300kPa basınç dayanımlı XPS malzeme kullanılmıştır. İyileştirme kapsamında benzer ısı iletkenlik seviyesine sahip ancak üretim şekli farklı olan karbon katkılı EPS kullanılması tercih edilmiştir. EPS levhaları da XPS gibi petrol türevli olsa da %98 hava %2 Polistren malzemedir. Daha az hammadde kullanılmakta ve ısıyı daha fazla hapsedebilme özelliklerine sahiptir (URL-15). İyileştirme kapsamında yapılan

analizlerde 0.032W/mK ısı iletkenlik değerine sahip EPS malzemesi veri olarak girilmiştir (Tablo 4.3).

**Tablo 4.3.** Yeni yapı malzemeleri ısı iletkenliği, yoğunluk, ısı kapasitesi ve karbon değerleri

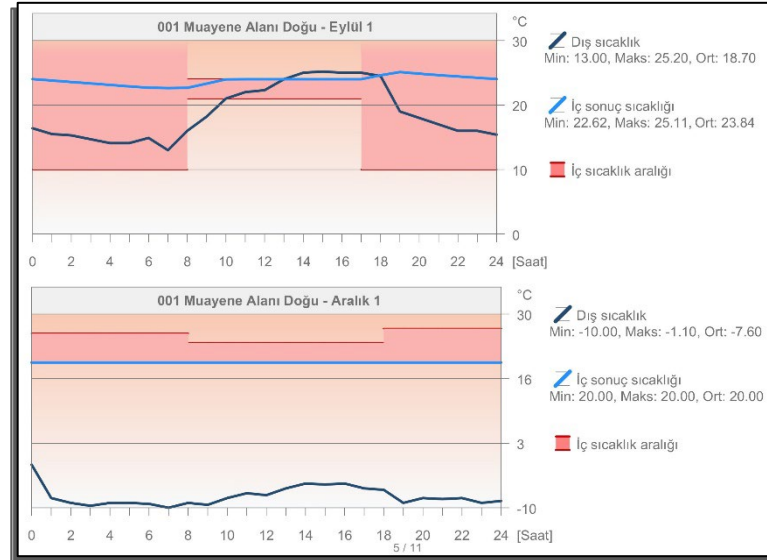
Yapı Malzemeleri		Malzemeler	Isı İletkenliği (W/mk)	Yeni Isı İletkenliği (W/mk)
Zemin Döşemesi		PVC Döşeme Kaplaması (2 mm)	0.25 W/mK	0.25 W/mK
		Şap (3 cm)	1.15 W/mK	1.15 W/mK
		Tesviye Betonu (3 cm)	2.30 W/mK	2.30 W/mK
		C30 Betonarme Döşeme (15 cm)	2.50 W/mK	2.50 W/mK
		Hasır Çelik	60.00 W/mK	60.00 W/mK
		XPS → EPS Isı Yalıtımı (5 cm)	0.32 W/mK	0.03 W/mK
		Toprak Dolgu	1.70 W/mK	1.70 W/mK
Duvar		Kaba Sıva (2 cm)	0.80 W/mK	0.80 W/mK
		Bimsbeton → Gazbeton Duvar (25 cm)	0.18 W/mK	0.10 W/mK
		Kaba Sıva (2 cm)	0.80 W/mK	0.80 W/mK
		Taşyünü (8 cm)	0.04 W/mK	0.03 W/mK
Çatı Döşemesi		Şap (3 cm)	1.15 W/mK	1.15 W/mK
		XPS → EPS Isı Yalıtımı (5 cm)	0.32 W/mK	0.03 W/mK
		Betonarme Döşeme (12 cm)	2.50 W/mK	2.50 W/mK

Yapılan iyileştirmeler sonrasında alınan analiz değerlerine göre Mart ayı muayene birimleri iç mekân sıcaklıkları 20.54°C ortalama ile istenilen değerler arasında kalmıştır. Benzer bir şekilde Haziran ayı muayene birimi iç mekân sıcaklık ortalaması 23.40°C ile istenilen sıcaklık değerlerini korumuştur (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Konya İsmil Aile Sağlığı Merkezi iyileştirme sonrası Mart ve Haziran Ayları sıcaklık analizi

Yapılan iyileştirmeler sonucunda yapılan analizlere göre muayene birimleri iç mekan sıcaklıkları Eylül ayı 23.84°C ile Aralık ayı ise 20°C ile istenilen sıcaklık değerleri arasında kalarak iç mekan konforunu sağlamaktadırlar (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Konya İsmil Aile Sağlığı Merkezi iyileştirme sonrası Haziran ve Aralık Ayları Sıcaklık Analizi

İyileştirme sonrası harcanan toplam enerji miktarları kontrol edildiğinde fosil yakıt tüketiminin 36 MWh/a'dan 28 MWh/a'ya toplamda 8 MWh/a düştüğü gözlemlenmiştir. Yaklaşık %22 (Oluşan yakıt farkının ilk yakıt harcama miktarına oranı) olan bu düşüş ile kömür tüketimi azaltılmış, gereksiz enerji ve çevreye verilen zarar

engellenmiştir. Analiz sonucunda harcanan elektrik miktarında bir değişiklik olmamıştır (Şekil 4.13).

Kaynak tipi	Enerji				CO <sub>2</sub> Emisyonu kg/a
	Kaynak İsmi	Nicelik MWh/a	Birincil MWh/a	Tutar TRY/a	
Fosil	Kömür	23	28	--	6925
İkincil	Elektrik	9	28	25119	2295
Toplam:		<b>33</b>	<b>57</b>	Uygun Değil	<b>9221</b>

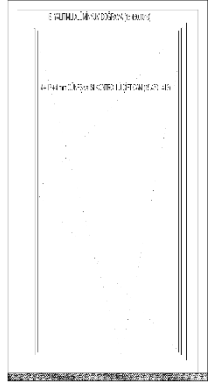
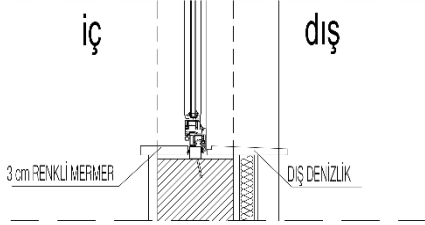
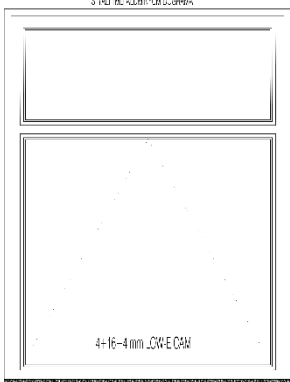
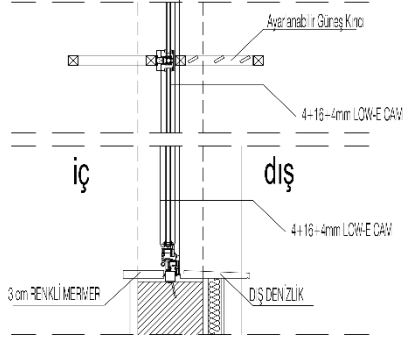
**Şekil 4.13.** Konya İsmil Aile Sağlığı Merkezi İyileştirme Sonrası Yıllık Enerji Kaynakları Harcama Miktarı

Saydam yüzeylerde yapı kabuğunun bir diğer önemli parçasıdır. İsmil Aile Sağlığı Merkezi'nin pencere açıklıklarının duvar yüzeyine oranı olan saydamlık oranı %27 olarak hesaplanmaktadır. Mevcut projede 4+12+4mm ısı ve güneş kontrollü pencere sistemleri kullanılmıştır. Bu değerler ısı kontrollü sistemler için minimum değerlerdir. Bina kullanıcılarını istenmeyen güneş ışınımından korumak, gereksiz ısınmayı engellemek veya kışın ısı kaybını önlemek için saydam yüzeylerinde doğru tercih edilmesi gerekmektedir. Cam türünde birçok ısı ve güneş kontrollü seçenek bulunmaktadır. Ilımlı kuru iklim bölgesi özelinde kışın ısı kaybını önlemek isterken yazın güneş ışınımından kaçınmak gerekmektedir. Piyasada bulunan farklı çeşitlerde Low-E camlar bu ihtiyaçları karşılamak için üretilmiştir. İyileştirme kapsamında tercih edilen pencere sistemlerinde 4+16+4mm argon gazı doldurulmuş kaplamalı Low-E camlar tercih edilmiştir. Normal pencere sistemlerinde U değeri 2.8 W/mK miktarına kadar yükselirken Low-E camlarda bu değer 1.1 W/mK seviyelerine düşmektedir (Tablo 4.3).

İsmil Aile Sağlığı Merkezi iyileştirmelerinde bir diğer öneri ise saydam yeniden düzenlenmesi olmuştur. Mevcut bina sisteminde bina içerisindeki mekânlara 2 adet 80/150 cm ölçülerinde pencere tasarlanmıştır. Ancak herhangi bir güneş kontrolü bulunmayan bu pencereler yaz döneminde güneş ışınımından korunamadığı için bir örtücü ile kapalı tutulmaktadır. Kış döneminde ise pencere boyutlarının yetersiz kalması ile gerekli güneş ışınımı sağlanamamaktadır. Bu sebepten dolayı çalışma mekânlarında sürekli olarak yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca mevsimsel geçişlerde yetersiz kalan saydam yüzeyler ısıtma ve soğutma yükünü artırarak enerji harcanmasına sebep olmaktadır. Bu sorunlardan dolayı mevcut sistemde olan 80/150 cm ölçülerinde 2 adet pencere yerine 160/210 cm ölçülerinde güneş kırıcı sistemli her mekan için tek adet

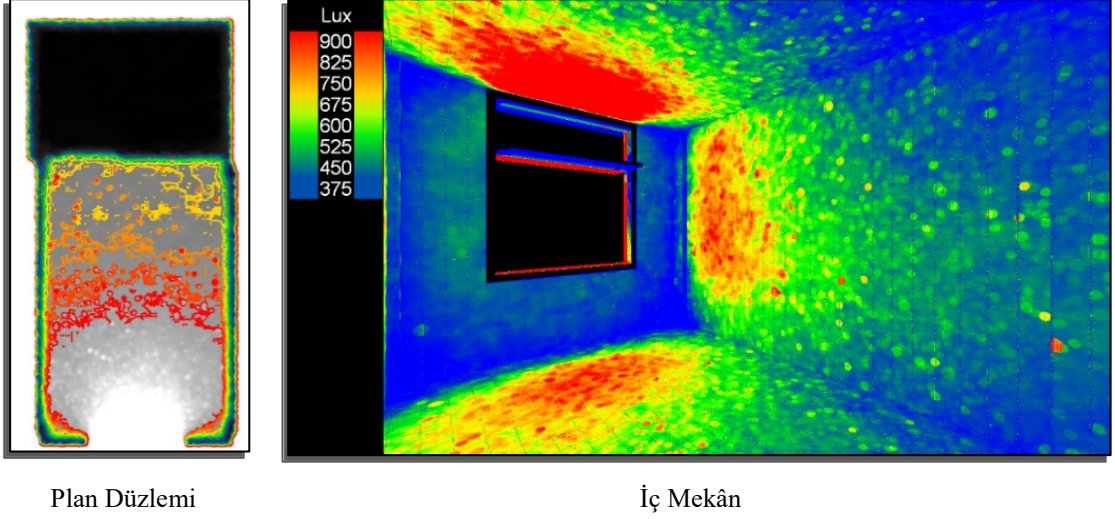
pencere sistemi getirilmiştir. Isı kaybını ve gereksiz ısınmayı önlemek amaçlı Low-E cam sistemi ve güneş kırıcı eleman tercih edilmiştir (Tablo 4.4).

**Tablo 4.4.** İsmil Aile Sağlığı Merkezi Mevcut ve Yeni Pencere

MEVCUT PENCERE - 80/150 - 4+12+4mm - Hava Boşluklu - Isı ve Güneş Kontrollü Cam			
Görünüş		Kesit	
			
Toplam Güneş İletimi	Doğrudan Güneş İletimi	Cam Yüzey U Değeri	Opak Yüzey U Değeri
86%	75%	2.99 W/m <sup>2</sup> K	2.9 W/m <sup>2</sup> K
ÖNERİ PENCERE - 160/210 - 4+16+4mm - Argon Gazlı - Low-E Cam			
Görünüş		Kesit	
			
Toplam Güneş İletimi	Doğrudan Güneş İletimi	Cam Yüzey U Değeri	Opak Yüzey U Değeri
79%	55%	1.10 W/m <sup>2</sup> K	2.90 W/m <sup>2</sup> K

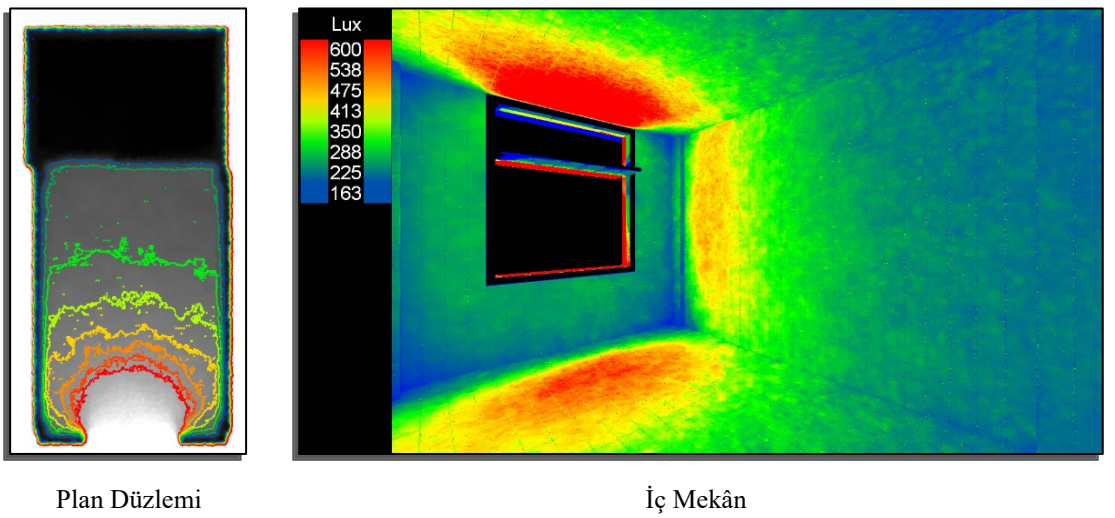
Velux üzerinden yapılan gün ışığı analizinde istenilen değer olan 500 lux yeşil – mavi arası renkler ile belirtilmiştir. İyileştirme sonrası yapılan Temmuz ayı güneş ışınımı analizine göre çalışma ortamında istenilen değer olan 500 lux değerinin mekânın büyük çoğunluğuna rahatlıkla ulaşabildiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.14). Aynı zamanda tek

pencere sistemi ile birlikte eklenen güneş kırıcı sistem sayesinde rahatsız edici parlamanın önüne geçilmiş ve güneş ışınları tavan yüzeyine yansıtılarak mekânın daha aydınlık olması sağlanmıştır. Bu sayede muayene biriminin yaz döneminde yapay aydınlatma ihtiyacı azaltılmış aynı zamanda istenmeyen güneş ışınlarında korunarak gereksiz ısınma ve kamaşmadan korunmuştur.



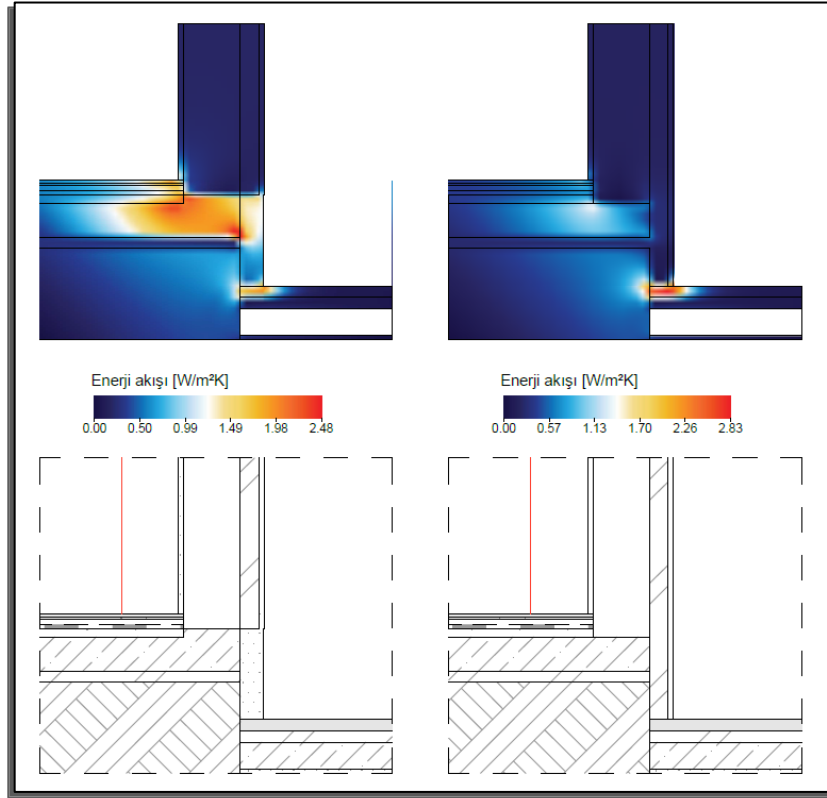
Şekil 4.14. Muayene Birimi İyileştirme Sonrası Temmuz Ayı Doğal Aydınlanma Seviyesi

İyileştirmeler ile birlikte yapılan analizler sonucunda Aralık ayı çalışma ortamının 375-525 lux seviyelerinde olduğu gözlemlenmiştir. Bu sayede gün içinde yapay aydınlatma ihtiyacı azaltılacaktır. Tek pencere açıklığı ile mekân içerisinde gün ışığının daha homojen dağıldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Muayene Birimi İyileştirme Sonrası Aralık Ayı Doğal Aydınlanma Seviyesi

Mevcut bina üzerinde iyileştirmeler eklense de bina kabuğunda ısı kaçıışı olması büyük enerji kayıplarına yol açabilmektedir. Malzeme tercihleri kararlaştırıldıktan sonra uygulama detayları kontrol edilmelidir. En çok ısı kaçıışı olabilecek noktalar üzerinde analiz yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda ASM'nin mevcut projesi incelenmiş ve duvar yüzeyinde devam eden yalıtımın su basman seviyesinde devam etmediği tespit edilmiştir. Mevcut proje doğrultusunda hazırlanan detaylar sonucunda duvar döşeme birleşiminde ısı köprüsü oluştuğu görülmüştür. Isı köprüsünün oluşma sebebinin duvar yüzeyinde olan taş yünü yalıtım levhasının zemine kadar devam etmemesinden kaynaklı olduğu anlaşılmıştır. İyileştirme sonucu su basman seviyesi boyunca taş yünü devam ettirilmiş bu sayede ısı köprüsü oluşma ihtimalinin önüne geçilmiştir (Şekil 4.16).



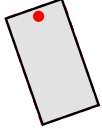
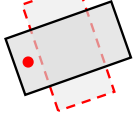
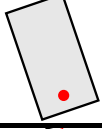
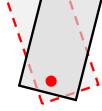


Şekil 4.16. Muayene birimi detay noktası ısı köprüsü oluşumu

Pasif iyileştirme önerileri kapsamında yapılmış olan son analiz ise tasarım aşamasında karar verilmesi gereken bina yönlenme analizidir. Bu analiz kapsamında mevcut binanın yönelişi ve mekânların ihtiyaçlarına göre yönelimin farklarının ne olacağı ortaya çıkartılmıştır. Mevcut projede giriş güney cepheden verilerek 112 acil birimi kuzeye yönlendirilmiştir. Muayene birimlerinin ise bir kısmı sadece batı yönü bir kısmı ise sadece doğu yönünde bulunmaktadır. Yapılan analizler sonucunda ise mevcut

yerleşimin en iyi seçeneklerden birisi olduğu ancak  $10^\circ$ 'lik bir açı ile %10'a kadar enerji tasarrufu yapılabileceği tespit edilmiştir (Tablo 4.5).

**Tablo 4.5.** İsmil Aile Sağlığı Merkezi farklı yönelimlere göre enerji harcamaları

 Bina Girişi Mevcut Bina	 K	Bina Yönlenmesine Göre Harcanan Enerji Miktarı	
Kuzeye Göre Bina Açısı	Mevcut Binaya Göre Açı	Bina Yönelimi	Yıllık Harcanan Isıtma Enerjisi
186°	180°		60.69 kWh/m <sup>2</sup> a
276°	90°		58.95 kWh/m <sup>2</sup> a
6°	0°		52.10 kWh/m <sup>2</sup> a
354°	12°		46.61 kWh/m <sup>2</sup> a

#### 4.4.2. İsmil Aile Sağlığı Merkezi Aktif Sistem İyileştirme Önerileri

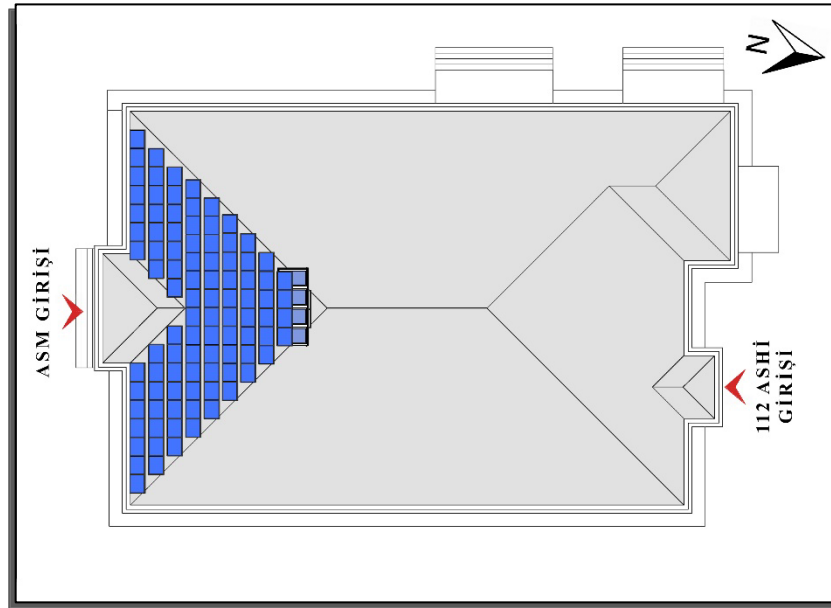
Yeni teknoloji ile birlikte eklenebilecek birçok aktif sistem bulunmaktadır. Yenilenebilir enerji sistemleri, enerji tasarruflu aydınlatma ve iklimlendirme sistemleri gibi birçok iyileştirme yöntemi bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında iyileştirme önerisi olarak güneş enerjisinden yararlanmak için fotovoltaik paneller ve güneş toplayıcı sistemler tercih edilmiştir.

Binanın normal kullanım sürecinde de rahatlıkla eklenebilecek bu iyileştirme ile gün boyu aktif olan elektrikli eşyalar ve yapay aydınlatma elemanları için gerekli olan enerjinin sağlanması planlanmaktadır. Ek olarak 112 Acil biriminin sürekli olarak ihtiyaç duyduğu sıcak su iyileştirme kapsamında olan güneş toplayıcılar ile karşılanması planlanmaktadır.

Fotovoltaik paneller en doğru kurulumda bile %100 verimlilikle çalışmamaktadır. Panellerin yerleşimleri için öncelikle bina ihtiyacı belirlenmekte sonrasında ise güneşlenme için uygun yüzeyler tespit edilerek montajı yapılabilmektedir. Binanın panel ihtiyacı günlük enerji ihtiyacının, bir panelin günlük üretim miktarına oranı ile

bulunabilmektedir. Bir panelin elektrik üretim miktarı ise güneşlenme süresine bağlı olarak değişebilmektedir. Konya yıllık toplam güneşlenme süresi 2900.5 saat ile birçok ilden önde gelmektedir. Bu kapsamda saatlik 200 W üretebilen bir fotovoltaik panel yılda 580 kWh enerji üretebilmektedir. Fotovoltaik panellerde en fazla %80'e kadar verim olduğu hesaplandığında ise bu miktar 464 kWh'e denk gelmektedir. İsmil Aile Sağlığı Merkezi'nin ihtiyacı olan 28000 kWh ile kıyaslandığında ise en az 60 m<sup>2</sup> fotovoltaik panel ile bütün binanın elektrik ihtiyacı karşılanabilmektedir.

Fotovoltaik panel yerleşimi için güney cephe tercih edilerek bulunulan bölgenin enlemine göre panellerin eğimlerinin ayarlanması gerekmektedir (Dağıtmaç, 2014). 37° enleminde bulunan Konya için fotovoltaik paneller 36° eğim ile yerleştirilmiştir. Çatı yüzeyine uygun açıyla yerleştirilen fotovoltaik paneller toplamda 78.4 m<sup>2</sup> yüzey alanına sahiptir (Şekil 4.17). Bu kapsamda m<sup>2</sup> başına 464 kWh enerji üretildiği düşünüldüğünde toplamda yıllık 36300 kWh miktarında elektrik üretimine ulaşılmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre binanın bütün elektrik ihtiyacı karşılanabilmektedir.

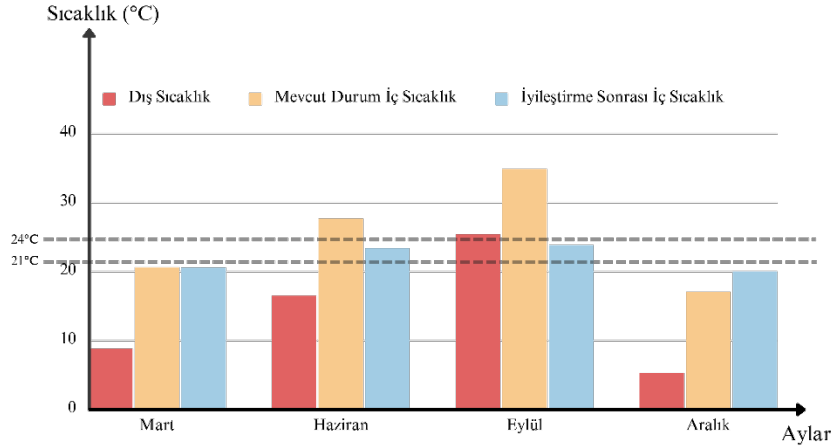


Şekil 4.17. Konya İsmil Aile Sağlığı Merkezi Fotovoltaik Panel ve Güneş Toplayıcıların Yerleşimi

#### 4.5. Yapılan Analizlerinin Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi

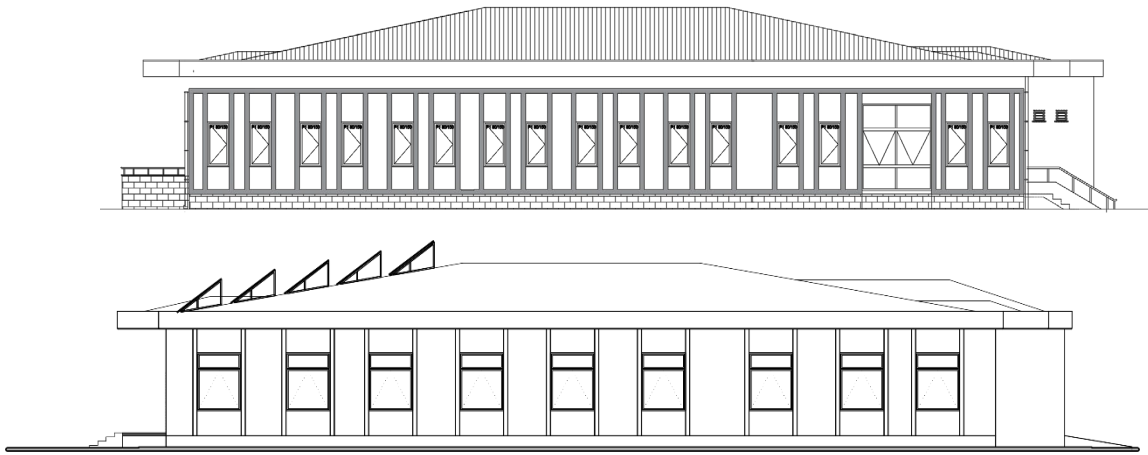
Mevcut ASM enerji analizleri incelendiğinde birimlerin dönemlerinde istenilen 20-24°C sıcaklık değerlerini koruyamadığı yapı kabuğu malzemelerinin yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Yapı kabuğunda kullanılan malzemeler U değerleri daha iyi olan alternatifleri ile değiştirilerek bina performansının artırılması sağlanmıştır. Yeni

hesaplanan değerlere göre mart, haziran, eylül ve aralık aylarının hepsinde iç mekân sıcaklık değerinin istenilen 20-24°C arasında kaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.18).

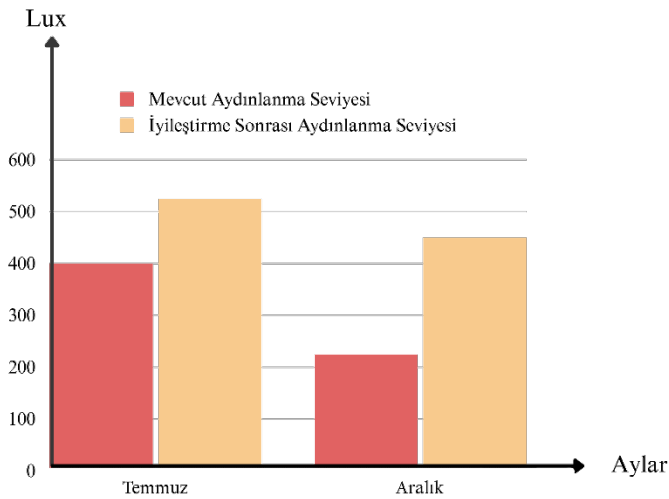


**Şekil 4.18.** Muayene birimi iç mekân sıcaklıklarını karşılaştırılması

Mevcut bina kabuğunda 80/150 cm pencere sistemi ile tasarlanan saydam yüzeyler sebebi ile doğal aydınlatmanın yetersiz kalarak gün içinde yapay aydınlatma ile gereksiz enerji harcandığı belirlenmiştir. Bu analizlere yönelik yapılan iyileştirme önerisi ile birlikte saydam yüzey tasarımında çift pencere sistemi yerine 160/210 cm ölçülerinde güneş kırıcılı tek pencere sistemi ile güncellenmiş, pencere sistemlerinin enerji korunumu artırılmıştır (Şekil 4.19). Bu sayede hem kış dönemi hem de yaz dönemi mekân içerisinde doğal aydınlatma rahatlıkla sağlanarak yapay aydınlatmanın oluşturduğu gereksiz enerji harcanması azaltılmıştır (Şekil 4.20). Aynı zamanda pencerelerdeki hava boşluğu yerine argon gazı tercih edilmiş, boşluğun kalınlığı artırılarak ısıнын korunumu sağlanmış ve kaplamalı cam tercih edilerek seçici geçirgen hale getirilmiştir. Bu sayede yüksek enerji performansı olan camlar ile birlikte bina enerji korunumuna katkıda bulunulmuştur.



Şekil 4.19. İsmil Aile Sağlığı Merkezi İyileştirme Öncesi ve Sonrası Doğu Cephesi



Şekil 4.20. Muayene odaları iyileştirme öncesi ve sonrası aydınlık düzeyleri

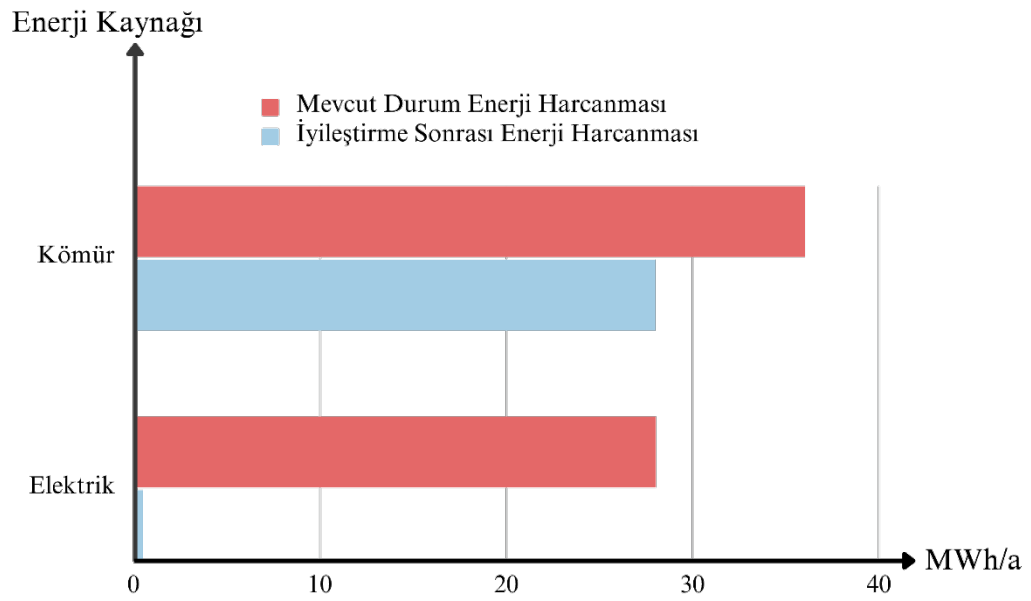
Binada su basman seviyesinde duvar ve zemin döşemesinin birleşim detayı ısı köprüsü oluşmasına sebep olmaktadır. Isı köprüsü oluşan birleşim noktalarında duvar yüzeyinde kullanılan yalıtım malzemeleri su basman yüzeyinde de devam ederek çözüm oluşturulmuş ve ısı geçişi engellenmiştir.

Mevcut binanın yıllık 28.000 kWh/a elektrik enerjisi, 36.000 kWh/a fosil yakıt harcadığı aynı zamanda yıllık 2900.5 saat güneşlenme süresinden faydalanabileceği hesaplanmıştır. Binanın çatı yüzeyinde yıl boyu faydalanabilmek için fotovoltaik panel yerleşimi yapılmıştır. ASM'nin tüm elektrik ihtiyacına göre hesaplamalar yapıldığında 60 m<sup>2</sup> panel yerleşimi ile üretilen 30.000 kWh/a'nın yeterli olduğu görülmektedir. Çatı yüzeyi incelendiğinde güney cephenin yerleşim için uygun olduğu ve 78.4 m<sup>2</sup> yerleşime elverişli olduğu tespit edilmiştir. Bu yerleşim ile birlikte m<sup>2</sup> başına 464 kWh enerji

üretilecek yıllık toplam 36300 kWh miktarında elektrik üretimine ulaşılmaktadır. Bu kapsamda elde edilen enerjinin çevre aydınlatması ve şebekeye geri iletim şeklinde kullanılması ile birlikte enerji tasarrufu ve korunumu sağlanmıştır.

Bina yönlendiriliş durumu analiz edildiğinde ise alternatif yönelimlere göre mevcut yerleşim durumunun en iyi seçeneğe en yakın sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Bu iyileştirmelerle birlikte bina fosil yakıt tüketimi %22 oranında azaltılmıştır. Elektrik tüketimi ise tamamen fotovoltaik panellerden sağlanabileceği öngörülmektedir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. ASM iyileştirme öncesi ve sonrası aydınlık düzeyleri

Yapılan iyileştirmeler mevcut durum ile karşılaştırıldığında binanın enerji korunumunun arttığı ve iç mekân konfor ortamını sağlayan değerlere ulaşılabildiği belirlenmiştir. (Tablo 4.6).

**Tablo 4.6. ASM Mevcut Durum ve İyileştirme Sonrası Analiz Değerleri**

ANALİZLER		MEVCUT DURUM ANALİZ SONUÇLARI	İYİLEŞTİRME SONRASI ANALİZ SONUÇLARI
İç Mekan Sıcaklık Değerleri (İstenilen Değer 20-24°C Aralığı)	MART	20.60 ºC	20.54 ºC
	HAZİRAN	27.69 ºC	23.40 ºC
	EYLÜL	36.70 ºC	23.84 ºC
	ARALIK	17.87 ºC	20 ºC
Muayene Odaları Doğal Aydınlanma Seviyeleri	TEMMUZ	325 Lux	525 Lux
	ARALIK	255 Lux	450 Lux
HARCANAN FOSİL YAKIT MİKTARI		36000 kWh/a	28000 kWh/a
HARCANAN ELEKTRİK ENERJİSİ		28000 kWh/a	0 kWh/a
ÜRETİLEN ELEKTRİK ENERJİSİ		0 kWh/a	36300 kWh/a

## 5. TARTIŞMA

Binaların enerji etkin iyileştirme önerileri son yıllarda çok fazla tartışılan bir konu haline gelmiştir. Çalışmalarda hem yeni yapılan-projelendirilen hem de mevcut yapıların enerji performansları değişik boyutlarda ele alınmıştır. Örneğin; Cillari vd. (2021) pasif güneş enerjisi stratejilerinin etkilerini, Akande (2010) sıcak ve kuru iklim bölgesinde konut yapıları için pasif tasarım stratejilerini, Mokrzecka (2018) ve Koçyiğit (2018) ön tasarım aşamasında bina şekli ve uyumunu, Bichiou vd. (2011) bina kabuğu özelliklerini, Mirrahimi ve ark.(2016) bina cephe elemanlarının etkisini incelemiştir. Mevcut binaların değerlendirildiği çalışmalarda ise Heracleous vd (2018). Eğitim binaları için doğal havalandırmanın iklim koşullarında etkisini, Han ve Yang (2018); Sorgato vd. (2016) ve Kim vd. (2016) da benzer bir çalışmayı geleneksel evler için gerçekleştirmişlerdir. Tsalikis vd. ise konut binalarında enerji sarfiyatındaki etkinliğini araştırmıştır. Huang vd. (2014) ve Yıldız ve Arsan (2011) pencere tasarımının enerji performansına olan etkisini incelemiştir.

Araştırmalarda ortak konsensüs bir yapının pencere büyüklüğünün, konumunun ve yönünün enerji kullanımında oldukça etken parametreler olduğu yönündendir. Karasal iklim bölgelerinde pencere tasarımının enerji sarfiyatını belirleyen en etkin parametre olduğu görülmüştür. Özellikle kırsal bölgelerdeki enerji yoksulluğunun pek çok ülkede önemli bir ekonomik sorun olduğuna işaret edilmiş bunu hafifletmek için ise pasif güneş enerjisi kullanımının öneminden bahsedilmiştir. Bu tez çalışmasında ulaşılan sonuçlarda literatürü desteklemektedir. Mevcut yapının saydam yüzeylerinde yeni tasarım önerisinin aydınlatma ve ısıtma yüklerinde enerji kazanımı sağladığı görülmüştür. Bununla beraber bina kabuğunda yapılan malzeme iyileştirmelerinin enerji korunumuna yardımcı olduğu ve çatı yüzeyine eklenen fotovoltaik paneller ile elektrik enerjisinin karşılandığı tespit edilmiştir. Literatürde ayrıca Koç (2021) okul binaları için yapılan bir çalışmada bina yöneliminin toplam enerji ihtiyacında büyük bir farklılığa yol açmadığı belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında ise mevcut binanın yönelişinin enerji sarfiyatında %10'a kadar etkin olabileceği görülmüştür.

Literatürde özellikle cam malzemesi ve cam yalıtımında kullanılan gaz türlerinin enerji performansına olan etkisinin incelendiği farklı çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin Sattari (2021) çift veya üçlü cam sistemleri gibi cam sistemlerindeki katman sayısı, enerji tasarrufu ve kayıpları açısından önemli farklılıklar göstermediğini ama cam paneller arasında kullanılan gaz türünün enerji tüketiminde önemli bir parametre olduğunu söylemiştir. Bu konuda Argon gazı ve hava karışımının yalıtım için iyi bir seçenek olduğu

söylenmiştir. Bu tez çalışmasında ulaşılan sonuçlarda low-E (ısı ve güneş kontrol kaplamalı) camların U değerinin normal pencere sistemlerine göre oldukça düşük olması bu sonuçları desteklemektedir

## 6. SONUÇ

Mevcut yapılaşmada bulunan dikkatsizlikler ile günümüzün en büyük sorunu olan gereksiz enerji tüketimidir. Bu durumun önüne geçebilmek için enerji etkin bina tasarım bilincinin yaygınlaşması ve önem gösterilmesi gerekmektedir. Bu tasarım bilincinde amaç; yapının üretim sürecinde hammadde tasarrufu, geri dönüştürülebilir atıklar ile çevreye gelen hasarın indirgenmesi ve aynı zamanda bina kullanıcılarının uzun vadede optimum konfor seviyesi ile kalite ve ekonomi anlamında iyi bir gelecek oluşturulmasıdır. Ancak enerji etkin bina tasarımları genel kurallara sahip olsa da çevresel faktörlerin hesaba katılarak bölgeye özel tasarım yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda binanın bulunduğu iklim bölgesi, biçimi gibi çeşitli değişkenlerin dikkate alınması gerekmektedir. Enerji etkin bina tasarımları farklı fonksiyonlar, iklim bölgeleri ve çevresel koşullara göre değişiklik göstermektedir. Tez çalışması kapsamında ele alınan konunun seçilme nedenlerinden en önemlisi kamu binalarında çeşitli sebepler ile bu farklılaşmanın olmadığı tespit edilmesidir. Bu anlamda Türkiye'nin her bölgesinde yapımına devam edilen bir kamu binası olan aile sağlığı merkezleri araştırma alanı olarak seçilmiştir. Bu kapsamda öncelikli olarak enerji etkin bina tasarımı için gerekli olan değişkenlerin gruplandırılması ve ayrıştırılması için literatür taraması yapılmıştır. Çalışmanın devamında ise bölgede analizi yapılacak bina seçimi için EKAP üzerinden yayınlanan ASM ihale projelerinden tek katta çözümlenmiş ve ASM dışında sadece 112 Acil birimi bulunduran proje tercih edilmiştir. Bu kapsamda 2012-2023 yılları arasında yapılan projelerden güncel ve 01.2023 tarihinde inşaatı tamamlanmış olan İsmil Aile Sağlığı Merkezi tercih edilmiştir.

Çalışmada belirlenen ASM analizi için Archicad Ecodesigner Star ve Velux Daylight yazılımları tercih edilmiştir. Archicad yazılımı üzerinde proje mevcut yapı elemanları değerleri ve çevresel faktörler girdi olarak eklenerek İsmil Aile Sağlığı Merkezi bilgisayar ortamında modellenmiştir. Bu yazılımlar ile İsmil Aile Sağlığı Merkezinin iç mekânlarının yıl içinde ortalama sıcaklık değişimleri, yaklaşık fosil yakıt tüketimi, güneşlenme enerjisi, harcanan toplam elektrik enerjisi ve günlük doğal aydınlanma analizleri yapılmıştır. Elde edilen değerler sonucunda mevcut bina üzerinde pasif ve aktif sistem iyileştirme önerileri getirilmiştir.

Pasif iyileştirmeler olarak, bina kabuğunda yapılan malzeme iyileştirmelerinin ısıtma yükünü azalttığı, saydam yüzeylerde yapılan tasarım değişikliği ile ısıнын korunumuna katkıda bulunduğu, güneş kırıcı sistem ile birlikte doğal aydınlatma alanları genişletildiği tespit edilmiştir. Bu sayede kışın kullanılan elektrikli ısıtıcı ve gün

boyu kullanılan yapay aydınlatma elemanlarının elektrik harcamaları azaltılmıştır. Bina kabuğunda oluşan ısı köprülerinin önüne geçilerek mekânlar içerisinde ısı kaybı önlenmiştir. Yapılan bu iyileştirmeler ile kullanıcı konforu artırılmakla beraber enerjinin korunumu sağlanmıştır.

Aktif iyileştirme olarak yenilenebilir enerji kaynağı sistemi olan fotovoltaik paneller binanın çatı yüzeyine yerleştirilmiştir. En çok güneşlenme süresine sahip illerden biri olan Konya için bu paneller ASM'nin yıllık elektrik enerjisini karşılayabilecek miktarda olduğu, yapılan analizler ile bulgulanmıştır.

Enerji etkin bina tasarımı kapsamında tez çalışması sonucunda elde edilen veriler literatürdeki diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında; araştırmaların bina fonksiyonu özelinde çeşitlendiği, getirilen iyileştirme önerileri ile harcanan enerji miktarının azaldığı görülmektedir. Buradan hareketle bina simülasyonları üzerinden yapılan analizlerden elde edilen veriler kullanılarak, binaların enerji performansına önemli katkı sağlayan çok sayıda parametre ekonomik ve hızlı bir şekilde belirlenebilir ve uygulamada tasarımcıların kullanması için önemli ipuçları barındıran bir rehber hazırlanabilir.

Ayrıca bina dışında yapılacak düzenlemelerde iyileştirme önerisi olarak ağaçlandırma çalışmaları güneşten faydalanma ve rüzgârdan korunmada fayda sağlayabilmektedir. Kuzey rüzgârlarını engelleyecek olan yaprak dökmeyen çam grubu ağaçların bina çevresine yerleştirilmesi, yazın oldukça fazla güneş ışınımına sahip olan doğu, batı ve güney cephelerinde ise kışın yaprak döken yazın gölgeleme yapan geniş yapraklı ağaç türlerinden yerleştirilmesi bina iyileştirmelerine destek olarak kullanıcı konforunu artıracak düzenlemeler olabilir.

Çalışma sonucunda farklı bölgelerde üretimi devam etmekte olan aile sağlığı merkezlerinin bölgesel olarak incelendiğinde, Türkiye genelinde ulaşılabilir olan iyileştirmeler ile enerji harcama miktarının azaldığı ve kullanıcı konforunun arttığı görülmektedir. Mevcut binanın iyileştirilmesi yerine tasarım aşamasında bu kararların verilmesi, enerji etkin yapılara daha ulaşılabilir olması için eğitimlerin verilmesi tasarımcıya, üstleniciye gerekli desteklerin sağlanması önem arz etmektedir. Bu çalışmanın bir altlık olarak yeni çalışmalara yardımcı olacağı düşünülmektedir.

## 7. KAYNAKLAR

Ak, F., 1993, Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Birimi Dizaynında Uygulanabilecek bir Yaklaşım, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., İstanbul

Akande O. K., 2010, “Passive design strategies for residential buildings in a hot dry climate in Nigeria,” WIT Transactions on Ecology and the Environment (WIT Trans. Ecol. Environ.), vol. 128, 61-71, 340.

Akinola, A.O, Adeboye, A. B., Oluwatayo A. A., 2018. Survey dataset on architect's awareness and adoption of building envelope technologies for energy efficient housing in Lagos State, Data in Brief, 19, 1894-1901.

Alparslan, B., 2010, Ekolojik Yapı Tasarım Ölçütleri Kapsamında Ankara’da Örnek Bir Yapı Tasarımı ve Değerlendirmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi. Ankara.

Altınöz, M., 2019, Binaların Çevresel Etkilerinin Enerji Verimliliği Ve Karbon Ayak İzi Açısından İncelenmesi: Kırklareli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Bahçeci S.F. 2016, Enerji yükü ve maliyeti düşük konut tasarımına yönelik bir yaklaşım: İzmir, dikili örneği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Bal Koçyiğit F., , 2018, Zero Consumption Monotype Education Buildings, Gazi University Journal of Science, c. 31, s. 2, ss. 328-340.

Boydak H., 2021, Hastane Binalarının Enerji Verimliliğinde Yeşil Konsept Çıktılarının Simülasyon İle Değerlendirilmesi: Elazığ Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Bichiou Y.ve Krarti M., 2011, Optimization of envelope and HVAC systems selection for residential buildings, Energy Build, vol. 43, no. 12, 3373-3382.

Canbay, C. S., Hepbaşı, A., Gokcen, G., 2004, Evaluating performance indices of a shopping centre and implementing HVAC control principles to minimize energy usage, Energy and Buildings, 36(6), 587-598.

Ceyrancı, N.G., 2020, Farklı İklim Bölgelerinde Yapı Kabuğunun Enerji Etkin İyileştirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım: Belediye Binası Tip Projesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Chen W. ve Chang Y., 2016, Support Vector Regression and Genetic Algorithm for HVAC Optimal Operation, Mathematical Problems in Engineering. 2016, 1-10.

Cillari G., Fantozzi F., ve Franco A., 2021, “Passive solar solutions for buildings: Criteria and guidelines for a synergistic design”, Appl. Sci., vol. 11, no. 1, pp. 1–19, 2021.

Culp, T. D., Widder, S.H., Cort, K. A., 2015, Thermal and Optical Properties of Low-E Storm Windows and Panels, Regional Technical Forum Policy Advisory Committee Meeting,

Çakmak, B. ve Gökalp Z., 2011, İklim Değişikliği ve Su kullanımı, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 4 (1), 87-95.

Dağıtmaç, S., 2014, Toplu Konutlarda Enerji Etkin Aydınlatma Tasarımı Ve Fotovoltaik Panellerin Entegrasyonuna İlişkin Bir Uygulama Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Demircan, R. Gültekin, A. B. 2017, Binalarda Pasif Ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi. TÜBAV Bilim Dergisi, 10 (1), 36-51

Dikmen, Ç.B., 2011, Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örnekleme, Politeknik Dergisi, 14 (2), 121-134.

Doğan, A. ve Pırasacı, T., 2009, Bina cephelerinde yalıtım yerine trombe duvar kullanımının incelenmesi. Tesisat Mühendisliği Dergisi, (112), 41-51.

Efe, A., 2009, Pasif Güneş Evlerinde Bina Kabuğu Sistemi Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Erombor S. O., Das D. K., Emuze F., 2020, Influence of building and indoor environmental parameters on designing energy-efficient buildings. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 39, 507–524.

Ezema, I. C., & Maha, S. A., 2022, Energy Efficiency in High-rise Office Buildings: An Appraisal of its Adoption in Lagos, Nigeria.

Gazioğlu, A., 2012, Enerji Etkin Bina Tasarımında Isıtma Enerjisi Harcamalarını Azaltmaya Yönelik Bir İyileştirme Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Gelişen, G. & Guzelkokar, O. 2019, Mevcut Yapıların Sürdürülebilir Yeşil Binalara Dönüştürülmesi . Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi , 2 (2) , 76-90.

Guo, A., & Liu, Z. 2020, A new method for energy efficiency design of building facade and its thermodynamic evaluation. *International Journal of Heat and Technology*, 38, 903–913.

Goh C S, 2022, Unlocking Human Factors for More Resilient and Sustainable Built Environments: Human Centric Solutions, World Building Congress,

Gülaçmaz, Ö., 2021, Mevcut Bir Eğitim Yapısında Enerji Etkin Bir İyileştirme Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tokat.

Günel, H.M. ve Iğın, E., 2008, Bir Mimari Tasarım Kriteri Olarak Rüzgâr Enerjisi Kullanımı ( [https://www.emo.org.tr/ekler/975727c448e45ab\\_ek.pdf?dergi=4](https://www.emo.org.tr/ekler/975727c448e45ab_ek.pdf?dergi=4) ) Erişim tarihi: 30/07/2022.

Han J. ve Yang X., 2018, Analysis of passive energy-saving retrofitting of rural residential houses in Southern Anhui Province – A case in Hongcun, *Energy Procedia* vol. 152, pp. 470–474.

Haydaraslan, K.S., 2021, Binaların Tasarım Stratejilerinin Simülasyon Optimizasyonuna Dayalı Olarak Değerlendirilmesi: Çok Katlı Konut Yapıları TOKİ Örneği, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Heracleous C. ve Michael A., 2018, Assessment of overheating risk and the impact of natural ventilation in educational buildings of Southern Europe under current and future climatic conditions, *Energy*, vol. 165, pp. 1228-1239.

Huang Y., Niu J. ve Chung T., 2014, Comprehensive analysis on thermal and daylighting performance of glazing and shading designs on office building envelope in cooling-dominant climates, *Appl. Energy*, vol. 134, pp. 215–228.

Işın, A., 2016, Konut ve Yerleşmelerin Ön Tasarımında Enerji Etkinliğine İlişkin Bir Model Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

İnce, M.E., 2013, Konya İçin Yeni Bir Fırsat: Güneş Tarlaları ve Yenilenebilir Enerji, (<https://www.kto.org.tr/bilgi-bankasi/raporlar/arastirma-raporlari>) Erişim tarihi: 08/06/2023.

Karimi, H., Adibhesami, M. A., Bazazzadeh, H., & Movafagh, S., 2023, Green Buildings: Human-Centered and Energy Efficiency Optimization Strategies. *Energies*, Vol. 16.

Khosravani H. R., Castilla M. D. M., Berenguel M. Ruano A. E., Ferreira P. M., 2016, A Comparison of Energy Consumption Prediction Models Based on Neural Networks of a Bioclimatic Building, *Energies*, 9(1), 57.

Kim S., Zadeh P. A., Staub-French S., Froese T.ve Terim Cavka B., 2016, Assessment of the impact of window size, position and orientation on building energy load using BIM,” *Procedia Engineering*, vol. 145, pp. 1424–1431.

Ko Y., Radke J. D., 2014, The effect of urban form and residential cooling energy use in Sacramento, California, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 41, 573-593.

Koç, H.B., 2021, Farklı İklim Bölgelerinde Yapı Kabuğunun Enerji Etkin İyileştirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım: Tip Eğitim Yapısı Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Kutlu, R., (2012), Enerjisini Etkin Kullanan Bir Bina Yapıyoruz, *Ekoyapı Ekolojik Yapılar ve Yerleşimler Dergisi*, s 78-83, Türkiye.

Lu Y., Lin H., Liu S., Xiao Y. 2019, Nonuniform Woven Solar Shading Screens: Shading, Mechanical, and Daylighting Performance, Sustainability, 11.

Manav, B. (2005), Ofislerde aydınlık düzeyi, parıltı farkı ve renk sıcaklığının görsel konfor koşullarına etkisi: bir model çalışması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Michailidis L. T., Baldi S., Pichler M.F., Kosmatopoulos E. B., Santiago J. R., 2015, Proactive control for solar energy exploitation: A german high-inertia building case study, Applied Energy, 155, 409-420.

Mirrahimi S., Mohamed M. F., Haw L. C., Ibrahim N. L. N., Yusoff W. F. M. ve Aflaki A., 2016, The effect of building envelope on the thermal comfort and energy saving for high-rise buildings in hot-humid climate, Renew, Sustain. Energy Rev. vol. 53, 1508–1519.

Mokrzecka M., 2018, Influence of building shape and orientation on heating demand: simulations for student dormitories in temperate climate conditions, E3S Web Conf., vol. 44, no. 00117, 1-8.

Moore, F., 1993, Enviromental Control Systems-Heating cooling lighting

Oral, G.K. ve Manioğlu, G., Bina Cephelerinde Enerji Etkinliği ve Isı Yalıtımı, 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, 2010, İzmir.

Özdemir, B.B., 2005, Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Özkılıç Keleş, C., 2008, Türkiye'de Binalarda Enerji Verimliliği Açısından Fotovoltaik Sistemlerin Kullanılmasına Yönelik Bir İnceleme. (Y. Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü/Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul.

Öztürk E., Orhon A., 2019, Yapı Cephelerinde Enerji Üreten Aktif Rüzgâr Sistemlerinin Kullanımı.

Özyalın S., 2021, Ofis Mekanlarında Dinamik Cam ve Güneş Kırıcı Kullanımının Görsel Konfor ve Enerji Performansı Bakımından İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Rabeharivelo R. 2021, Geleneksel Rüzgâr Kulesi Aracılığıyla Havalandırılan Bir Sınıf Mekanının Termal Konfor Açısından Simülasyon Yöntemi İle Araştırılması: Trabzon Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Saka, Z. A., 2019, Mimarlık Ofislerinde 'Konfor' Ve Kullanıcı Memnuniyetinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Sattari M., 2021, Yaklaşık Sıfır Enerjili Binaların (nseb) Türkiye'de Uygulanabilirliği Üzerine Bir İnceleme Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon,

Shi, L., Zhang, H., Luo, Z., 2018, Optimizing the thermal performance of building envelopes for energy saving in underground office buildings in various climates of China, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 77, 26-35.

Sholanke, A. B., Alugah, K. D. T., Ademo, J. A., & Adisa, O. S., 2022, Impact of Energy Efficient Design Strategies on Users Comfort in Selected Mixed-Use Buildings in Lagos State, Nigeria.

Singhaputtangkul, N., Low, S. P., Teo, A. L. and Hwang, B.G. 2014, Criteria for Architects and Engineers to Achieve Sustainability and Buildability in Building Envelope Designs. *Journal of Management in Engineering*, 30(2), 236-245.

Sorgato M. J., Melo A. P. Ve Lamberts R, 2016, The effect of window opening ventilation control on residential building energy consumption, *Energy and Buildings*, vol. 133, 1–13.

Sun, Z., Lin, S. X. ve Wang, S. 2019, An Economic Model of Optimal Penalty for Health Care Workplace Violence, *Inquiry (United States)*

Şahin, B.E. ve Dostoğlu, N., 2015, Okul Binaları Tasarımında Sürdürülebilirlik, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 20 (1), 75-91.

Tatasciore, M., Bowden, V. K., Visser, T.A.W., 2019, The Benefits and Costs of Low and High Degree of Automation, *Hum Factors*, 62(6), 874-896.

Tsalikis, G., Martinopoulos, G., 2018, Net Sıfır Enerjili Konutlar (nZEB) İçin Güneş Enerjisi Sistemlerinin Potansiyeli, Isıtma Soğutma Klima Yangın ve Sıhhi Tesisat Dergisi, 118, 42-53.

T.C. Sağlık Bakanlığı, 2010, Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları, 2010-2023, Ankara.

Utkutuğ, G.S., 1999, Binayı Oluşturan Sistemler Arasında Etkileşim ve Ekip Çalışmasının Önemi Mimar Tesisat Mühendisi İş Birliği, IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir, 21-36.

Ülgen, K., 1999, Binaların pasif güneş enerjili sistemler yardımıyla ısıtılması. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, (22), 6.

Ünsal, B., 2012, Bir TOKİ Konut Örneğinde Isıtma ve Soğutma Enerji Yüklerinin Farklı İklim Bölgelerine Bağlı Olarak Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Vu, N.H., Shin, S., 2016, A Large Scale Daylighting System Based on a Stepped Thickness Waveguide. *Energies*, 9, 71.

Yıldız Y. ve Arsan Z. D., 2011, "Identification of the building parameters that influence heating and cooling energy loads for apartment buildings in hot-humid climates," Energy, vol. 36, no. 7, pp. 4287– 4296.

Yudelson, J. 2007, Green Building A to Z: Understanding the Language of Green Building. New Society Publishers, Gabriola Island.

### **İnternet Kaynakları**

URL-1, <https://www.iea.org/topics/energy-efficiency/buildings> Erişim Tarihi: 08/09/2023.

URL-2, <https://ekap.kik.gov.tr/EKAP/Ortak/IhaleArama/index.html> Erişim tarihi: 08/06/2023.

URL-3, <https://www.autodesk.com/support/technical/article/caas/tsarticles/ts/6hLmwH5X74DY8v1muNQyvw.html> Erişim tarihi: 08/06/2023.

URL-4, <https://cbe.berkeley.edu/research/mixed-mode-building-research/> Erişim tarihi: 08/06/2023.

URL-5, <https://www.glassmanufacturerchina.com/tr/products/China-manufacturer-4mm-Low-E-glass.html> Erişim tarihi: 07/09/2023.

URL-6, <https://www.unsanenerji.com.tr/tr/sayfa/aluminyum-kolektor> [Son Erişim Tarihi: 31.07.22]

URL-7 <https://asia.nikkei.com/Spotlight/Environment/Climate-Change/Japan-seeks-more-industrial-rooftop-solar-with-rate-incentive> Erişim Tarihi: 08/09/2023

URL-8, <https://designbuilder.co.uk/> Erişim tarihi: 20/06/2023.

URL-9, <https://commercial.velux.co.uk/inspiration/daylight-visualizer?ref-original=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F> Erişim tarihi: 08/06/2023.

URL-10, <https://bimsoft.com.tr/ecodesigner-star/> [Son Erişim Tarihi: 31.07.22].

URL-11, [https://climate.onebuilding.org/WMO\\_Region\\_6\\_Europe/TUR\\_Turkey/index.html#ID\\_KO\\_Konya-](https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_6_Europe/TUR_Turkey/index.html#ID_KO_Konya-) Erişim tarihi: 08/06/2023.

URL-12, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KONYA> Erişim tarihi: 08/06/2023.

URL-13 <https://betongyapi.com/gecmeli-bloklar> Erişim Tarihi: 08/09/2023

URL-14 <https://www.knaufinsulation.com.tr/urunler-0/mineral-plus-fcb032-pro> Erişim Tarihi: 08/09/2023

URL-15 [https://www.izocam.com.tr/tr/urun-grubu/ekspande-polistiren-\(eps\)](https://www.izocam.com.tr/tr/urun-grubu/ekspande-polistiren-(eps))  
Erişim Tarihi: 08/09/2023