



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK PROGRAMI**

**TOKİ YATAY MİMARİ KONUTLARI ENERJİ
VERİMLİLİĞİ ÇALIŞMASI –
KARABÜK ÖRNEĞİ ÜZERİNDE MODÜL ÖNERİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ABDUL HAMİD MADARATI

İSTANBUL, 2021



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK PROGRAMI**

**TOKİ YATAY MİMARİ KONUTLARI ENERJİ
VERİMLİLİĞİ ÇALIŞMASI –
KARABÜK ÖRNEĞİ ÜZERİNDE MODÜL ÖNERİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ABDUL HAMİD MADARATI
190201101**

**Danışman
Prof. Ümit Doğay Arıncı**

İSTANBUL, 2021

02/ 07/2021

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Mimarlık Anabilim Dalı'nda 190201101 numaralı Abdul Hamid MADARATI'nin hazırladığı "TOKİ Yatay Mimari Konutları Enerji Verimliliği Çalışması – Karabük Örneği Üzerinde Modül Önerisi" konulu Mimarlık Tezli Yüksek Lisans tezi ile ilgili Tez Savunma Sınavı, 02/07/2021 Cuma günü saat 14 :00 'da yapılmış, sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **KABULÜNE** karar verilmiştir.

Düzeltilme verilmesi halinde:

Adı geçen öğrencinin Tez Savunma Sınavı .../.../20... tarihinde, saat ...:.... da yapılacaktır.

Tez Adı Değişikliği Yapılması Halinde: Tez adının
.....
şeklinde değiştirilmesi uygundur.

Jüri Üyesi	Tarih	İmza
(Danışman) Prof. Ümit Doğay ARINÇ	02/ 07/2021	KABUL
Dr. Öğr. Üyesi Uğur ÖZCAN.	02/07/2021	KABUL
Dr. Öğr. Üyesi Jülide EDİRNE ERDİNÇ	02/07/2021	KABUL
(İkinci Danışman) *.....	.../ .../20...
*.....	.../ .../20...

*2. Danışman varsa doldurulacak

BEYAN/ ETİK BİLDİRİM

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bağılı olduğum üniversite veya bir başka üniversitedeki başka bir çalışma olarak sunulmadığını beyan ederim.

Abdul Hamid Madarati

İmza

TEŐEKKÜR

Bu çalıőmanın yűrűtűlmesi sırasında desteęini esirgemeyen deęerli hocam Prof. Ŭmit Doęay Arınç'a, sűrekli çalıőmama ve ilerlememe motive eden ve her adımda yanımda olan babam ve anneme, yoęun çalıőmalarım sırasında sabır gűsterdięi ve bana katlandıęı için eőim Roudetenour'a; bu tezin yazılmasında katkı saęlayan kiői ve manevi destekleyen tűm dostlara űkranlarımı bir borç bilirim

Abdul Hamid Madarati

İmza

**TOKİ YATAY MİMARİ KONUTLARI
ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÇALIŞMASI –
KARABÜK ÖRNEĞİ ÜZERİNDE MODÜL ÖNERİSİ**

Abdul Hamid Madarati

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye'deki enerji kaynakları ve bunların konut binalarıyla ilişkisi gözden geçirilmektedir. Binalarda enerji tasarrufundan sorumlu olan ana faktörler örneklerle açıklanmış ve gösterilmiştir. Bu faktörlerden bazıları basit adımlar olarak görülse de bazen bir mimar veya tasarımcı yanlışlıkla bunları atlayabilir. Bu organize ve kategorize edilmiş açıklama ile okuyucunun bu faktörleri sınıflandırabileceğini ve aldıkları herhangi bir mimari tasarım kararında kullanabileceğini umduk.

Genel bakışın ardından bina tasarım aşamasında Türk Standartları düzenlemeleri de anlatılmaktadır. Bunları eyleme geçirmek için ayrıca kısaca açıklanmış ve kullanım adımlarının sırasına göre sınıflandırılmıştır. Daha sonra mevcut bir çalışma vakası projesi üzerinde pratik bir uygulama yapılır. Karabük Yenice Toki konut projesini örnek aldık, sabit özelliklerini inceledik, her yapı elemanının dış kabuğundaki alanlarını hesapladık, dış kabuğu malzemelerinin enerji ısı iletim değerlerini bulduk ve ardından yıllık ısı enerjisi ihtiyacını hesaplamak için Türk Standartları TS825'te gösterilen yöntemi uyguladık. Ve enerji kaybından sorumlu ana faktörlerin neler olduğunu görebilmek için binanın genelinde farklı yer ve elemanlarda birkaç değişiklik önerdik, değişen alanların ve malzemelerin yeni değerlerini hesapladık ve aynı yöntemi yeni değerlere göre yeniden uyguladık. İki sonucu karşılaştırarak, yıllık enerji tasarrufunda %25'e ve yıllık yakıt tüketiminde ve CO2 emisyonunda yaklaşık %40'a kadar tasarruf sağlandığını gördük.

Bu yöntemi Türkiye'deki her mimarın kolayca erişebileceği bir uygulama haline getirmeyi amaçladık, bu nedenle benzer görevi yapan yazılımlar hakkında bir araştırma yaptık. Yazılımımızın en iyi şekline ulaşmak için özelliklerini ve artılarını ve eksilerini araştırdık. Grasshopper platformunu kullanarak, yöntemimizi dakik bir şekilde uygulayan, binanın gerçek zamanlı sonucunu gösteren ve Türkiye'deki herhangi bir ısı bölgesinde verilen herhangi bir bina için enerji tüketimi raporunu üreten bir araç oluşturduk. Onu çevrimiçi bir buluta bağladık ve herkesin ve her yerde kullanması için erişilebilir hale getirdik.

Anahtar kelimeler; Enerji Verimli Binalar, Enerji Analizi, Yapı Malzemeleri, Türk Standartları Modeli, Parametrik Mimari.

**ENERGY EFFICIENCY STUDY FOR TOKI HORIZONTAL
ARCHITECTURE HOUSES – MODULE PROPOSAL ON THE
STUDY CASE OF KARABUK**

Abdul Hamid Madarati

ABSTRACT

In this study we review energy resources and their relation to residential buildings in Turkey. The main factors that are responsible for energy preservation in buildings are explained and shown with examples. Even though some of these factors might be considered as simple steps, but sometimes an architect or a designer might accidentally skip them. With this organized and categorized explanation, we hoped that the reader can sort these factors and use them in any architectural design decision they make.

After the general overview, Turkish Standards regulations in building design phase are also explained. In order to put them in action, they are also briefly explained and categorized according to the sequence of usage steps. Then a practical application on an existing study case project is done. We took the case of Karabuk Yenice Toki residential project, analyzed its unchangeable characteristics, calculated the areas of each building element in its exterior envelope, found out the energy heat loss values of its envelope materials and then we applied the method shown in Turkish Standards TS825 to figure its annual heat energy requirement. And in order to view what are the main factors responsible of the energy loss, we've proposed few changes in different places and elements around the building, calculated the changed values in areas and materials, and reapplied the same method according to the new values. By comparing the two results we've achieved a 25% of annual energy savings and nearly a 40% of annual fuel consumption and CO₂ emissions.

We aimed to make this method applicable and easy to reach by any architect in Turkey, that's why we've conducted a research about software that performs similar

task. Searched their properties and their pros and cons to reach the best shape of our software. We ended up using Grasshopper platform to create a tool that applies our method precisely, shows a real-time result of the building and produces a report of the energy consumption for any building given in any Turkish district. We've linked it to an online cloud and made it accessible for anyone and anywhere to use.

Keywords; Energy Efficient Buildings, Energy Analysis, Building Materials, Turkish Standards Model, Parametric Architecture.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	v
ABSTRACT	vii
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiv
RESİM LİSTESİ.....	xvi
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM.....	2
1. TÜRKİYEDE ENERJİ- GENEL DEĞERLENDİRME	2
1.1. ENERJİ KAYNAKLARI VE ÇEVREYE ETKİSİ.....	2
1.1.1. Fosil Yakıtlar.....	2
1.1.2. Yenilenebilir Enerji	4
1.1.3. Yenilenebilir Enerji ve İklim Değişiklikleri	5
1.1.4. Enerji Üretiminden Kaynaklanan Kirliliğin Azaltılması	7
1.1.5. Yenilenebilir Enerjiyi Teşvik Etme.....	7
1.2. TÜRKİYEDE ENERJİ KULLANIMI	8
1.3. TÜRKİYEDE YENİLENEBİLİR ENERJİ.....	9
1.3.1. Güneş Enerjisi.....	9
İKİNCİ BÖLÜM.....	12
2. BİNALARDA ISI KAYBI	12
2.1. ÇALIŞMA KONUSU BİNA HANGİ ISI BÖLGESİNDE BULUNMAKTADIR.....	12
2.2. BİNANIN FORMU ORYANTASYONU ve TOPOLOJİSİ.....	14
2.2.1. Binanın Formu	14
2.2.2. Binanın Yönü	16
2.2.3. Binanın Diğer Binalara Göre Konumu.....	18
2.3. PENCERE / BRÜT CEPHE ORANI	19
2.4. YAPI KABUĞUNU OLUŞTURAN MALZEME ÖZELLİKLERİ	20

2.4.1. Isı İletkenlik Katsayısı λ (W/mK).....	21
2.4.2. Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W / m ² K)	21
2.4.3. İletimsel Isı Kaybı (Q i)	22
2.4.4. Binanın Enerji Performansı.....	26
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	29
3. VAKA ANALİZİ – KARABÜK YENİCE TOKİ PROJESİ	29
3.1. BİNANIN TEMEL ÖZELLİKLERİ	29
3.2. BİNANIN MEVCUT DURUMUNUN ANALİZİ	32
3.2.1. Bina Dış Kabuğunun Alanlarını Tanımlama	32
3.2.2. Mevcut Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı	35
3.2.2.1. Dış Duvarların Isı Kaybı	36
3.2.2.2. Dış Pencerelelerin Isı Kaybı.....	37
3.2.2.3. Çatı Altı Tavanda Oluşan Isı Kaybı	38
3.2.2.4. Zemin Katın Döşemesinden Bodruma Oluşan Isı Kaybı	39
3.2.2.5. Havalandırma Yoluyla Oluşan Isı Kaybı Hesabı	41
3.2.2.6. Toplam Isı Kaybı Hesabı.....	42
3.2.3. Binanın Isı Kazançları Hesabı	43
3.2.3.1. Aylık Ortalama İç Isı Kazançları ($\Phi_{i ay}$)	44
3.2.3.2. Güneşten (Pencerelerden) Binaya Giren Isı Kazançları ($\Phi_{s ay}$)	44
3.2.3.3. Kazanç Kullanım Oranı (KKO) Hesabı	47
3.2.3.4. Binanın Yıllık Net Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesabı.....	48
3.2.4. Mevcut Binanın Enerji Performansı	49
3.2.5. Kazan Kapasitesi Hesabı	51
3.2.6. Binanın Yıllık Doğalgaz Tüketimi ve Sera Gaz Salımı	51
3.3. MEVCUT BİNANIN, ENERJİ VERİMLİ BİNA HALE GETİRİLMESİ.....	53
3.3.1. Bina Kabuğunda Alan Değişimleri	53
3.3.2. Önerilen Bina İçin Özgül Isı Kaybı Hesabı	55
3.3.2.1. Dış Duvarların Isı Kaybı	55
3.3.2.2. Dış Pencerelelerin Isı Kaybı.....	56
3.3.2.3. Çatıda Oluşan Isı Kaybı	57
3.3.2.4. Bodrumda Oluşan Isı Kaybı	57

3.3.2.5.	Havalandırma Yoluyla Oluşan Isı Kaybı Hesabı	58
3.3.2.6.	Toplam Isı Kaybı Hesabı.....	58
3.3.3.	Enerji Verimli Binanın Isı Kazançları Hesabı.....	59
3.3.3.1.	Aylık Ortalama İç Isı Kazançları (Φ i ay)	59
3.3.3.2.	Güneşten (Pencerelerden) Binaya Giren Isı Kazançları (Φ s ay).....	59
3.3.3.3.	Kazanç Kullanım Oranı (KKO) Hesabı	61
3.3.3.4.	Binanın Yıllık Net Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesabı.....	62
3.3.4.	Enerji Verimli Binanın Enerji Performansı.....	63
3.3.5.	Kazan Kapasitesi Hesabı.....	64
3.3.6.	Binanın Yıllık Doğalgaz Tüketimi ve Sera Gaz Salımı	65
3.4.	MEVCUT BİNA İLE ENERJİ VERİMLİ HALE GETİRİLEN BİNANIN SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRMASI	66
3.4.1.	Yapıya Önerilen Değişikliklerin Özeti.....	66
3.4.2.	Enerji Verimli Hale Getirilen Bina ile Sağlanan Enerji Tasarrufu ve Karbondioksit Emisyonu Azaltımı.....	66
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	68	
4. BİNALARDA ENERJİ ANALİZİ UYGULAYAN YAZILIMLAR	68	
4.1.	ENERGYPLUS	70
4.1.1.	Özellikleri ve İşlevleri.....	70
4.1.2.	EnergyPlus Oluşumu.....	71
4.2.	RHINOCEROS VE GRASSHOPPER	72
4.2.1.	Özellikleri ve İşlevleri.....	72
4.2.2.	Grasshopper'da Optimizasyon Araçları	73
4.2.3.	Hava Analizi Eklentileri.....	73
4.3.	IES BİNA ENERJİ MODELLEME YAZILIMI.....	75
4.3.1.	Özellikleri ve İşlevleri.....	75
4.3.2.	Dinamik Günışığı Hesaplama Yöntemleri.....	76
4.3.3.	Yazılımın Gereksinimleri.....	77
4.3.4.	Simülasyona Özellikleri.....	77
4.4.	AUTODESK REVİT VE INSIGHT	78
4.4.1.	Özellikleri ve İşlevleri.....	80
4.4.2.	Deneyim Gereksinimleri	80

4.5. DESIGN BUILDER	81
4.5.1. Özellikleri ve İşlevleri.....	81
4.5.2. Simülasyon Özellikleri.....	82
4.6. YAZILIMLARIN KARŞILAŞTIRILMASI VE SEÇİLEN YAZILIMIN AVANTAJLARI	84
4.6.1. Yazılımların Karşılaştırılması	84
BEŞİNCİ BÖLÜM	86
5. SEÇİLEN YAZILIM İLE MODÜL UYGULAMASI	86
5.1. OLUŞTURULAN YAZILIMIN AMACI	86
5.2. YAZILIMIN OLUŞTURMA METODU	87
5.3. OLUŞTURULAN YAZILIMIN AŞAMALARI.....	88
5.3.1. İl Listesi ve İlgili Bölge Değerleri.....	88
5.3.2. Oluşturulan Bina Geometrinin Parametreleri.....	88
5.3.3. Oluşturulan Binanın Dış Kabuk Malzemeleri	90
5.3.4. Isı Kaybı Denklemleri Oluşturması	92
SONUÇ ve ÖNERİLER.....	97
KAYNAKÇA	100

SEMBOLLER

λ	: Isı İletkenlik Katsayısı (W/mK)
U	: Isı Geçirgenlik Katsayısı (W / m ² K)
R_i, R_e	: İç ve Dış yüzeysel ısı iletim direnci m ² K/W
Q_i	: İletimsel Isı Kaybı
A	: yapı bileşeni alanını (m ²)
$V_{Brüt}$: Binanın brüt hacmi
H_T, H_V	: Isı transferi (iletimi) yoluyla oluşan ısı kaybı & Havalandırma (dışarıdan sızan soğuk havadan dolayı) oluşan ısı kaybı
θ_i, θ_d	: iç & dış sıcaklık derecesi (K) (°C)
r_{iay}	: "i" yön. Aylık ortalama gölgelenme faktörü
g_{iay}	: güneş enerjisi geçirme faktörü
I_{iay}	: dik yüzeylere gelen aylık ort. gün. ışınımı şid. (W/m ²)
Φ	: Isı Kazançları
KKO_{ay}	: Kazanç Kullanım Oranı
SEG	: Sera Gazları
EP	: Binanın Enerji Performansı
η_k, η_{br}	: Doğalgaz Kazanının Verimi & Doğalgaz Brülörünün Verimi
$H_{alt}, H_{üst}$: Doğalgazın Alt & Üst Isıl Değeri kWh/m ³
PV	: FotoVoltaik

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

TABLO 2.1 TS 825 EK B'YE GÖRE BÖLGELERİN AYLIK ORTALAMA DIŞ SICAKLIK DEĞERLERİ	14
TABLO 2.2 TS825'E GÖRE BÜTÜN BÖLGELERİN AYLIK GÜNEŞ IŞINIM ŞİDDET DEĞERLERİ (W/M ²)	17
TABLO 2. 3 BİNA CEPHELERİNDEKİ İDEAL PENCERE / BRÜT CEPHE ALAN ORANLARI (ARINÇ, 2021)....	20
TABLO 2 4-A TS825'DE HER ISI BÖLGESİ İÇİN ÖNERİLEN AZAMI U DEĞERİ.	22
TABLO 2 4-B TS825'DE HER ISI BÖLGESİ İÇİN ÖNERİLEN AZAMI U DEĞERİ.	22
TABLO 2.5 ANKARA İLİ VE 3ÜNCÜ BÖLGE DE KULLANILABİLEN DIŞ DUVAR ALTERNATİFLERİ VE ONLARIN U DEĞERLERİ (ÇİÇEK, 2019).	24
TABLO 2.6 TABLO 5'İN MALZEME ALTERNATİFLERİN BİRİM FİYATLARI (ÇİÇEK, 2019).	25
TABLO 2.7 ENERJİ PERFORMANSI (KWH/M ² -YIL) DEĞERİNE GÖRE BİNA SINIFI BELİRLENMESİ.	27
TABLO 2.8 NİHAİ ENERJİ TÜKETİMİNE GÖRE SERA GAZ EMİSYON SINIFLARI. (KGC02/M2YIL). (TS825, 2013).....	28
TABLO 3.1 ISI KAYBI HESAPLANACAK BİNANIN TEMEL ÖZELLİKLERİ	31
TABLO 3.2 BİNANIN BRÜT CEPHELERİN ALANLARI.	33
TABLO 3.3 BİNANIN CEPHELERİNDEKİ AÇIKLIK TİPLERİ VE ALANLARI.....	34
TABLO 3.4 BİNANIN CEPHELERİNDEKİ AÇIKLIKLARIN TOPLAM ALANLARI.....	34
TABLO 3.5 BİNAMIZIN DIŞ KABUĞUNDAKİ PENCERE / CEPHE ORANLARI.....	35
TABLO 3.6 BİNAMIZDA ISI KAYBEDEN ALANLAR.	35
TABLO 3.7 DIŞ DUVAR MALZEMESİ İLE U DEĞERİNİ HESAPLAMASI.	37
TABLO 3.8 SON KAT TAVAN MALZEMELERİ İLE U DEĞERİNİ HESAPLAMASI.	38
TABLO 3.9 ZEMİN DÖŞEMESİ MALZEMELERİ İLE U DEĞERİNİ HESAPLAMASI.....	40
TABLO 3.10 TS825'DE ISI BÖLGELERİNDE KIŞIN ISITMA YAPILAN AYLAR.....	42
TABLO 3.11 MEVCUT BİNADA ISI KAYBI AYLIK HESAPLAMASI.	43
TABLO 3.12 TS825'E GÖRE SAYDAM YÜZEYLERİN AYLIK ORTALAMA GÖLGELENME FAKTÖRÜ.	44
TABLO 3.13 TS825'E GÖRE GÜNEŞ ENERJİSİ GEÇİRME FAKTÖRÜ.....	45
TABLO 3.14 TS825 Ek C; BÜTÜN DERECE GÜN BÖLGELERİ İÇİN HESAPLAMALARDA KULLANILACAK OLAN ORTALAMA AYLIK GÜNEŞ IŞINIMI ŞİDDETİ DEĞERLERİ [W/M ²].	45
TABLO 3.15 MEVCUT BİNANIN GÜNEY CEPHESİNDEN ISI KAZANÇLARI.....	46
TABLO 3. 16 MEVCUT BİNANIN KUZEY CEPHESİNDEN ISI KAZANÇLARI.	46
TABLO 3. 17 MEVCUT BİNADA ISI KAZANÇLARI AYLIK HESAPLAMASI.....	47
TABLO 3. 18 MEVCUT BİNADA KAZANÇ KULLANIM FAKTÖRÜ AYLIK HESAPLAMASI	47
TABLO 3. 19 MEVCUT BİNANIN ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI AYLIK HESAPLAMASI.....	48
TABLO 3. 20: A/V ORANINA GÖRE; AZAMI YILLIK ISITMA ENERJİSİNİN SINIR DEĞERLERİ.....	50
TABLO 3. 21: MEVCUT PENCERE/CEPHE ORANINA ÖNERİLEN DEĞİŞİKLİK.	54

TABLO 3. 22: BİNA CEPHELERİNDE ÖNERİLEN AÇIKLIK ALANLARI.....	54
TABLO 3. 23: ÖNERİLEN BİNA CEPHELERİNDE KALAN DIŞ DUVAR ALANLARI.	54
TABLO 3. 24: ÖNERİLEN BİNADAKİ ISI KAYBEDEN ALANLAR.	55
TABLO 3. 25: ENERJİ VERİMLİ HALE GETİRİLEN BİNADA ISI KAYBI AYLIK HESAPLAMASI.....	59
TABLO 3. 26: ÖNERİLEN BİNANIN GÜNEY CEPHESİNDEN ISI KAZANÇLARI	60
TABLO 3. 27: ÖNERİLEN BİNANIN KUZAY CEPHESİNDEN ISI KAZANÇLARI.....	61
TABLO 3. 28: ENERJİ VERİMLİ HALE GETİRİLEN BİNANIN ISI KAZANÇLARI AYLIK HESABI.....	61
TABLO 3. 29: ENERJİ VERİMLİ HALE GETİRİLEN BİNANIN KAZANÇ KULLANIM FAKTÖRÜ	62
TABLO 3. 30: ÖNERİLEN BİNANIN ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI AYLIK HESAPLAMASI	63
TABLO 4. 1 ENERJİ ANALİZİ UYGULAYAN YAZILIMLARIN KARŞILAŞTIRILMASI.....	85
TABLO 6. 1 TÜRKİYE İLE ALMANYA STANDARTLARI ARASINDA KARŞILAŞTIRMA (ARINÇ, 2021).....	98

RESİM LİSTESİ

ŞEKİL 1.1 KÜRESEL NİHAİ ENERJİ TÜKETİMİNİN YENİLENEBİLİR ENERJİ PAYI	4
ŞEKİL 1.2 TÜRKİYE'DE TOPLAM ENERJİ ÜRETİMİ VE TÜKETİMİ.....	8
ŞEKİL 1.3 TÜRKİYE'DE PV TİPİ VE ALANINA GÖRE ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ MİKTARI (KW H/YIL).	11
ŞEKİL 2. 1 İLLERE GÖRE TÜRKİYE’NİN DERECE GÜN BÖLGELERİ [TS825].	13
ŞEKİL 2.2 AYNI HACME SAHİP İKİ FORM KIYASLAMA (ARINÇ, 2021)	15
ŞEKİL 2.3 FARKLI İKLİMLERE GÖRE BİNA FORMLARI VE YÖNLERİ (ZEREN, 1987).....	16
ŞEKİL 2.4 FARKLI İKLİMLERE GÖRE BİNA FORMLARI VE YÖNLERİ (BARNES, 2010).....	17
ŞEKİL 2.5: YOĞUN KONUTLAŞMA ALANLARINDA BİNA YÖNLERİ (BOAKE, 2012).....	18
ŞEKİL 2. 6: ZAFİF MONTAJ SEBEBİYLE OLUŞAN ISI KÖPRÜSÜ (A.I. BEDOV, 2014)	19
ŞEKİL 3.1 ISI YÜKÜ HESAPLANMIŞ BİNANIN BULUNDUĞU SİTE GÖRÜNÜMÜ.	30
ŞEKİL 3.2 ISI YÜKÜ HESAPLANMIŞ BİNANIN VAZİYET PLANI.....	30
ŞEKİL 3.3 ISI YÜKÜ HESAPLANMIŞ BİNANIN NORMAL KAT PLANI.	31
ŞEKİL 3. 4 BİNANIN ÖN CEPHESİ (SOL) VE ARKA CEPHESİ (SAĞ).....	33
ŞEKİL 3.5 BİNANIN YAN KUZEY-BATI CEPHESİ (SOL) VE YAN GÜNEY-DOĞU CEPHESİ (SAĞ).....	33
ŞEKİL 3.6 BİNANIN DIŞ DUVARIN MALZEMESİNİ GÖSTEREN KESİT.	36
ŞEKİL 3.7 BİNANIN ÇATI MALZEMESİNİ GÖSTEREN KESİT.	38
ŞEKİL 3.8 ZEMİN DÖŞEMESİ MALZEMESİNİ GÖSTEREN KESİT.	40
ŞEKİL 3. 9 : BİNADA KAT YÜKSEKLİĞİNE GÖRE DENKLEM SEÇİMİ (ARINÇ, 2021).	49
ŞEKİL 4.1 ENERJİ ANALİZİ İÇİN GENEL GİRDİ VERİLERİ.	69
ŞEKİL 4.2 RHİNO / GRASSHOPPER İÇİN ÇEŞİTLİ EKLENTİ GELİŞTİRİCİLERİ.	73
ŞEKİL 4.3 LADYBUG İLE GÜNEŞ IŞIĞI SAATLERİ ANALİZİ. (88 URL)	74
ŞEKİL 4.4 IES ’TE ANALİZİN ANA ARAYÜZÜ. 89.....	78
ŞEKİL 4.5 AUTODESK FORMİT 360 KULLANICI ARAYÜZÜ.	79
ŞEKİL 4. 6 İNSİGHT 'DA ISITMA VE SOĞUTMA YÜKÜ GÖRSELLEŞTİRME.	79
ŞEKİL 4.7 BİR OFİS BİNASININ DESIGN BÜİLDER ‘DA MODELİNİN EKİRAN GÖRÜNTÜSÜ.	82
ŞEKİL 4.8 DESIGN BÜİLDER PERFORMANS SİMÜLASYONU.	83
ŞEKİL 5. 1: OLUŞTURULAN İL LİSTESİ VE SEÇİME GÖRE DEĞER BELİRLEMESİ.	88
ŞEKİL 5. 2: BİNA İÇİN OLUŞTURULAN PARAMETRİK GEOMETRİ MODELİ.	89
ŞEKİL 5. 3: BİNAYI OLUŞTURAN PARAMETRELER.	89
ŞEKİL 5. 4: PENCERE / BRÜT CEPHE ORANINI KONTROL EDEN PARAMETRELER.....	90
ŞEKİL 5. 5: OLUŞTURULAN DIŞ DUVAR MALZEME TİPLERİ.	91
ŞEKİL 5. 6: OLUŞTURULAN PENCERE MALZEME TİPLERİ.	91

ŞEKİL 5. 7: BODRUM VE ÇATI MALZEMELERİ U-DEĞERİ GİRİŞ ALANLARI.....	92
ŞEKİL 5. 8: BİNA ELEMANLARINDAN OLUŞAN ISI KAYBI MİKTARLARIN TOPLAMASI.	93
ŞEKİL 5. 9: BİNA HER BİR CEPHESİNDEN KAZANILAN GÜNEŞ ISINLARI MİKTARI.	93
ŞEKİL 5. 10: ENERJİ PERFORMANSI, KAZAN KAPASİTESİ, YILLIK YAKIT TÜKETİMİ VE SEG GAZ SALIMI HESAPLARI.	94
ŞEKİL 5. 11: KULLANICIYA SUNULAN GÖRÜNÜM ALANIN NİHAİ HALİ.	95
ŞEKİL 5. 12: SCRIPT’İN SHAPEDİVER WEB SİTESİNDE YAYINLANMASI (SHAPE DİVER, 2021).	95

GİRİŞ

Dünya genelinde, toplam tüketilen enerjinin %40'lık bölümünü binalar oluşturmaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de binaların büyük çoğunluğu konut kullanımlıdır. Yaşamın sürekli devam etmesi, konfor koşullarının optimum değerler ile sağlanmasını gerektiren ve insan sağlığına yönelik durumlarla iç içe olması sebebiyle konutlarda enerji etkinliği büyük önem taşımaktadır.

Tüketimi etkileyen faktörlerin incelenerek uygun alternatifler geliştirilmesi ile konutlardaki enerji tüketimi azaltılabilir. Konut birimlerinde farklı yenilemeler ile %50 oranında enerji tasarrufu sağlanabilir (Özyurt, 2009)

Çalışmanın Amacı: Bu çalışmada, konut binasının enerji harcamasını optimize etmeye amaçlayan, tasarım sürecinde uygulanmak üzere; iklimlendirmenin doğal ve temel yöntemlerinin, yapı malzemesinin ısı geçirgenliğinin, yalıtım katmanlarının, çift cam ve üç camlı pencerelerin öneminin araştırılıp uygulanması hedefleniyor. Araştırma sürecinde incelenen tüm kriterler parametre haline getirilecek, "Rhino ve Grasshopper" yazılımları, "Python" yazılım dilini kullanarak bir modül oluşturulup; daha ileride yeni tasarım oluşturan mimar ve kurumlara yazılım olarak sunulacaktır.

Çalışmanın Kapsamı: Çalışmada incelemek ve gereken araştırmaları ve simülasyonları yürütmek üzere, TOKİ 'Yatay Mimari' sınıfı altına giren, 3. iklim bölgesinde bulunan Karabük C tipi konut projesi seçildi, projenin tüm detayları da incelendi.

Çalışma Yaklaşımı: 1. Aşama: Ele alınan TOKİ projesinin mevcut özellikleri incelenecek, bu verilere göre Yıllık Enerji Tüketimi hesaplanacak. 2. Aşamada: Mevcut binaya önerilecek değişiklikler uygulandıktan sonra geliştirilen modelin yeniden Yıllık Enerji Tüketimi hesaplanacak ve arasındaki fark karşılaştırılacak.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. TÜRKİYEDE ENERJİ- GENEL DEĞERLENDİRME

Enerji, ülkelerin ekonomik kalkınması ve sosyal zenginliği ve refahı için önemli bir faktördür. Modern toplum enerji olmadan mümkün olmaz. Aslında bir ulusun ilerlemesi, kişi başına ne kadar enerji tükettiği ile ilişkilendirilebilir. Ekonomi ilerledikçe ve insan toplumu daha fazla enerjiye ihtiyaç duyduğundan, fosil enerjinin eksikliği ve çevre üzerindeki kirliliği, enerji sağlama, çevre koruma ve ekonomik kalkınma arasında ciddi bir çelişkiye yol açmıştır (Tükenmez, M., & Demireli, , 2012). Bu nedenle, güneş, rüzgar, hidroelektrik ve biyokütle ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji, küresel enerji gereksinimlerini sürdürülebilir bir şekilde sağlamak için potansiyel kaynaklardır. Bu enerji kaynaklarının en iyi avantajları yerli temiz olduklarını ve ayrıca önemli bir özelliği de tükenmeyen enerji kaynaklarıdır.

1.1. ENERJİ KAYNAKLARI VE ÇEVREYE ETKİSİ

Türkiye, Avrupa ve Asya arasında yer almaktadır, Akdeniz, Ege ve Karadeniz'e komşudur. Türkiye kendi coğrafi konumunu transit ülke olarak kullanmaya çalışıyor. Türkiye'nin önemli yerli enerji kaynakları linyit, hidro ve biyokütledir. Elektrik, Türkiye'de ağırlıklı olarak kömür, linyit, doğal gaz, fuel oil ve jeotermal enerji tüketen termik santraller ve hidroelektrik santraller tarafından üretilmektedir. Enerji talebindeki tahmini artışları karşılamak için, Devletin enerji üretim kapasitesini artırmaya yönelik bir üretim kapasitesi genişletme planı vardır (Demirtas, 2006); (Ozturk, H. K., Yilanci, A. & Atalay, O, 2007). Gelişmekte olan bir ülke olarak, Türkiye'nin nüfusu artmaya devam ediyor ve gittikçe daha fazla enerjiye bağımlı hayatlar yaşıyor enerji arzının geleceği büyüyor. Türkiye'de şu anda elektrik üretmek için kullanılan birçok enerji kaynağı bulunmaktadır.

1.1.1. Fosil Yakıtlar

2050 ve sonrasında gelecekteki enerji talebini karşılamak için, fosil yakıtlar ve uranyum dahil olmak üzere geleneksel enerji kaynaklarının mevcut rezervlerinin

kapsamını ve çevresel kaygılar nedeniyle bunlara getirilen sınırlamaları bilmek önemlidir.

Öte yandan, British Petroleum (BP) tahmini petrol rezervleri doğruysa, dünya petrol üretimi çoktan zirveye ulaşmış olabilir (B. P., 2008). Bununla birlikte, nihai petrol rezervleri tahminleri kullanılırsa, petrol üretimi zirveden önce biraz daha artabilir. Hiç şüphe yok ki, dünya zirvesine ulaşıldığında ve petrol üretimi düşmeye başladığında, talep ile arz arasındaki farkı kapatmak için alternatif yakıtların tedarik edilmesi gerekecek ya da yakıt maliyeti hızla artacak ve benzeri görülmemiş bir sosyal ve ekonomik durum oluşturacaktır. tüm ulaşım sistemi için ekonomik kriz (IEA, World energy outlook, 2009).

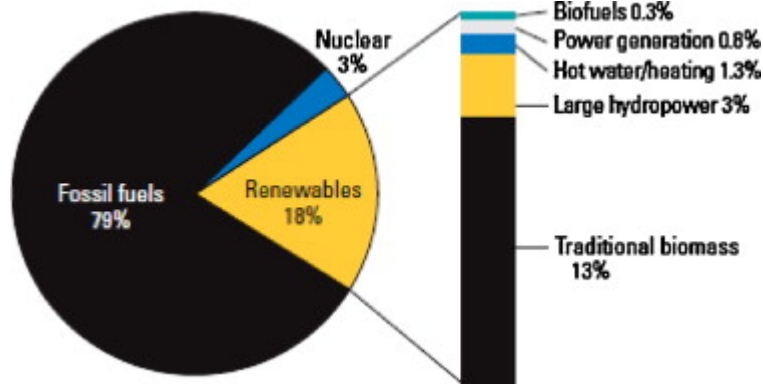
Kömür, Türkiye için mevcut olan en büyük fosil kaynağıdır ve çevresel kaygılardan en sorunlu olanıdır. Tüm göstergelere göre, Çin, Hindistan, Avustralya ve diğer ülkelerde beklenen artışlar nedeniyle dünya genelinde elektrik üretimi için kömür kullanımı artmaya devam edecek. Çevresel bir bakış açısıyla, karbon tutma özelliğine sahip gelişmiş “temiz kömür teknolojisi” “clean coal technology” (CCT) uygulanmadıkça bu sürdürülemez olacaktır (IEA I. E., 2008); (WEC, 2007).CCT, yakıt yakılmadan önce CO₂ ve kirleticilerin giderilmesi ile elektrik sağlamak için kömürü bir türbinde kullanılan gaza dönüştüren entegre gazlaştırma kombine çevrimine (IGCC) dayanmaktadır. Ancak, henüz ticari ölçekte çalışan hiçbir karbon yakalama ve depolama sistemi yoktur. IEA'nın tahminlerine göre (IEA I. E., 2008), (IEA, World energy outlook, 2009). 2030 yılına kadar fosil yakıtların mevcut payları herhangi bir karbon tutulumu olmaksızın sürdürülürse, atmosfere yaklaşık 1000 gigatonluk bir kümülatif miktarda karbon salınacaktır (IEA I. E., 2008) .Yaklaşık 300 gigaton karbonun mevcut toplam kümülatif emisyonlarının şimdiden küresel iklim değişikliği hakkında ciddi endişeler uyandırdığı için bu durum ciddi bir şekilde tehlikelidir (IEA, World energy outlook, 2009).

Nükleer atıklar ve diğer çevresel etkiler, yakıt ve atıkların güvenliği ve bunların silah üretimine yönlendirilme olasılığı hakkında önemli endişeler var. Şu anda, Uranyum nükleer enerji için kullanılan tek yakıttır. Bilinen uranyum rezervlerine dayanarak, nükleer enerjinin gelecekteki enerjimizin önemli bir bölümünü sağlaması olası değildir. Öte yandan, toryum nükleer fisyon için de kullanılabilir; ancak bugüne

kadar hiç kimse toryuma dayalı ticari bir nükleer santral geliştirmedir. Bu kaynaklar potansiyel olarak büyük olmasına rağmen, maliyet etkin geri kazanımları oldukça tartışmalıdır (WEC, 2007).

1.1.2. Yenilenebilir Enerji

2007 yılında elektrik üretimi için tüm yenilenebilir kaynakların toplam payı yaklaşık %17,6 idi. Bununla birlikte, yenilenebilir enerji arzının neredeyse %80'i biyokütledendi ve gelişmekte olan ülkelerde çoğunlukla çok verimsiz olan geleneksel açık yanma ile dönüştürülür. Verimsiz kullanımı nedeniyle, biyokütle kaynakları şu anda modern, daha verimli, mevcut teknolojilerle dönüştürülebileceklerinin yalnızca %20'sini sağlıyor. (REN21, 2007) (WEC, 2007).



Şekil 1.1 Küresel nihai enerji tüketiminin yenilenebilir enerji payı

Rüzgâr teknolojisi son yirmi yılda önemli ölçüde ilerlemiş ve sermaye maliyetlerini kW başına 900\$'a kadar düşürmüştür. Bu sermaye maliyetleri düzeyinde, rüzgâr enerjisi oldukça iyi rüzgâr kaynaklarına sahip yerlerde zaten ekonomiktir. Bu nedenle, dünya rüzgâr enerjisi kapasitesindeki ortalama yıllık büyüme, son on yılda 8'den 94 GW'a yükseldi. Toplam küresel kurulu güç kapasitesi 2007 yılında 94 GW seviyesine ulaştı (GWEA, 2009). Dünyanın karadaki rüzgâr enerjisi için toplam teorik potansiyeli, en az 2,0 TW pratik potansiyel ile 55 TW civarındadır. Açık deniz rüzgâr enerjisi potansiyeli daha da büyüktür (Lund, 2007).

Dünya atmosferine sürekli olarak çarpan güneş ışığı miktarı 1.75×10^5 TW'dir. Atmosferik bulut örtüsünden %60'lık bir geçirgenlik göz önüne alındığında, 1.05×10^5 TW sürekli olarak dünya yüzeyine ulaşır. Dünya yüzeyinin sadece %1'lik

kısımındaki ışınım %10 verimle elektrik enerjisine dönüştürülebilseydi, 105 TW'lık bir kaynak tabanı sağlarken, 2050 yılı için toplam küresel enerji ihtiyacının 25-30 TW civarında olacağı tahmin ediliyor (WEC, 2007). Güneş enerjisi teknolojilerinin mevcut durumu öyledir ki, tek güneş pili verimlilikleri, PV'nin yaklaşık %40'ta yoğunlaştırılmasıyla %20'nin üzerine çıkmıştır ve güneş enerjisi sistemleri, %40-60 verimlilik sağlar (IEA, World energy outlook, 2009).

PV üretiminde dünya çapındaki büyüme, son on yılda ortalama %50'den fazla olmuştur. Konsantre güneş kolektörlerini kullanan güneş enerjisi, şebeke gücü potansiyelini gösteren ilk güneş enerjisi teknolojisiydi (REN21, 2007). O zamandan sonra, zayıf politika ve Ar-Ge eksikliği nedeniyle güneş enerjisiyle termik enerjideki ilerleme durdu. Ancak, son 5 yılda bu alana ilgi yeniden canlandı ve dünya çapında bir dizi güneş enerjisi santrali yapım aşamasında. Bu santrallerden elde edilen enerjinin maliyeti, ölçeğin büyütülmesi ve kitlesel bir pazarın oluşturulmasıyla 0,05 \$/kW saate düşme potansiyeline sahiptir. Güneş enerjisinin bir avantajı, termal enerjinin verimli bir şekilde depolanabilmesi ve sürekli çalışmayı sağlamak için doğal gaz veya biyogaz gibi yakıtların yedek olarak kullanılabilmesidir (WEC, 2007).

Teorik olarak hasat edilebilir biyokütle enerji potansiyeli 90 TW mertebesinde olmasına rağmen, sürdürülebilir bir temelde teknik potansiyel 8-13 TW/yıl mertebesinde (IEA, World energy outlook, 2009). Bu potansiyel, dünyanın mevcut elektrik üretim kapasitesinin 3-4 katıdır. Bir enerji kaynağı olarak biyokütlenin en büyük avantajı, ulaşım yakıtlarına nispeten basit dönüşümüdür. Biyoyakıtlar, bugün ABD'de ulaşım için kullanılan petrol yakıtlarının %75 kadarını ek altyapı geliştirmeye ihtiyaç duymadan değiştirme potansiyeline sahiptir. Elektrikli araçlar ve hidrojen gibi diğer ulaşım seçenekleriyle birlikte biyoyakıtlar, gelecekteki ulaşım için yakıt tabanının çeşitlendirilmesine yardımcı olacaktır. 2000 ve 2005 yılları arasında küresel etanol üretimi iki kattan fazla artarak 36 milyar litreye ulaştı (IEA, World energy outlook, 2009).

1.1.3. Yenilenebilir Enerji ve İklim Değişiklikleri

Gelişmenin sürdürülebilir olması için, enerji hizmetlerinin sunumunun güvenli olması ve çevresel etkilerinin düşük olması gerekir (UNDP, 2002). Sürdürülebilir

sosyal ve ekonomik geliştirme, temel ve sürdürülebilir enerji hizmetleri sağlamak için gerekli enerji kaynaklarına garantili ve uygun fiyatlı erişimi gerektirir. Bu, ekonomik kalkınmanın farklı aşamalarında farklı stratejilerin uygulanması anlamına gelebilir. Çevre dostu olmak için, enerji hizmetleri, sera gazı emisyonları dahil olmak üzere düşük çevresel etkilerle sağlanmalıdır (Johansson & Goldemberg , 2005); (UNDP, 2002).

2004 yılında fosil yakıtların yanması, tüm antropojenik GHG sera gazı emisyonlarının (CO₂-Eq) %56,6'sını oluşturuyordu (IEA, World energy outlook, 2009). Bununla birlikte, fosil yakıtlardan çok daha düşük miktarlarda CO₂ salan yenilenebilir enerji teknolojileri büyüyor.

Yenilenebilir enerji kullanımı son yıllarda hızla artmaktadır (REN21, 2007). Çoğu koşulda, yenilenebilir enerjinin enerji karışımındaki payını artırmak, enerji sistemindeki değişiklikleri teşvik edecek politikalar gerektirecektir. Hükümet politikası, birçok yenilenebilir enerji teknolojisinin azalan maliyeti, fosil yakıt fiyatlarındaki değişiklikler ve diğer faktörler, yenilenebilir enerji kullanımındaki devam eden artışı desteklemiştir. Yenilenebilir enerji hala nispeten küçük olsa da, büyümesi son yıllarda hızlandı (IEA, World energy outlook, 2009). 2009 yılında, küresel finansal zorluklara rağmen, yenilenebilir enerji kapasitesi hızla büyümeye devam etti, rüzgar enerjisi dahil (%32, 38 GW eklendi), hidroelektrik (%3, 31 GW eklendi), ağa bağlı fotovoltaikler (%53, 7,5 GW eklendi) , jeotermal güç (%4, 0,4 GW), ve güneş enerjili sıcak su/ısıtmak (%21, 31 GWth) (REN21, 2007). 2008'den 2009'a kadar olan iki yıllık dönemde küresel olarak eklenen yaklaşık 300 GW yeni elektrik üretim kapasitesi, 140 GW yenilenebilir enerji ilavelerinden geldi.

Yenilenebilir enerji teknolojilerinin çoğu, fosil yakıtlara kıyasla atmosfere düşük spesifik CO₂ emisyonlarına sahiptir ve bu da onları iklim değişikliğini ele almak için kullanışlı araçlar haline getirir (IPCC, 2011).. Yenilenebilir bir kaynağın sürdürülebilir olması için tükenmez olması ve iklim sistemi de dahil olmak üzere çevresel mal ve hizmetlerin sunumuna zarar vermemesi gerekir. Sürdürülebilir olması için, enerjinin uzun vadede ekonomik olarak da karşılanabilir olması gerekir; toplumsal ihtiyaçları karşılamalı ve şimdi ve gelecekte sosyal normlarla uyumlu

olmalıdır. Sürdürülebilirliğin tüm boyutlarının karşılandığından emin olmak için her bir enerji kaynağının tüm yaşam döngüsünü değerlendirmek önemlidir (IPCC, 2011).

1.1.4. Enerji Üretiminden Kaynaklanan Kirliliğin Azaltılması

Hükümet, enerji üretiminden kaynaklanan kirliliği azaltmak için düzenleyici çerçeveyi daha da reforme etti. 2006 yılında, Endüstriyel Tesislerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, yakma tesislerinden kaynaklanan NO_x, SO₂, CO ve PM emisyonları için standartlar belirledi. Hem katı hem de sıvı yakıtla çalışan enerji santralleri için PM ve CO standartları düşürüldü. Katı yakıtlı santraller için PM standartları 150'den 100 mg/m³'e düşürüldü ve CO standartları 250'den 200 mg/m³'e (katı yakıtla çalışan tesisler için) ve 175'ten 150 mg/m³'e (sıvı yakıt için) düşürüldü (Kaygusuz, 2009); (IEA, World energy outlook, 2009).

1.1.5. Yenilenebilir Enerjiyi Teşvik Etme

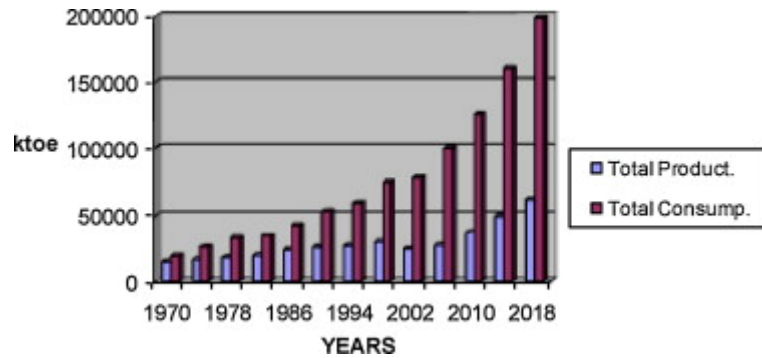
Türkiye'de kullanılan yenilenebilir kaynakların yarısından fazlası yanıcı yakıtlar ve atıklardır, geri kalanı ise ağırlıklı olarak hidro, güneş ve jeotermaldir. Türkiye hidroelektrik, rüzgar ve jeotermal kaynaklar açısından zengin bir kaynaklara sahiptir. Sektörel çalışmalar, küçük ölçekli hidroelektriğin yeterince geliştirilmediğini ve yıllık toplam 33 TWh elektrik üretim potansiyeli olduğunu göstermiştir (DSI, 2009). Türkiye'nin yılda yaklaşık 25 TWh elektrik üretebilen 48.000 MW'a kadar rüzgar enerjisi kapasitesi potansiyeli olduğu tahmin edilmektedir (I.E.A, 2010)

Türkiye'de jeotermal ve güneş enerjisi uygulamaları için de büyük bir potansiyel bulunmaktadır. Güneş kollektörleri zaten önemli, pazar odaklı bir işletmedir. Hükümet, jeotermal ve güneş enerjisi kullanımının 2008 ile 2020 arasında ikiye katlanmasını bekliyor. Öte yandan, yenilenebilir enerjinin ticari kullanımı hızla gelişmemiştir. Yenilenebilir enerji projelerinin geliştirilmesi için mali yardım sağlanıyor. 2008'de 500 milyon ABD doları kullanılabilir hale getirildi; 2011 yılına kadar yaklaşık yarısı, hazırlık aşamasında olan birkaç başka projeye birlikte 36 projeyi finanse etmeyi taahhüt etmişti (I.E.A, 2010).

1.2. TÜRKİYEDE ENERJİ KULLANIMI

Gelişmekte olan bir ülke olarak, hızla büyüyen ekonomisi ve nüfusu ile birlikte Türkiye'nin enerji tüketimi 1996-2008 yılları arasında hızla artmıştır. 1996 yılında toplam birincil enerji tüketimi 70.776 kiloton petrol eşdeğeri (ktep) iken, 2008 yılında 106.338 kteo yükselmiştir. Öte yandan, 1996 yılında toplam enerji üretimi 28.293 ve 2008 yılında 29.263 kteo idi. Sanayi sektörü toplam enerji tüketiminin %36'sını oluştururken, konut ve ticaret sektörleri 2008'de %33'ü temsil etti. ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı) istatistiklerine göre son yıllarda sanayi ve konut sektörleri arasındaki fark önceki yıllara göre çok daha fazla artmıştır.

Şekil 1. 2'de görüldüğü gibi, Türkiye enerji ithal eden bir ülkedir ve ithal enerji kaynaklarına bağımlıdır. Ayrıca, bu eğilim gelecekte de devam edecek gibi görünüyor. Çok çeşitli enerji kaynaklarına sahip olmasına rağmen, kaynakların çoğunun nitelik ve niceliği enerji üretimi için yeterli değildir. Türkiye'deki enerji kaynaklarından bazıları taşkömürü, linyit, asfalt, petrol, doğal gaz, hidroelektrik, jeotermal, odun, hayvan ve bitki atıkları, güneş ve rüzgâr enerjisidir (MNER, 2008). En bol yerli enerji kaynağı olan linyitin kanıtlanmış rezervi 7300 milyon ton olup, ülkenin hemen hemen tüm bölgelerinde bulunmaktadır. Linyit, %42,5'lik pay ile toplam enerji üretiminde en büyük paya sahiptir. Toplam enerji üretiminde linyitten sonra odun %20 ile en büyük paya sahipken, %13 petrol, %12,4 hidro ve son %15 hayvansal atıklar, güneş, taşkömürü, doğalgaz, jeotermal elektrik ve jeotermal ısıyı içermektedir (MENR, 2008).



Şekil 1.2 Türkiye'de toplam enerji üretimi ve tüketimi.

Son yıllarda üretimde en önemli gelişmeler hidroelektrik, jeotermal, güneş enerjisi ve kömür üretiminde gözlenmektedir. Türkiye'nin hidroelektrik, jeotermal ve

güneş termal enerji kullanımını 1990'dan bu yana arttı. Ancak, ticari olmayan biyokütle kullanımının azalması ve doğal gazın sistemdeki artan rolü nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam nihai enerji tüketimi (TFEC) içindeki toplam payı azalmıştır (MEF, 2007); (TEIAS, 2009).

1.3. TÜRKİYEDE YENİLENEBİLİR ENERJİ

Türkiye'de yenilenebilir enerji arzına hidroelektrik ve biyokütle hakimdir (Kaygusuz K., 2010; Yuksek, Kömürcü, Yuksel & Kaygusuz, 2006), ancak çevresel ve arz kıtlığı endişeleri, esas olarak konut ısıtması için biyokütle kullanımında bir düşüşe yol açtı. Biyokütle arzındaki azalma nedeniyle toplam yenilenebilir enerji arzı 1990'dan 2007'ye düştü (K. Kaygusuz, 2010). Sonuç olarak, yenilenebilir enerji arzının bileşimi değişti ve rüzgar enerjisi pazar payı talep etmeye başladı. Hava kirliliğine ve ormansızlaşmaya katkıda bulunan biyokütlenin yenilenebilir enerji payındaki payının, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşmasıyla azalması bekleniyor. (Celiktas, M. S., & Gocar, G, 2009).

1.3.1. Güneş Enerjisi

Yıllık ortalama güneş radyasyonu 3,6 kWh/m²-gün ve toplam yıllık radyasyon periyodu yaklaşık 2640 saat olup, güneş enerjisi uygulamaları için yeterli enerjiyi sağlamak için yeterlidir. Bu yüksek potansiyele rağmen, güneş enerjisi artık düz plaka güneş kolektörleri dışında yaygın olarak kullanılmamaktadır. Çoğunlukla güneşli kıyı bölgelerinde, yalnızca sıcak kullanım suyu üretimi için kullanılırlar. 2006 yılında ülke yaklaşık 7,0 milyon m² güneş kolektörüne sahiptir ve 2006 yılında toplam enerji üretiminin 0,390 Mtep civarında olduğu tahmin edilmektedir. Güneş enerjisi en önemli yenilenebilir enerji kaynağı olmasına rağmen, Türkiye gibi güneş enerjisi potansiyeli yüksek ülkelerde bile henüz yaygın olarak ticari hale gelmemiştir (EIE, 2009). Türkiye'de binaların ısıtılması ve soğutulması için harcanan enerji 2006 yılı için 23 Mtep civarındaydı (MENR, 2008). Türkiye'deki ortalama bir hane, alan ısıtma için toplam enerji tüketiminin %60'ından fazlasına ihtiyaç duyuyor. Ülkenin güney bölgesinde yaz mevsiminde binalarda soğutma ihtiyacı hızla arttı. Bunun nedeni, genel iklim ve mimari sınır koşullarının yanı sıra, iç soğutma yükünün artması ve daha yüksek konfor gereksinimleridir. Bu yönler, Türkiye'de gelişmiş termal enerji

depolama teknolojilerinin uygulanması için bu alandaki büyük potansiyeli göstermektedir (Bilgen, S., Keleş, S, Kaygusuz, A., Sarı, A., & Kaygusuz, A., 2008).

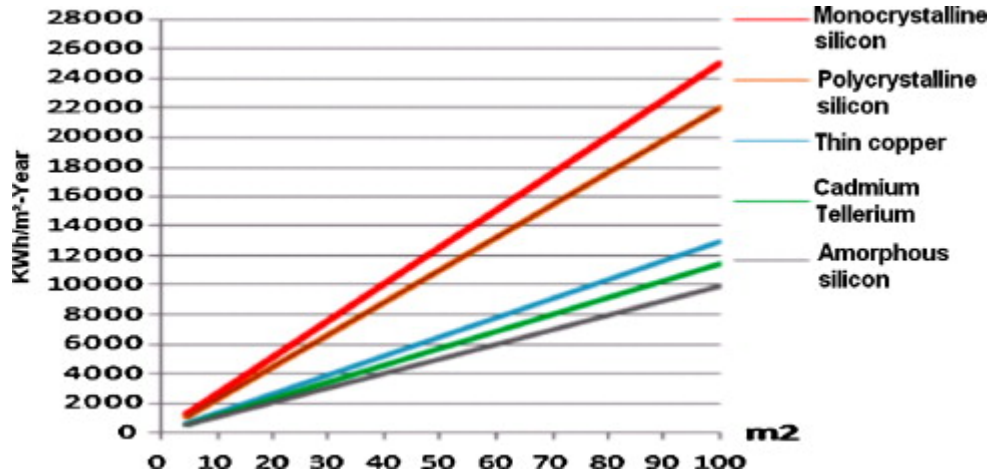
Türkiye'deki FotoVoltaik sektörü hala oldukça küçüktür ve yalnızca az sayıda çalışana iş sağlamaktadır. Ana aktörler birkaç şirketten ve bir dizi araştırma enstitüsünden oluşmaktadır. Türkiye'de Fotovoltaik (PV) sektöründe faaliyet gösteren yaklaşık 30 firma bulunmaktadır. Başlıca iş türleri ithalatçı, toptancı tedarikçi, sistem entegratörü ve perakende satıştır. Firmalar tesisat, mühendislik ve proje geliştirme sektörlerinde hizmet vermektedir. PV modülleri, akü şarj kontrolörleri ve invertörler ağırlıklı olarak ithal edilmektedir. Piller, güneş aydınlatma sistemleri vb. iç piyasadan temin edilebilir. Yerli ürünlerin bir kısmı ihraç edilmektedir. Türkiye'de hücre üretim fabrikası yok (EIE, 2009).

Türkiye'nin bir fotovoltaik pazarı olarak potansiyeli çok büyüktür, çünkü ülke güneş radyasyonu ve güneş enerjisi çiftlikleri için geniş araziler bakımından zengindir. Halihazırda Türkiye'nin daha fazla PV enerjisi üretimine ve fazla enerjinin şebekeye satılmasına imkan veren makul bir yasal yapısı bulunmamaktadır. Bu nedenle, çoğu PV uygulaması bağımsız güç sistemleri için kullanılır. Türk hükümeti yasal yapıyı PV şebekeye bağlı güç sistemlerine göre düzenlemek ve maliyetin bir kısmını finanse etmek zorundadır. Türkiye, Avrupa standartlarını karşılamak için yenilenebilir enerji alanında tarife garantisine ihtiyaç duyuyor; Türkiye Avrupa Birliği'ne tam üyelik istiyor. Fotovoltaik güç sistemleri Türkiye'de yeni enerji programlarına dahil edilmelidir (Akpınar, A., Kömürcü, M. I., Kankal, M., Ozoker, H. I., & Kaygusuz, K., 2008).

Türkiye'nin enerji politikası hedefleri temel olarak enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesini, yerli enerji kaynaklarının kullanılmasını, elektrik üretim ve tüketiminde verimliliğin artırılmasını ve çevre dostu bir enerji sisteminin oluşturulmasını gerektirmektedir. Tüm bu hedeflerin yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam elektrik üretimindeki payının artırılmasını kapsadığı açıktır (EIE, 2009). Türk hükümeti ve vatandaşları son yıllarda rüzgar enerjisine aşına olmalarına ve yenilenebilir enerji teknolojileri olarak kabul etmelerine rağmen, çoğu alternatif enerji kaynağı olarak güneş enerjisi potansiyelleri hakkında yeterli bilgiye sahip değildir. Türk halkının çoğu güneş enerjisinin sadece su ısıtmak için kullanılabileceğini

düşünüyor. PV sistemlerinin anlaşılmasını ve kabul edilmesini geliştirmek için, ilk olarak, PV panellerin üretimi ve PV güç sistemlerinin düşük maliyetli sistemler için kullanımı teşvik edilmelidir (I.E.A, 2010).

Fotovoltaik (PV), silikon kristalleri aracılığıyla güneşten elektrik elde etme yöntemidir. Yeşil alanlar oluşturmak için P tipi malzemeden (örn. Alüminyum, Galyum, İndiyum) biri ile kaplanmış alt kısımdaki kristal güneş pili tabakası Gezgin elektronlar oluşturan arsenik, fosfor veya antimon gibi kimyasallarla kaplanmış N tipi üst katman Elektronlara düşen ışık onları alt katmanlardan (P bölgesi) uyarır. Güneş pilinde bu elektronlar iki tabakayı ayıran çizilen yollarda kısa devre yapar ve çizilen yoldan tekrar N bölgesine doğru devre yapar ve böylece elektrik üretir. Günümüz teknolojisi ile PV'de kullanılan malzemeye bağlı olarak güneşin toplam potansiyelinin yaklaşık %15'i elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. PV tipine ve alanına bağlı olarak, Türkiye'de üretilebilecek enerji miktarı Şekil 1. 3'te gösterilmiştir. (Sensoy, S., Ulupınar, Y., Demircan, M., Alan, I. & Bostan, P.A, 2010).



Şekil 1.3 Türkiye'de PV tipi ve alanına göre üretilebilecek enerji miktarı (kW h/Yıl).

İKİNCİ BÖLÜM

2. BİNALARDA ISI KAYBI

Türk standartları ve ilgili yönetmelikler; inşa edilecek her binanın malzemesi, şekli, alanları ve mahalle ve yakın çevre ile olan ilişkisi ile ilgili tüm hususlarda özen göstermiştir.

TS 825 standardı, binalarda ısıtma enerjisi ihtiyacının belirlenmesi ve izin verilen sınır değerlerle karşılaştırılması için hesaplama kurallarını tanımlar. TS 825 standardı ilk haliyle, 1998 yılında Türk Standartları Enstitüsü tarafından yürürlüğe girmiştir.

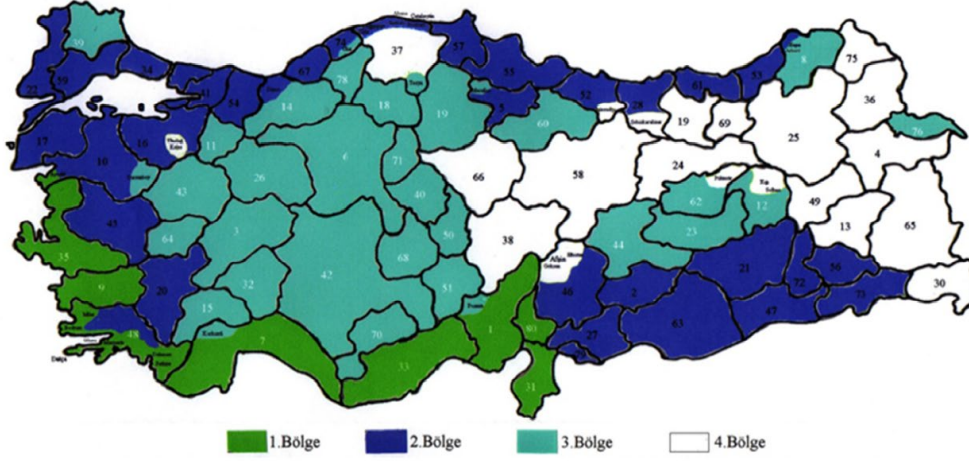
TS 825 – Binalarda Isı Yalıtım Kuralları: bu standardın amacı, ülkemizdeki binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamayı, dolayısıyla enerji tasarrufunu artırmayı ve enerji ihtiyacının hesaplanması sırasında kullanılacak standart hesap metodunu ve değerlerini belirlemektir. (14 Haziran 1999 tarih ve 23725 sayılı Resmî Gazete)

Türk Standartları Yönetmeliğinde belirtilen ısı kaybı hesaplama yöntemiyle başlayabilmek için üzerinde çalıştığımız binaya ait bazı verilere sahip olmalıyız, bunları aşağıdaki şekilde sınıflandırıyoruz:

2.1. ÇALIŞMA KONUSU BİNA HANGİ ISI BÖLGESİNDE BULUNMAKTADIR

Geçmişte bilinçsiz ve aşırı enerji tüketiminden kaynaklanan enerji krizi ile ülkenin endüstriyel seviyesini ve ülkedeki yaşandığı refah seviyesini direk bir şekilde etkilemiştir. Buna bir yanıt olarak devlet kurulları, enerjinin rastgele kullanımını sınırlayan ve her bina sakinlerine gerekli konforu sağlayan düzenlemeler yapmak istedi.

Termal bölgelerin tespiti kapsamında yerin iklim sertliği ölçülerek ve derece-gün hassasiyeti ile ölçülerek bölgenin karakter özellikleri görüntülenebilir. Bu yöntem sayesinde bir binanın ısıtma ve soğutma enerjisi için gerekli minimum değerlerin belirlenmesi mümkündür. Coğrafi bölgelerin farklı hava koşullarından kaynaklanan termal bölgelere ayırması, sadece Türkiye'de değil tüm dünyada uygulanan bir yöntemdir. Farklı hava koşullarından kaynaklanan bu ayırım, her bölgede inşa edilecek binanın tipi, malzemesi ve detayları gibi çok bir yanını etkiler ve kabul edilebilir değerlerini tavsiyede bulunur.



01. ADANA	10. BALIKESİR	19. ÇORUM	28. GİRESUN	37. KASTAMONU	46. K.MARAŞ	55. SAMSUN	64. UŞAK	73. ŞIRNAK
02. ADYAMAN	11. BİLECİK	20. DENİZLİ	29. GUMUŞHANE	38. KAYSERİ	47. MARDİN	56. SİİRT	65. VAN	74. BARTIN
03. AFYON	12. BİNGÖL	21. DIYARBAKIR	30. HAKKARİ	39. KIRKLARELİ	48. MUĞLA	57. SİNOP	66. YOZGAT	75. ARDAHAN
04. AĞRI	13. BİTLİS	22. EDİRNE	31. HATAY	40. KIRŞEHİR	49. MUŞ	58. SİVAS	67. ZONGULDAK	76. İGDIR
05. AMASYA	14. BOLU	23. ELAZIĞ	32. İSPARTA	41. KOCAELİ	50. NEVSEHİR	59. TEKİRDAĞ	68. AKSARAY	77. YALOVA
06. ANKARA	15. BURDUR	24. ERZİNCAN	33. İÇEL	42. KONYA	51. NİĞDE	60. TOKAT	69. BAYBURT	78. KARABUK
07. ANTALYA	16. BURSA	25. ERZURUM	34. İSTANBUL	43. KÜTAHYA	52. ORDU	61. TRABZON	70. KARAMAN	79. KİLİS
08. ARTVIN	17. ÇANAKKALE	26. ESKİŞEHİR	35. İZMİR	44. MALATYA	53. RİZE	62. TUNCELİ	71. KIRIKKALE	80. OSMANİYE
09. AYDIN	18. ÇANKIRI	27. GAZİANTEP	36. KARS	45. MANİSA	54. SAKARYA	63. ŞANLIURFA	72. BATMAN	81. DÜZCE

Şekil 2. 1 İllere Göre Türkiye'nin Derece Gün Bölgeleri [TS825].

Derece-Gün Bölgesi: İl ve bazı ilçeler coğrafi konumlarının iklim koşullarına göre TS 825 kapsamında dört farklı derece gün bölgesine ayrılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan aylık sıcaklık ortalamaları ve güneş enerjisi radyasyon yoğunluğu gibi kabul değerleri, farklı derece-gün bölge sınıflandırmalarına göre belirlenmiştir.

Tablo 2.1 TS 825 EK B'ye Göre Bölgelerin aylık Ortalama Dış Sıcaklık Değerleri

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

Türkiyede ısı kaybı hesapları, dış ortalama sıcaklığın 15 derecenin altında olduğu zamanlar için yapılmaktadır.

2.2. BİNANIN FORMU ORYANTASYONU ve TOPOLOJİSİ

Geçmişte bilinçsiz ve aşırı enerji tüketiminden kaynaklanan enerji krizi ile ülkenin endüstriyel seviyesini ve ülkedeki yaşandığı refah seviyesini direk bir şekilde

2.2.1. Binanın Formu

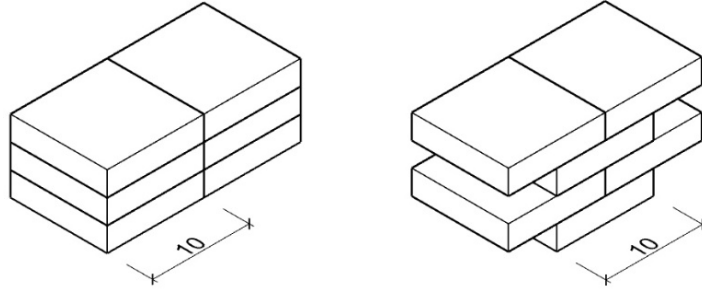
Konut biçimsel özelliği, yatay-dikey boyut, yüzey-taban alan, hacim, girinti, çıkıntı, cephe eğim, düzlük gibi geometrik değer ve şekillerinden oluşur. Bu özellik enerji etkin pasif sistemler için önemli bir parametredir. Biçim (Form), bir binanın şeklini veya konfigürasyonunu ifade eder. Biçim, mimarinin temel unsurlarını oluşturan kavramlardan biridir. Tasarım sürecinde hem forma hem de mekâna şekil ve ölçek verilir. Ek olarak, bir bina formunun yakın alanı ve komşu binalara göre yerleştirilmesi, bu form / mekân ilişkisinin bir başka önemli yönüdür.

Bina Formunun Isı Kaybına Etkisi: Binanın formu, enerji açısından nasıl davrandığı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Akılda tutulması gereken ana düşüncedir: Bir formun, sabit bir hacmi için, dış yüzey alanı ne kadar küçülürse o kadar çok enerji tasarrufu sağlar. Ve aynı mantıkla, yüzey alanı büyüdüğü zaman, böylece maruz kalan ve dış haça ile temasta kalan alan büyür ve bu şekilde daha fazla enerji kaybeder. (ARINÇ, 2021)

Bir bina formunu tasarlarırken bu oranını kontrol edip, olabildiği kadar düşük tutmamız gerekir:

$$\frac{A}{V} = \frac{\text{Binanın Dış Hava ile Temas Alanı (m}^2\text{)}}{\text{Binanın Brüt Hacmi (m}^3\text{)}}$$








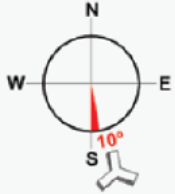


Örnek olarak aşağıdaki iki farklı form kıyasladığımızda onlardan hangisi enerji tasarrufu yönünden daha verimli olduğunu çıkarabiliriz.



Şekil 2.2 Aynı hacme sahip iki form kıyaslama (ARINÇ, 2021)

Bu örnekte kullanılan iki formda aynı birimden 6 tanesi bulunuyor, birimin en ve boyunu 10 metre, yüksekliğini 3 metre olarak varsayarak; soldaki formun Alan/Hacim oranı bu şekilde olur $\frac{A}{V} = \frac{740 \text{ (m}^2\text{)}}{1800 \text{ (m}^3\text{)}}$, ancak sağdaki formun Alan/Hacim oranı $\frac{A}{V} = \frac{1100 \text{ (m}^2\text{)}}{1800 \text{ (m}^3\text{)}}$ olur. Sonuç olarak soldaki formun alan/hacim oranı daha küçük olduğu için; ısı korunması bakımından daha uygun olduğunu anlayabiliriz.

Şekil 2. 3' de Türkiye'de binalarda enerji tasarrufu için farklı iklim bölgeleri üzerinde inşa edilen konutların form ve yönlendirilişi üzerine yapılan çalışmada optimum tasarım detayları açıklanmıştır (Zeren L., 1987).

İKLİM BÖLGESİ	BİNA FORMU	BİNA YÖNLENDİRİLİŞİ (optimum yön)
SICAK NEMLİ (Pilot şehir: Antalya)	Rüzgara açık yüzeyli, uzun dikdörtgene yakın 	
SICAK KURU (Pilot şehir: Diyarbakır)	Avlulu, kare tabanlı, avlulu mekana açık yüzeyli 	
ILIMLI KURU (Pilot şehir: Ankara)	Isıtmanın istendiği dönemde rüzgara kapalı, kareye yakın kompakt 	
ILIMLI NEMLİ (Pilot şehir: İstanbul)	Isıtmanın istenmediği dönemdeki rüzgara geniş yüzeyli, dikdörtgen ya da serbest planlı 	
SOĞUK (Pilot şehir: Erzurum)	Rüzgara az yüzey veren, dış yüzeyi minimize eden, kompakt, kare vb. tabanlı 	

Şekil 2.3 Farklı iklimlere göre bina formları ve yönleri (Zeren L., 1987).

2.2.2. Binanın Yönü

Yapının konumlandığı iklim ve coğrafyaya göre, güneş ve rüzgârdan maksimum faydalanma ya da korunma için yön kavramı çok önemlidir. Bir binanın tasarım kararlarını alırken binaya en uygun yönü bulmak da kritik bir noktadır. Türkiye'nin durumuna göre güneş ışınlarının güneyden vurduğu biliniyor, bu nedenle binaların önemli ve daha büyük cephelerinin güneye yönlendirilmesi gibi basit bir adımın bile binanın enerji kullanımı üzerinde çok etkili olduğu biliniyor. İdeal ısı

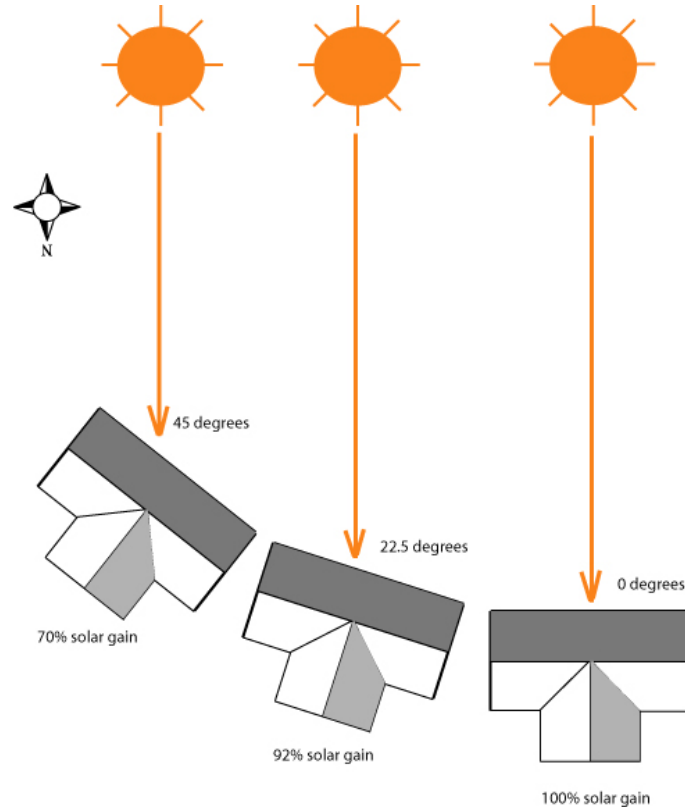
kazanç için konutun uzun aksını doğu batı ekseninde konumlandırarak, güneşlenen maksimum cephe alanının güneye bakması sağlanır (Chiras, 2002).

Aşağıdaki tabloda gösterildiği gibi, güney cepheler güneş ışınlarından diğer cephelere göre çok daha fazla enerji alırken, kuzey cepheler en düşük değerleri alıyor.

Tablo 2.2 TS825'e göre Bütün Bölgelerin Aylık Güneş Işınım Şiddet Değerleri (W/m^2)

Yön	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Güney	72	84	95	83	92	95	93	93	89	82	67	64
Kuzey	26	37	52	66	79	83	81	73	57	40	27	22
Doğu Batı	43	57	77	90	114	122	118	106	81	59	41	37

Güney-Doğu ve Güney-Batı, Güney gibi işlem görmekte, Kuzey-Doğu ve Kuzey-Batı Kuzey gibi işlem görmektedir.



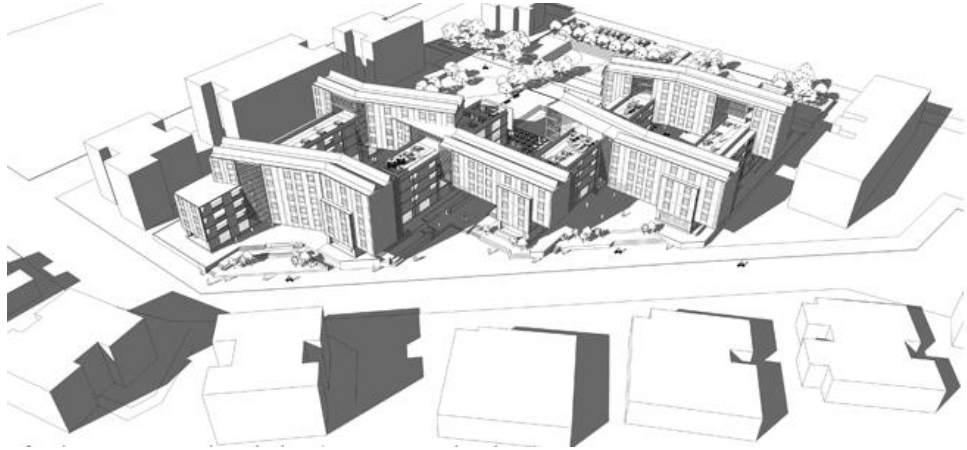
Şekil 2.4 Farklı iklimlere göre bina formları ve yönleri (Barnes, 2010).

2.2.3. Binanın Diğer Binalara Göre Konumu

Bina tasarım kararları ile ilgili bir diğer kriter ise, binanın diğer binalara göre konumu; bina bitişik nizamda olması veya müstakil olması, bitişik nizamda olanın gerekli ısınmayı sağlamak için daha az enerjiye ihtiyacı olacağı açıktır. Bina konumu, çevresel faktörler ve diğer binalara göre belirlenmelidir.

Binanın analizine geçmeden önce sorulması gereken önemli sorular; binanın etrafında kendisinden yüksek bina bulunuyormu? Ve bulunması halinde çalıştığımız binaya gölge edecekmi? Güneş ışınlarını hangi taraftan ve hangi mevsimde kaç saat bloke etmekte? Bu soruların cevabı, ileri aşamalarda bina cephelerindeki açıklıkların ve çatıda kullanılacak fotovoltaik panelin güneş ısılarından istifade etmelerini doğrudan etkileyecektir.

Binanın uygun yönlendirilmesi yoğun kentleşmenin olduğu bölgelerde daha zordur. Gerek gölge değerleri gerekse rüzgâra ilişkin değerlerin hesaplanması birçok değişkene bağlı olarak da değişir. (Kobalas, 2015)



Şekil 2.5: Yoğun konutlaşma alanlarında bina yönleri (Boake, 2012).

Bu nedenle, bina enerji analizini yapabilmemiz için (aşağıdaki uygulama gibi) binanın dışla temas ettiği tüm yüzeylerinin alanlarını bilmeye ihtiyacımız olacak, alan değerlerini gerektiren formüllerde kullanımı için bunların önceden hesaplanması ve hazır hale getirilmesi tercih edilmektedir.

2.3. PENCERE / BRÜT CEPHE ORANI

Bir binanın açıklıkları, ısı kaçağına ve ısı köprülerine en çok maruz kalan alanlardır. “Bina rekonstrüksiyonunda dış duvarların ısı kaybını hesaplama yöntemleri” çalışmasına göre:

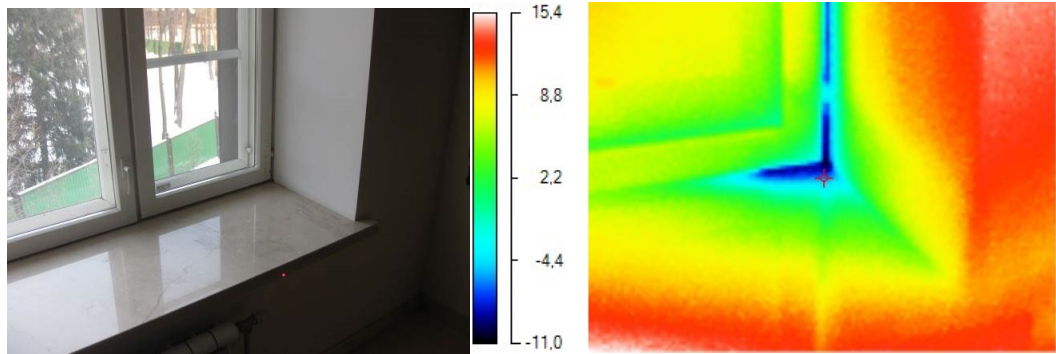
Pervaz alanlarındaki pencere çerçeveleri ile duvar arasındaki bağlantı noktalarında çok büyük ısı kaybı meydana geldiğini ispatlanıyor ve bu problemi çözmek için ileri teknoloji ile denemeler halen sürdüğünü açıklanıyor.

Bu hususta vurguyla bahsedilmesi gereken önemli iki nokta;

Ahşap karkas pencere doğramaların bina enerji performansındaki sorunlardan sorumlu olduğu ispatlanmıştır. Mevcut binalarda ahşap doğramalı pencereleri PVC doğramalı ile değiştirilmesi gerek duyulmaktadır, TS 825'te belirtilen ısı transferinin U değeri dikkate alınarak tüm cephelerde çift camlı pencereler ve özel olarak kuzey cephesinde üçlü cam pencereler kullanılmaya tavsiye edilmektedir.

Dikkat edilmesi gereken diğer husus ise pencere uygulamasında doğru montajdır ve pencere ile duvar arasında en küçük bir boşluk bile bırakılmamasına dikkat edilmelidir. “Pencere montaj teknolojisi ihlal edilirse, pencereyi duvara bağlayan alan termal köprü olacaktır”. (A.I. Gabitov, E.A. Udalova, A.S. Salov, A.R. Chernova, D.V. Pyzhjanova, V.V., 2017)

Şekil 2. 6'daki görünen Termogram denemesine göre pencere ile dış tuğla duvar arasındaki bağlantının yanlış montajı olması nedeniyle pencere alanının köşelerindeki iç sıcaklık 13 ° C ortaya çıkarmaktadır. (A.I. Bedov, V.V. Znamensky, A.I. Gabitov,, 2014) (A.I. Bedov, A.I. Gabitov, V.V. Znamensky,, 2017).



Şekil 2. 6: Zaif montaj sebebiyle oluşan ısı köprüsü (A.I. Bedov, 2014)

Zikri geçen bu sebeplerden dolayı, tasarımı oluştururken binamıza pencere yerleştirmeye karar vermeden önce, pencerenin takılacağı duvarın cephe yönünü, malzemesi ve özelliklerini düşünmemiz gerekir, güneş alacak cephelerde güneş ışınlarını iç mekânda muhafaza edecek çift cam pencere kullanılması, güneş almayan ya da az alan cephelerde ısı transfer değeri daha düşük olan üç camlı pencere kullanılması gerekmektedir.

Pencere / brüt cephe oranını aşağıdaki tabloda verilen değerlerden yakın tutmamız, bina enerji performansı optimum hale getireceğini bilmemiz gerekmektedir.

Tablo 2. 3 Bina cephelerindeki ideal pencere / brüt cephe alan oranları (ARINÇ, 2021)

	BATI	DOĞU	KUZEY	GÜNEY
Pencere Alanı (m ²)				
Cephe Alanı (m ²)				
Pencere Alanı / Cephe Alanı %				
İDEAL ORAN %	25 - 40	10 - 25	0	30 - 50

2.4. YAPI KABUĞUNU OLUŞTURAN MALZEME ÖZELLİKLERİ

Yapı kabuğu, iç ortamı sınırlandıran, binayı dış ortamdan ayıran ve dolayısıyla tüm dış etkenlere maruz kalan bina elemanlarına verilen isimdir. Çatı, dış duvarlar (pencereler ve doğramalar), binanın doğal zemin ile temasta bulunan duvar ve döşemeleri (temel) ve altında açık ya da yarı açık ortam barındıran döşemeleri gibi bileşenler yapı kabuğu olarak adlandırılırlar (İlgaz, 1979).

Çatılar, uzun süre kar yağışına maruz kalan bölgelerde %100 eğimli olarak yapılmakta ve böylece kar yükü azaltılarak ekonomik bir çözüm olması hedeflenmektedir. Yoğun yağış alan bölgelerde, sudan korunmak için dış cephelerde çift cidar kabuk tercih edilmektedir. Bina kabuğunu etkileyen bir başka durum; sisle veya benzeri olaylarla birlikte havaya karışan kirleticiler ve zehirli gazların, suyla birleşerek zarar verici etkilere sebep olmasıdır. Bu da malzeme seçimi yapılırken dikkate alınması gereken bir konudur (Toydemir, N., Gürdal, E., Tanaçan, L., 2000).

Rüzgâr, ısıtılan bir binanın dış cephesinde ısıl direnci etkileyerek ve infiltrasyon yoluyla binadaki ısı kaybını etkiler. Bir yüzey boyunca havanın hızı

artarsa, o yüzeyden daha düşük sıcaklıkta bulunan havaya ısı alışverişi artar. Rüzgâr ya da yüzeye çarpan hava, bina cepheleri ve çatılarındaki sıcaklığı azaltma eğilimindedir (Strother, E. F., Turner, W. C., 1990).

2.4.1. Isı İletkenlik Katsayısı λ (W/mK)

Bir malzemenin fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak bir malzemenin ne kadar ısı ilettiğinin ifadesidir. Malzeme cinsine göre λ değeri değişmektedir. Farklı malzeme değerleri TS825'den alınır. Malzemelerden bazı örnekler: Demir $\lambda = 58$, Betonarme $\lambda = 2,1$, Ahşap $\lambda = 0,2$, Tuğla duvar $\lambda = 0,3$, Standart EPS (16 kg / m³) $\lambda = 0,038$, Standart EPS (22 kg / m³) $\lambda = 0,035$. λ değeri ne kadar düşük olursa, malzeme ısıyı o kadar az iletir.

2.4.2. Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W / m²K)

Farklı malzemelerin birbiri ardına astarlanmasıyla oluşan bir yapı elemanının ısı transferine karşı gösterdiği dirençtir. U değeri, malzemelerin ısı iletim katsayısına (λ) ve ısı transferi yönündeki kalınlıklarına bağlıdır. U değeri ne kadar küçükse, ısı kaybı o kadar az olur. U değerinin hesabı bu şekilde çıkarılabilir.

Kalınlığı d (m) olan bir malzemenin paralel iki yüzeyinin sıcaklıkları arasındaki fark 1° K olduğunda, 1 saatte 1 m² yüzeyden dik olarak geçen ısı miktarı olarak tanımlanır, birimi W/m²K'dir. Toplam ısı geçirme katsayısı; yapı kabuğunda bulunan malzemelerin kalınlıkları, ısı iletkenlik katsayıları, iç ve dış yüzeylerin ısı iletkenlik katsayıları ile aşağıdaki eşitlik gibi hesaplanır. (Çiçek, 2019)

$$U = \frac{1}{R_i + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + R_e} \quad (\text{TS825, 2013})$$

- U : Toplam ısı geçirme katsayısı, W/m²K,
R_i : İç yüzeyel ısı iletim direnci, m²K/W
R_e : Dış yüzeyel ısı iletim direnci, m²K/W
d₁, d₂, ..., d_n : Malzemelerin kalınlığı (metre), m.
 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$: Malzemelerin ısı iletkenlik hesap değeri (TS825'ten alınır), W/mK

TS 825, bina bölgesi ve iklim özelliklerinden ziyade; binaların çatı, cephe, pencere ve döşemeleri için U-değerlerinin minimum gereksinimlerini açıklamaktadır. Binanın dış duvar değerine ek olarak bu U değerleri, o binanın Enerji Kimlik Belgesi

sınıfının hangi kategoride yer aldığına ilişkin önemli bir parametredir. TS 825'e göre her bir bölge için inşa edilecek binalara önerilen malzeme ısı geçirgenlik katsayısı değerleri aşağıdaki gibidir:

Tablo 2 4-a TS825'de her ısı bölgesi için önerilen azami U değeri.

Bölge	U _D (W/m ² K)	U _T (W/m ² K)	U _t (W/m ² K)	U _P (W/m ² K)
1. Bölge	0.70	0.45	0.70	2.4
2. Bölge	0.60	0.40	0.60	2.4
3. Bölge	0.50	0.30	0.45	2.4
4. Bölge	0.40	0.25	0.40	2.4

U_D : Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı

U_T : Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı

U_t : Zemine oturan tabanın/döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı

U_p : Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı

Isı kaybeden düşey dış yüzeylerin toplam alanının %60'ı ve üzerindeki oranlarda camlama yapılan binalarda; pencere sisteminin ısı geçirgenlik katsayısının 2.1 W/m²K olacak şekilde tasarlanması ve diğer ısı kaybeden bölümlerinin ısı geçirgenlik katsayılarının tavsiye edilen U değerlerinden %25 daha küçük olmasının sağlanması durumunda bu binalar standarda uygun olarak kabul edilir.

Tablo 2 5-b TS825'de her ısı bölgesi için önerilen azami U değeri.

Bölge	U _D (W/m ² K)	U _T (W/m ² K)	U _t (W/m ² K)	U _P (W/m ² K)
1. Bölge	0.52	0.34	0.52	2.1
2. Bölge	0.45	0.30	0.45	2.1
3. Bölge	0.37	0.22	0.34	2.1
4. Bölge	0.30	0.19	0.30	2.1

U_D : Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı

U_T : Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı

U_t : Zemine oturan tabanın/döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı

U_p : Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı

2.4.3. İletimsel Isı Kaybı (Q_i)

Yapının her bir kısmındaki bileşenlerin U değerlerini öğrenmemiz, özellikle ısı kaybının hesabı için önemlidir. Yapı bileşenlerinin iletimsel ısı kayıplarını hesaplamak için, aşağıdaki eşitlikte verilen zamsız ısı kaybı hesaplanmaktadır:

$$Q_i = A \times U \times \Delta T \text{ (W)}$$

A : yapı bileşenin alanı (m²),

U : yapı bileşenin ısı geçirme katsayısını (W/m²K),

ΔT : yapı bileşenin iki tarafındaki sıcaklıkların farkı (K) (°C)

Her hacmin ısı kaybeden pencere, kapı, duvar, tavan ve döşemesinin ısı kayıpları hesaplanarak toplanmaktadır. Bulunan sonuç o hacmin arttırımsız iletimsel ısı kaybını vermektedir [18].

3üncü Isı Bölgesine Ait Dış Duvar U Değerleri

Örnek amacıyla Ankara ili için uygun bazı dış duvar değerlerini sıralanmaktadır. Ankara ili TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı'na göre 3. derece gün bölgesinde ve ılımlı kuru iklim bölgesinde yer almaktadır. Bir önceki tablodaki standarda göre 3. bölge dış duvarları için minimum gerekli U değeri 0,5'dir. Ankara ili için oluşturulan yapı kabuğu alternatifleri ve U değerleri Tablo 2. 5'de paylaşılmıştır (Çiçek, 2019)

Tablo 2.6 Ankara İli ve 3üncü Bölgede Kullanılabilen Dış Duvar Alternatifleri ve Onların U Değerleri (Çiçek, 2019).

KOD	DIŞ DUVAR DETAYLARI (İÇTEN DIŞA)	U DEĞERİ <0,5
3.B 1	2 cm alçı sıva+20 cm B.A duvar+2 cm y.harcı+6 cm Taşyünü+5 cm hava boşluğu +seramik kaplama	0,447
3.B 2	2 cm alçı sıva+20 cm B.A duvar+2 cm y.harcı+6 cm XPS+5 cm hava boşluğu +seramik kaplama	0,437
3.B 3	2 cm alçı sıva+20 cm B.A duvar+2 cm y.harcı+7 cm EPS+5 cm hava boşluğu +seramik kaplama	0,44
3.B 4	2 cm alçı sıva+20 cm B.A duvar+2 cm y.harcı+6 cm Taşyünü+5 cm hava boşluğu +alüminyum kompozit kaplama	0,449
3.B 5	2 cm alçı sıva+20 cm B.A duvar+2 cm y.harcı+6 cm XPS+5 cm hava boşluğu +alüminyum kompozit kaplama	0,439
3.B 6	2 cm alçı sıva+20 cm B.A duvar+2 cm y.harcı+7 cm EPS+5 cm hava boşluğu +alüminyum kompozit kaplama	0,442
3.B 7	2 cm alçı sıva+20 cm B.A duvar+2 cm y.harcı+7 cm Taşyünü+2 cm çimento esaslı sıva	0,426
3.B 8	cm alçı sıva+20 cm B.A duvar+2 cm y.harcı+6 cm XPS+2 cm çimento esaslı sıva	0,474
3.B 9	2 cm alçı sıva+20 cm B.A duvar+2 cm y.harcı+7 cm EPS+2 cm çimento esaslı sıva	0,477
3.B 10	2 cm ısı yalıtım sıvası+20 cm B.A duvar+8 cm ısı yalıtım sıvası	0,481
3.B 11	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harcı+4 cm Taşyünü+5 cm hava boşluğu +seramik kaplama	0,446
3.B 12	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harcı+4 cm XPS+5 cm hava boşluğu +seramik kaplama	0,439
3.B 13	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harcı+4 cm EPS+5 cm hava boşluğu +seramik kaplama	0,476
3.B 14	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harcı+4 cm Taşyünü+5 cm hava boşluğu +alüminyum kompozit kaplama	0,448
3.B 15	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harcı+4 cm XPS+5 cm hava boşluğu +alüminyum kompozit kaplama	0,442
3.B 16	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harcı+4 cm EPS+5 cm hava boşluğu +alüminyum kompozit kaplama	0,479
3.B 17	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harcı+5 cm Taşyünü +2 cm çimento esaslı sıva	0,425
3.B 18	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harcı+4 cm XPS +2 cm çimento esaslı sıva	0,476
3.B 19	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harcı+5 cm EPS+2 cm çimento esaslı sıva	0,46
3.B 20	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+7 cm ısı yalıtım sıvası	0,462

İlk Yatırım Maliyet Analizi

Oluşturulan her bir kabuk alternatifinin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından oluşturulan birim fiyat kitabından birim fiyatları tespit edilerek, işçilik dahil ilk yatırım maliyetleri hesaplanmıştır. (Çiçek, 2019) Çalışmasındaki 2018'e göre alınan değerlere ve enflasyon oranlarına bakarak, gelecek tablodaki gösterdiğimiz

fiyatlar 2021 yılı için geçerlidir, 1 m² için kullanılan malzeme miktarları ve işçilik süreleri dikkate alınmıştır (birimfiyat, 2018) (Yapı Maliyeti, 2018).

Önceki tabloda verilen örnek yapı kabuğu malzemelerin birim fiyatları sırasıyla aşağıdaki tabloda görüntülenebilir.

Tablo 2.7 Tablo 2.5’de Gösterilen Malzeme Alternatiflerin Birim Fiyatları (Çiçek, 2019).

SI RA	KOD	YAPI KABUĞU (DIŞ DUVAR) DETAYLARI (İÇTEN DIŞA)	İLK YATIRIM MALİYETİ (TL/M ²)
1	3.B 19	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harıcı+5 cm EPS+2 cm çimento esaslı sıva	136,6
2	3.B 18	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harıcı+4 cm XPS +2 cm çimento esaslı sıva	141,8
3	3.B 17	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harıcı+5 cm Taşyünü +2 cm çimento esaslı sıva	156
4	3.B 13	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harıcı+4 cm EPS+5 cm hava boşluğu +seramik kaplama	182,5
5	3.B 12	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harıcı+4 cm XPS+5 cm hava boşluğu +seramik kaplama	188,5
6	3.B 11	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harıcı+4 cm Taşyünü+5 cm hava boşluğu +seramik kaplama	191
7	3.B 9	2 cm alçı sıva+20 cm B.A duvar+2 cm y.harıcı+7 cm EPS+2 cm çimento esaslı sıva	198,5
8	3.B 8	cm alçı sıva+20 cm B.A duvar+2 cm y.harıcı+6 cm XPS+2 cm çimento esaslı sıva	207,5
9	3.B 7	2 cm alçı sıva+20 cm B.A duvar+2 cm y.harıcı+7 cm Taşyünü+2 cm çimento esaslı sıva	223,6
10	3.B 20	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+7 cm ısı yalıtım sıvası	241,2
11	3.B 3	2 cm alçı sıva+20 cm B.A duvar+2 cm y.harıcı+7 cm EPS+5 cm hava boşluğu +seramik kaplama	252,7
12	3.B 2	2 cm alçı sıva+20 cm B.A duvar+2 cm y.harıcı+6 cm XPS+5 cm hava boşluğu +seramik kaplama	259,8
13	3.B 1	2 cm alçı sıva+20 cm B.A duvar+2 cm y.harıcı+6 cm Taşyünü+5 cm hava boşluğu +seramik kaplama	262,4
14	3.B 16	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harıcı+4 cm EPS+5 cm hava boşluğu +alüminyum kompozit kaplama	265,3
15	3.B 15	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harıcı+4 cm XPS+5 cm hava boşluğu +alüminyum kompozit kaplama	271,4
16	3.B 14	2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harıcı+4 cm Taşyünü+5 cm hava boşluğu+alüminyum kompozit kaplama	273,8
17	3.B 6	2 cm alçı sıva+20 cm B.A duvar+2 cm y.harıcı+7 cm EPS+5 cm hava boşluğu +alüminyum kompozit kaplama	337,5
18	3.B 5	2 cm alçı sıva+20 cm B.A duvar+2 cm y.harıcı+6 cm XPS+5 cm hava boşluğu +alüminyum kompozit kaplama	342,5
19	3.B 4	2 cm alçı sıva+20 cm B.A duvar+2 cm y.harıcı+6 cm Taşyünü+5 cm hava boşluğu +alüminyum kompozit kaplama	345,3
20	3.B 10	2 cm ısı yalıtım sıvası+20 cm B.A duvar+8 cm ısı yalıtım sıvası	346,3

2.4.4. Binanın Enerji Performansı

5 Aralık 2008 tarihinde 27075 sayılı resmi gazetede yayınlanan ve 28 Nisan 2017’de düzeltilen 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ile Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği kapsamında her binanın alması gereken Enerji Kimlik Belgesi (EKB), binaların enerji tüketimi ile karbon emisyon değerlerini gösteren yasal bir belge olma özelliğini taşıyor. EKB uygulamasıyla genel olarak enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması, enerji israfının önlenmesi ve çevrenin korunması amaçlanıyor. Belgede, binanın enerji ihtiyacı ve enerji tüketim sınıflandırması, sera gazı salımı seviyesi, yalıtım özellikleri, ısıtma ve soğutma sistemlerinin verimi ile ilgili bilgiler yer alıyor. 1. Ocak 2011’den sonra yapı ruhsatı alan yeni binalar için yapı kullanma izni aşamasında EKB alınması ve binanın **enerji sınıfının minimum C** olması gerekiyor. T.C. Resmi Gazete (27075, 25 Aralık 2008)

Ayrıca düzenleme ile; aşırı enerji tüketerek ülkemizin toplam enerji tüketiminde büyük rol oynayan, 2000 m² üzerindeki büyük hastaneler, oteller, yurtlar ve spor merkezleri gibi konut harici binaların merkezi sıhhi sıcak su sisteminin güneş enerjisi ile (güneş enerjili sıcak su sistemleri) ile desteklenmesi zorunluğu getirilmektedir.

Bir binanın enerji performansının belirlenmesi,

- a. Binanın m² başına düşen yıllık enerji tüketiminin belirlenmesi,
- b. Bu değere göre CO₂ salımının hesaplanması,
- c. Bu değerlerin referans bir binaninkine kıyaslanması,
- d. Kıyaslama sonucuna göre binanın A-G arası bir enerji sınıfına yerleştirilmesi ile gerçekleşir.

Bu hesaplama yöntemi, bina enerji performansını değerlendirirken;

- Binaların ısıtılması ve soğutulması için binanın ihtiyacı olan net enerji miktarının hesaplanması,

- Bu hesaplama yöntemi, bina enerji performansını değerlendirirken; Binaların ısıtılması ve soğutulması için binanın ihtiyacı olan net enerji miktarının hesaplanmasını,
- Havalandırma enerjisi tüketiminin belirlenmesini,
- Binalarda günışığı etkileri göz önüne alınarak, günışığından yararlanılmayan süre ve günışığının etkili olmadığı alanlar için aydınlatma enerji ihtiyacının ve tüketiminin hesaplanmasını,
- Sıhhi sıcak su için gerekli enerji tüketiminin hesaplanmasını kapsamaktadır.

Bu hesaplama yöntemi ilgili AB standartları ile, gerekli görülen durumlarda ASHRAE ve Türk standartlarından yararlanılarak oluşturulmuştur.

Hesaplama sonucunda, binanın yıllık Isıtma, Soğutma, Sıcak su, Aydınlatma, Havalandırma tüketimleri birincil enerji olarak belirlenir. Bu tüketim değerlerine bağlı olarak CO₂salımı hesaplanır.

Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı hesaba katılmaktadır.

Binanın hesaplanan enerji tüketim miktarı ve CO₂ salımı, referans binanın değerleriyle karşılaştırılır. Gerçek bina için yapılan hesaplamanın aynısı, hayali referans bina için de yapılır. Hesaplamaların sonuçları karşılaştırılarak, gerçek binanın enerji performansı referans binaninkine oranlanır.

Elde edilen orana göre, binanın enerji sınıfı belirlenir. İşlem sonucunda bina için enerji kimlik belgesi düzenlenmiş olur. (Yapı İşleri Genel Müdürlüğü, 2009)

Tablo 2.8 Enerji Performansı (kWh/m²-yıl) Değerine Göre Bina Sınıfı Belirlenmesi.

	Birinci Isıtma Derece-Gün Bölgesi	İkinci Isıtma Derece-Gün Bölgesi	Üçüncü Isıtma Derece-Gün Bölgesi	Dördüncü Isıtma Derece-Gün Bölgesi
A	EP < 25	EP < 35	EP < 50	EP < 60
B	25 ≤ EP < 50	35 ≤ EP < 70	50 ≤ EP < 100	60 ≤ EP < 120
C	50 ≤ EP < 75	70 ≤ EP < 100	100 ≤ EP < 150	110 ≤ EP < 165
D	75 ≤ EP < 100	100 ≤ EP < 140	150 ≤ EP < 200	165 ≤ EP < 220
E	100 ≤ EP < 150	140 ≤ EP < 210	200 ≤ EP < 300	220 ≤ EP < 330
F	150 ≤ EP < 200	210 ≤ EP < 280	300 ≤ EP < 400	330 ≤ EP < 440
G	EP ≥ 200	EP ≥ 280	EP ≥ 400	EP ≥ 440

*Tablo 2.9 Nihai Enerji Tüketimine Göre Sera Gaz Emisyon Sınıfları.
(KgCO₂/m²Yıl). (TS825, 2013)*

Enerji sınıfı	SEG Gösterisi
A	SEG ≤ 5
B	6 ≤ SEG ≤ 10
C	11 ≤ SEG ≤ 20
D	21 ≤ SEG ≤ 35
E	36 ≤ SEG ≤ 55
F	56 ≤ SEG ≤ 80
G	SEG > 81

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. VAKA ANALİZİ – KARABÜK YENİCE TOKİ PROJESİ

Bina ısı ve enerji performansına ilişkin önceki genel bakışla temelleri oturtuktan sonra, şimdi binamız hakkında topladığımız tüm bu verilerin bulunduğu uygulama kısmına geçebiliriz; elimizdeki veriler yıllık enerji kullanımına ve gerekli yakıt tüketimine ulaşmamızı sağlayacaktır.

Aşağıdaki örnekte, bir binanın mevcut bir durumunu önceki bölümde incelediğimiz parametrelerle analiz edeceğiz, enerji tüketimini ve bina elemanlarının ilk yatırım maliyetlerini tahmin edeceğiz. Ardından binaya, gördüğümüz ideal değerlere yaklaştırmak için birkaç değişiklik önereceğiz. Binanın önerilen durumunu analiz edip enerji tüketimini tahmin edeceğiz, ne kadar kazandığımızı görmek için mevcut durumla karşılaştıracacağız. Aynı zamanda, önerilen yapı elemanlarının maliyetinin net bir çıktısına sahip olacağız ve uzun vadede bunun mümkün olup olmayacağını tartışacağız.

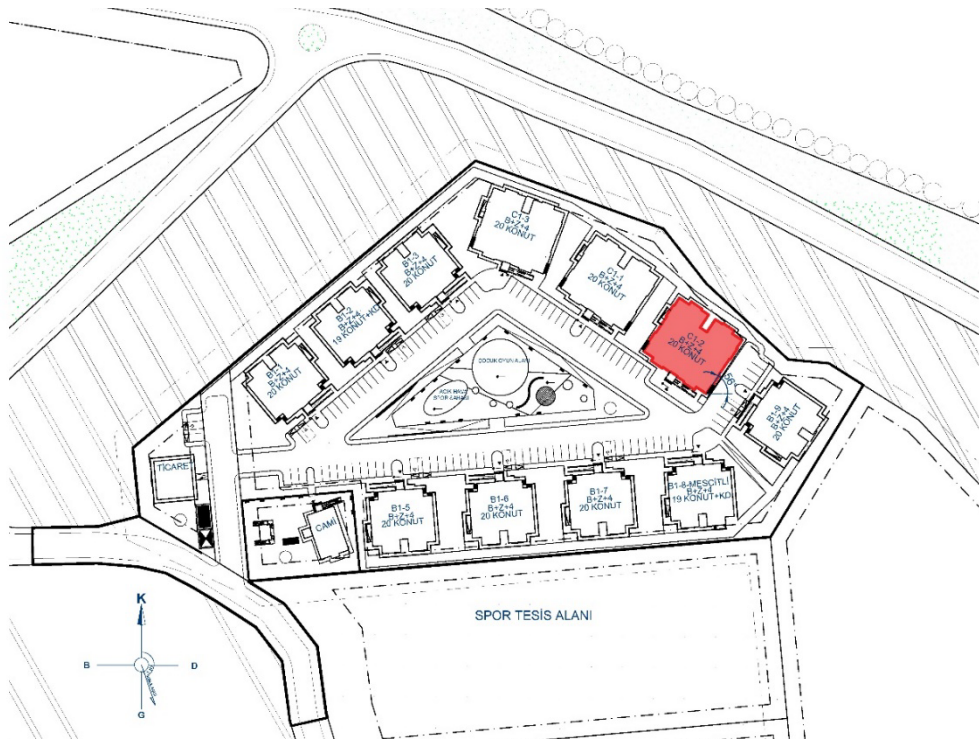
Üzerinde çalışmayı seçtiğimiz proje, Toplu Konut İdaresi TOKİ tarafından gerçekleştirilen bir site projesinde bir konut binasıdır. Proje Karabük ilin Yenice ilçesi'nde yer almaktadır. TOKİ'nin gerçekleşen yeni yatay mimari politikanın canlı bir örneğini temsil ettiği için seçilmiştir. Yatay mimarinin daha çevre dostu olduğu ve hem estetik hem de fiziksel olarak sakinleri için daha rahat olduğu biliniyor .

3.1. BİNANIN TEMEL ÖZELLİKLERİ

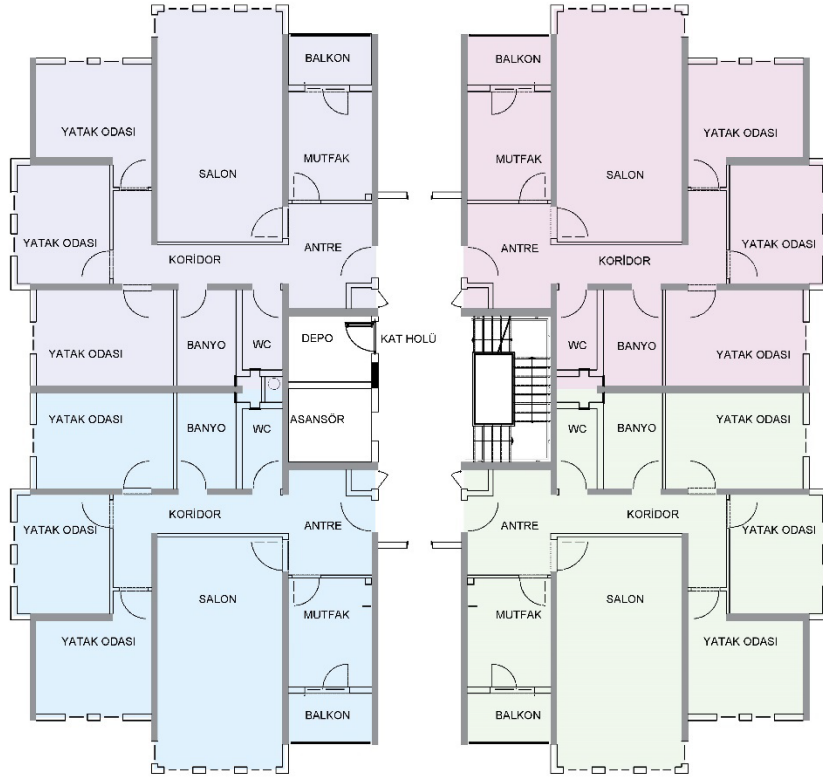
Isı yükü hesaplanmış yapının bulunduğu sitede 11 bina bulunmaktadır, incelemeye alınan bina C1-2 Blok binasıdır. Sitenin görünümü üzerinde seçilmiş binanın işaretli hali Şekil 3. 1'de görünür, sitenin vaziyet planı Şekil 3.2'de verilmiştir. Ön cephesi güney-batıya bakmaktadır. Bina Karabük İli Yenice İlçesinde konut olarak inşa edilmektedir. Binada 20 konut bulunmaktadır. Isı kaybı hesabı yapılan binanın normal kat planı Şekil 3. 3'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Isı yükü hesaplanmış binanın bulunduğu site görünümü.



Şekil 3.2 Isı yükü hesaplanmış binanın vaziyet planı.



Şekil 3.3 Isı yükü hesaplanmış binanın normal kat planı.

Önceki bölümde yer alan bilgilere göre, Türkiye'deki 4 bölge arasında Karabük-Yenice 3üncü ısı bölgesinde bulunduğu kabul edilir. Konum ve yakın çevre bilgieri de bilinmekte ve aşağıdaki şekilde verilmektedir:

Tablo 3.1 Isı Kaybı Hesaplanacak Binanın Temel Özellikleri.

Durum	Özellik
İl- İlçe	Karabük- Yenice
Binanın Bölgesi	3. Bölge
Hesaba alınacak dış sıcaklık [TS2164]	-12 °C
Bağımsızlık durumu	Ayrık Nizam
Bina Kullanım Amacı	Konut
Kat Adedi	1 Bodrum + 1 Zemin + 4 Normal kat
Binanın statik yapısı	Betonarme karkas
Bina Eni (metre)	22,2 m
Bina Boyu (metre)	25,6 m
Bina Yüksekliği (metre)	18,6 m
Kat Yüksekliği (metre)	2,9 m
Binanın Oturma Alanı	499 m ²
Bina İnşaat Alanı (ısıtılan alan)	2577,5 m ²
Çatı durumu	Üzeri kullanılmayan soğuk beşik çatı
Bina Yönelimi- Kuzeyden Dönme Açısı	34° (Kuzey Doğu)

Sonraki adımlarda hesaplama sırasında bu bilgilerin bazılarına değineceğiz.

TS825'te gösterilen hesaplama, binanın toplam alanının yanı sıra brüt hacminin de gösterilmesini gerektirir. Ayrıca bir önceki bölümde gösterildiği gibi Alan/Hacim oranı da bilinmesi gereken önemli bir değerdir.

532 m³ olan beşik çatı hacmine ek olarak toplam 6 kat için 499 m² taban alanı ve kat yüksekliği 2,9 olduğu için; binanın brüt hacmi $V_{brüt} = (499 \times 2,9 \times 6) + 532 = 9214,6 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca standarda göre; bina kullanım alanı A_n aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır: $A_n = 0,32 \times V_{brüt} \text{ (m}^2\text{)}$. Bizim durumumuz için denklem şöyle olacaktır: $A_n = 0,32 \times 9214,6 = 2948,7 \text{ (m}^2\text{)}$ Gelişmiş hesaplamalarda kullanılacak alan değeridir.

Binanın ısı kaybeden dış alanları / Brüt hacim Oranı: $A_{(ısıtılan alan)} / V_{brüt} = 2571,9 \text{ m}^2 / 9214,6 \text{ m}^3 = \mathbf{0,28 \text{ m}^2/\text{m}^3}$

Yukarıda belirtilen bina için enerji tüketimi analizi, her adımın ayrıntılarını ayrı ayrı tartışmak ve gelecekteki projelerde uygulanmasını basitleştirerek sağlamak için iş akışını adım adım gösterilecektir.

3.2. BİNANIN MEVCUT DURMUNUN ANALİZİ

Bir binanın yıllık ısı ihtiyacı hesaplamasının temel denklemi budur; ***Binanın Net Isı İhtiyacı = Isı Kayıpları – Isı Kazançları*** .

TS 825 standardında; iletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ile iç ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları dikkate alınmıştır.

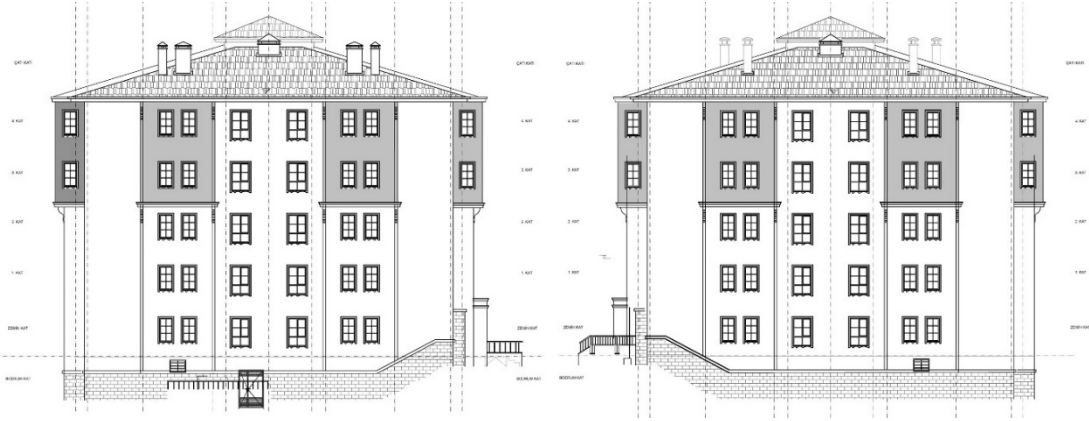
İkinci bölümde göstermiş olduğumuz hesaplama ve analiz metodunu binanın mevcut haline uyguladığımızda, aşağıdaki adımları gibi ilerliyoruz:

3.2.1. Bina Dış Kabuğunun Alanlarını Tanımlama

Daha önce de açıklandığı gibi, binanın ısı kaybındaki anahtar faktörü; Dış hava ile doğrudan temas halinde olan dış yüzeyidir. Bu nedenle bina dış kabuğundaki alanların dakik hesabına ihtiyacımız var. Aşağıdaki resimlerde binaların cepheleri gösterilmektedir.



Şekil 3. 4 Binanın Ön Cephesi (Sol) ve Arka Cephesi (Sağ).



Şekil 3.5 Binanın Yan Kuzey-Batı Cephesi (Sol) ve Yan Güney-Doğu Cephesi (Sağ).

Hesaplamaya bir başlangıç olarak, binanın tüm cephelerin alanlarını hesaplanır ve aşağıdaki gibi tabloda gösterilir:

Tablo 3.2 Binanın Brüt Cephelerin Alanları.

	Güney Batı Cephesi	Kuzey Doğu Cephesi	Kuzey Batı Cephesi	Güney Doğu Cephesi	Toplam M2
ALAN	369,9	416,6	386,2	386,2	1558,8

Ve daha önce bahettiğimiz Pencere / Cephe Oranını hesaplamak için, her cephedeki açıklıkların da dakik hesaplamasına sahip olmamız gerekir. Organizasyon sağlamak adına projede verilen pencereleri, balkon dış kapıları BK ve ana giriş kapısı AL K olarak bu şekilde kategorize ettik :

Tablo 3.3 Binanın Cephelerindeki Açıklık Tipleri ve Alanları.

	P1	P2	P3	P4	BK	AL K1
En cm	70	100	90	80	140	260
Boy cm	130	160	160	120	220	277
ALAN M2	0,91	1,6	1,44	0,96	3,08	7,20

Bu şekilde her pencerenin her duvardaki konumu şu şekilde hesaplanır:

Tablo 3.4 Binanın Cephelerindeki Açıklıkların Toplam Alanları.

	Güney Batı Cephesi	Kuzey Doğu Cephesi	Kuzey Batı Cephesi	Güney Doğu Cephesi
P1 Adet	20	20	24	24
Alan m ²	18.2	18.2	21.84	21.84
P2 Adet	0	0	10	10
Alan m ²	0	0	16	16
P3 Adet	30	30	0	0
Alan m ²	43.2	43.2	0	0
P4 + P5 Adet	4	8	1	1
Alan m ²	3.84	7.68	0.96	0.96
BK Adet	10	10	0	0
Alan m ²	30.8	30.8	0	0
AL K1 Adet	1	0	0	0
Alan m ²	7.2	0	0	0
HER CEPHEDE TOPLAM ALAN	103,2 m²	99,8 m²	38,8 m²	38,8 m²

Böylece bütün binanın dış kabuğunun içindeki yer alan açıklıkların toplam alanı **280,7 m²** olarak hesaplanmaktadır.

Bu aşamada, her cephenin alanını içerdği açıklıklar alanına bölerek aradığımız Pencere / Cephe oranını bulabiliriz. Ve işte elde ettiğimiz sonuç:

Tablo 3.5 Binamızın Dış Kabuğundaki Pencere / Cephe Oranları.

	Güney Batı Cephesi	Kuzey Doğu Cephesi	Kuzey Batı Cephesi	Güney Doğu Cephesi
Pencere /Brüt Cephe Oranı	27.9%	24.0%	10.0%	10.0%

Binanın dış kabuğunu hesaplamasına dahil edilmesi gereken çatı alanını hesaplamak için çatımızın ve eğiminin ölçümünü de kullandık. Soğuk bir çatı olduğuna göre binanın 4üncü katın tavanında yalıtım bulunmaktadır; bu yüzden ısı transferi çalışmasında bu tavanın alınının değerini almamız gerekir. Ancak, daha sonra üzerine güneş panellerinin eklenmesi önerisi aşamasında, kırma çatının dış alanına ihtiyaç duyulacaktır.

Bu hesaplamalardan sonra bir sonraki adımda ihtiyacımız olan ana alanları belirledik. Bunlar aşağıdaki tabloda gösterilmektedir:

Tablo 3.6 Binamızda ısı kaybeden alanlar.

	Dış Duvar (A dd)	Dış Pencere (A dp)	Bodrum (A B)	Soğuk Çatı (A ç)
AREA m²	1278,2	280,7	499	514

3.2.2. Mevcut Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı

İç ve dış ortamlar arasında 1 K sıcaklık farkı olması durumunda binanın dış kabuğundan iletim ve havalandırma ile birim zamanda kaybedilen ısı enerjisi miktarıdır. Birimi "W/K" dir.

$$H = H_T + H_V \quad (W/K)$$

H T: Isı transferi (iletimi) yoluyla oluşan ısı kaybı,

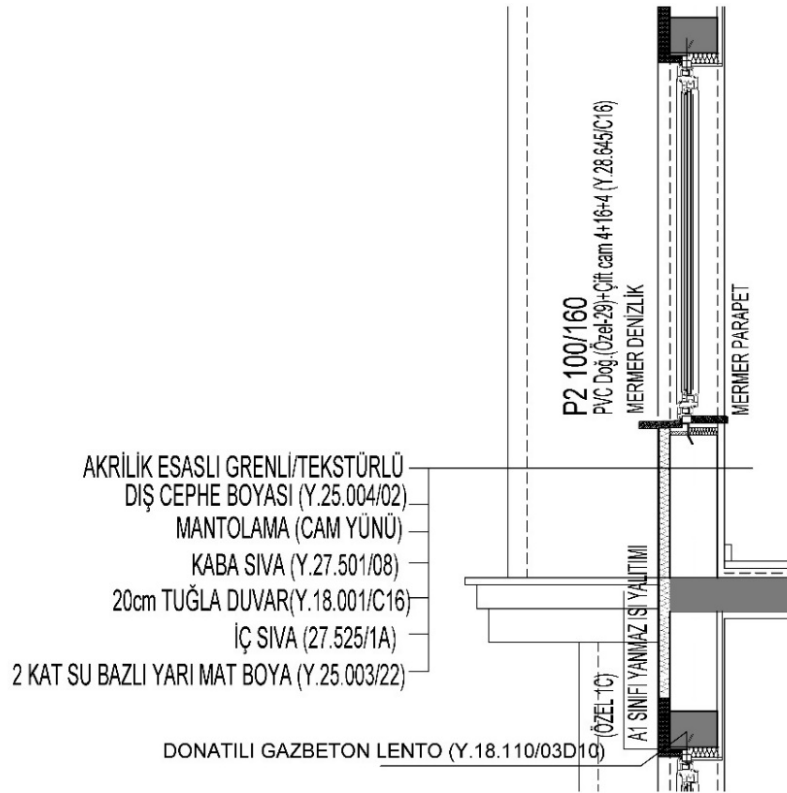
H V: Havalandırma (dışarıdan sızan soğuk havadan dolayı) oluşan ısı kaybı

İlk başta *Isı Transferi İletimi Yoluyla* oluşan ısı kaybını hesaplanacak.

Bu aşamada, yapı elemanlarının her birini tek başına almalı, hesaplama denklemini ayrı ayrı uygulamalı ve ardından tam miktar için sonuçları birleştirmeliyiz. Her bir yapı elemanındaki ısı kaybının sonucuna ulaşabilmek için, bileşenlerini oluşturan malzemeler ve ısı transferleri hakkında bilgi sahibi olmamız gerekir.

3.2.2.1. Dış Duvarların Isı Kaybı

Bu proje için seçilen dış duvar malzemesi bu şekildedir: 20 cm kalınlığında tuğla, 3 cm dış sıva, 2 cm iç sıva, 4.5 cm cam yünüdür. Bunlar, ısı transferi hesaplamasına giren ve önemli bir şekilde rol oynayan malzemelerdir. Bu durumda hesabımızda sayılmayan tabakalar, boya ve ince dış cephe kaplamasıdır.



Şekil 3.6 Binanın Dış Duvarın Malzemesini Gösteren Kesit.

Duvarı oluşturan katmanların bilgisini elde ettikten sonra, bu bilgilerle U değerini hesaplayabiliriz.

$$U = \frac{1}{R_i + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + R_e}$$

Bizim durumumuzda dış Duvar U değeri aşağıdaki tabloda gösterildiği gibi 0,6 W / m²K'dir:

Tablo 3.7 Dış Duvar Malzemesi ile U Değerini Hesaplaması.

Duvar Katmanları / Katmanların özellikleri	Dış Sıva	Tuğla	Cam Yünü	İç Sıva	R _i İç yüzeysel ısı iletim direnci m ² K/W	R _e Dış yüzeysel ısı iletim direnci m ² K/W
Katman kalınlığı (m)	0,03	0,20	0,045	0,02	0,13	0,04
ısı yalıtım katsayısı $\lambda = W/mK$	1,4	0,45	0,045	0,87		
Toplam Isı Kaybı Değeri U=W/m²K	0,60					

Bu şekilde U değeri, Alan ve duvarın iki taraf sıcaklık farkı bilgisine sahip olduk, bunların çarpım değeri bu şekilde olur:

$$A_{dd} \times U_{dd} = 1278,2 \times 0,6$$

$$A_{dd} \times U_{dd} = 766,87 \text{ (W/K)}$$

A_{dd}: dış duvar alanı (m²),

U_{dd}: dış duvar ısı geçirme katsayısını (W/m²K),

3.2.2.2. Dış Pencerelelerin Isı Kaybı

Şekil 3. 6'de görüldüğü gibi binamızdaki kullanılan pencere tipi; PVC iki odacıklı doğrama ile 4+4 mm kalınlıkta 16 mm ara boşluklu ilk camı ısı kontrol kaplamalı çift camlı pencere üniteleridir. TS825'e göre bu tip pencerelerin U değeri 2,1 W/m²K olarak kabul edilmiştir. Benzer bir şekilde ihtiyacımız olan alan değerlere de zaten sahip olduğumuz için, kabuğun açıklıklarında meydana gelen ısı kaybı hesabına ilerleyebiliriz. Hesaplaması aşağıdaki gibidir:

$$A_{dp} \times U_{dp} = 280,7 \times 2,1 \text{ (W/K)}$$

$$A_{dp} \times U_{dp} = 589,52 \text{ (W/K)}$$

A_{dp}: dış Pencere toplam alanı (m²),

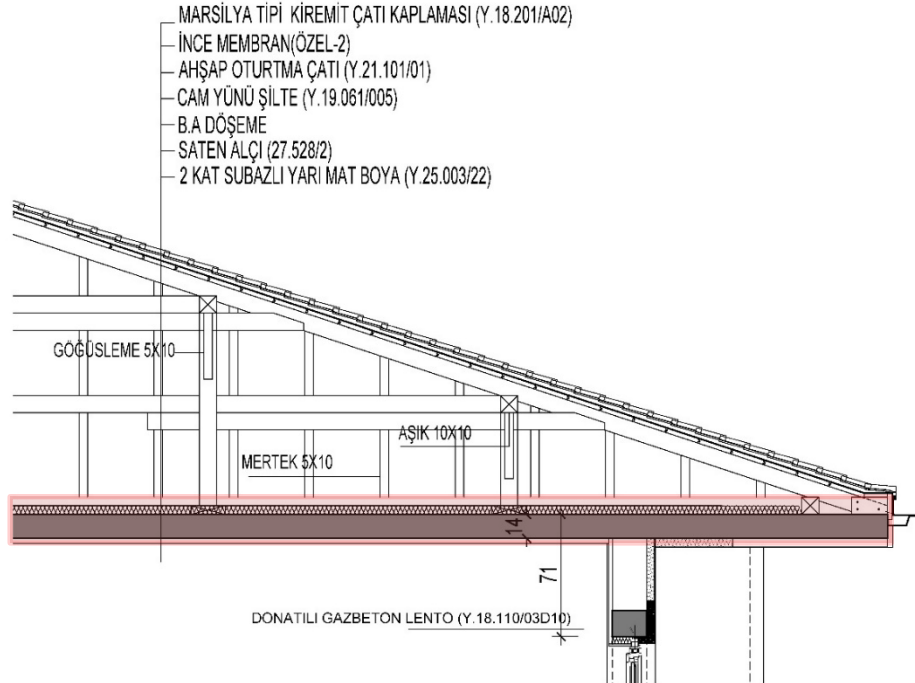
U_{dp}: dış pencere ısı geçirme katsayısını (W/m²K),

3.2.2.3. Çatı Altı Tavanda Oluşan Isı Kaybı

Çatı durumunda; beşik çatının içindeki kalan hacmin, binamızdaki son katın tavanı ile temas halinde olduğunu değerlendireceğiz. bu nedenle ısı kaybı hesabımızda dikkate alınan malzemeler son kat tavanının malzemeleri olacaktır. Bunlar şu sırayla; 2 cm alçı, 14 cm betonarme ve 14 cm cam yünü. Dış duvar durumunda yaptığımız benzer bir hesaplamayla bu çatının U değeri **0,33 W/m²K** olduğu sonucuna ulaşıyoruz.

Tablo 3.8 Son Kat Tavan Malzemeleri ile U Değerini Hesaplaması.

Tavan Katmanları / Katmanların özellikleri	Alçı	Beton- arme	Cam Yünü Şilte	İç Sıva	R _i İç yüzeysel ısıl iletim direnci m ² K/W	R _e Dış yüzeysel ısıl iletim direnci m ² K/W
Katman kalınlığı (m)	0,02	0,14	0,14	0,02	0,13	0,08
ısı yalıtım katsayısı $\lambda = W/mK$	1,2	2,5	0,045	0,87		
Toplam Isı Kaybı Değeri U=W/m²K	0,33					



Şekil 3.7 Binanın Çatı Malzemesini Gösteren Kesit.

Ancak çatının, bina kabuğunda diğer ısı kaybeden unsurlardan farkı; çatıarası ısıtılmayan bir hacim olmasıdır. Ona göre çatı hesaplamasında kullanacağımız sıcaklık

derecesi, dış hava şartlarına değil; ısıtılmayan çatı arası hacmine göre sıcaklık derecesini alınır. TS2164 Ek3 tablosunda bu değeri alabiliriz. Karabük için dış sıcaklık (-12)° olduğu ve çatı örtüsünün U-değeri 2.4'ten küçük olduğu için, ısıtılmayan çatı arası hacmin sıcaklığı (-3)° derece kabul değeri belirlemektedir.

Bu da çatı denklemimizin şöyle görünmesini sağlar:

$$Q_T = A_T \times U_T \times (\theta_i - \theta_{dT}) \quad (W)$$

A_T: son kat tavanın alanı (m²),

U_T: çatı ısı geçirme katsayısını (W/m²K),

θ_i: iç sıcaklık derecesi (°C),

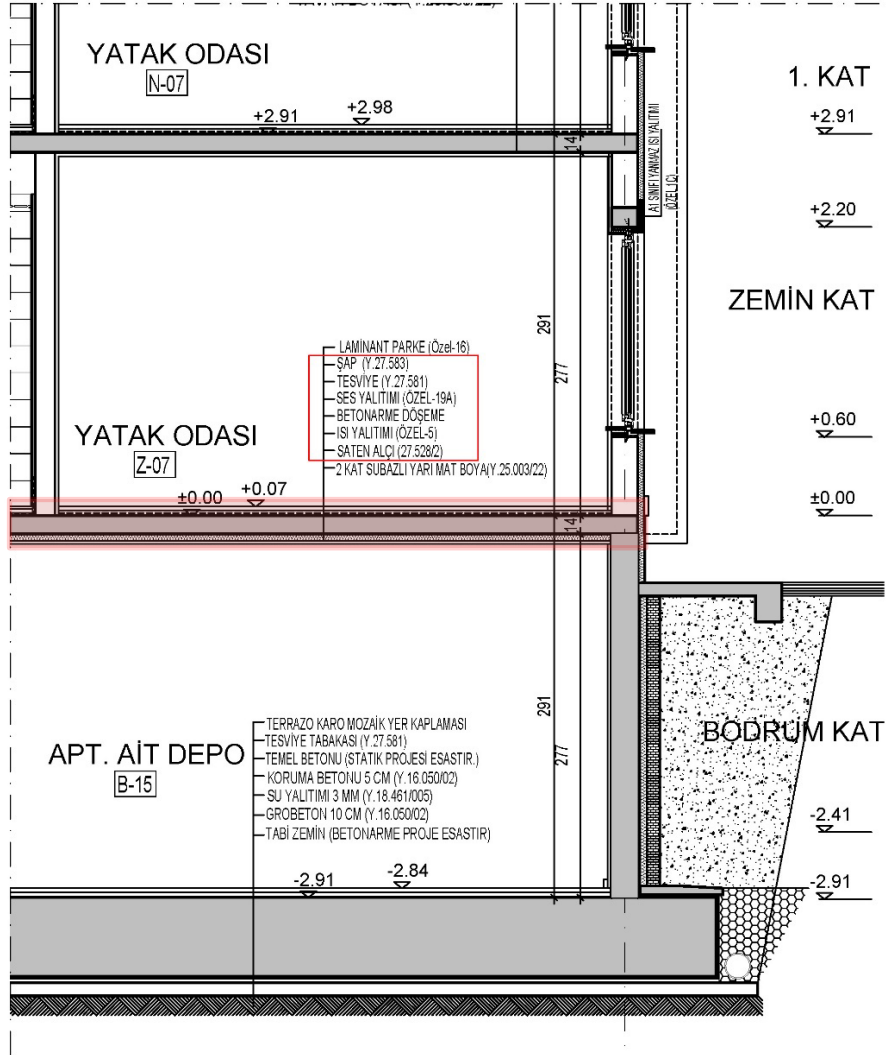
θ_{dT}: ısıtılmayan çatı arası sıcaklık derecesi (°C)

$$Q_\zeta = 514 \times 0,33 \times (19 - (-3))$$

$$Q_\zeta = 3901,3 \quad (W)$$

3.2.2.4. Zemin Katın Döşemesinden Bodruma Oluşan Isı Kaybı

Binamızdaki bodrum katı, sığınak, depo ve teknik odaları olarak kullanılmaktadır. Bu yüzden oradaki ısı kaybı, zemin katın döşemesinden yaşanmayan bodrum katına oluşur. Zemin döşemesi katmanları şekil 3.8 deki gibidir:



Şekil 3.8 Zemin Döşemesi Malzemesini Gösteren Kesit.

Dikkate alınacak malzemeler yukarıdan aşağıya sırayla bu şekilde alındı; 3 cm şap ve tesviye, 14 cm betonarme döşeme, 5 cm XPS levha ve 2 cm saten alçı. Bu zeminin U değeri hesaplaması bu şekilde gerçekleştirilir:

Tablo 3.9 Zemin Döşemesi Malzemeleri ile U Değerini Hesaplaması.

Z.D. Katmanları / Katmanların özellikleri	Şap	Beton- arme	XPS	Saten alçı	R _i İç yüzeysel ısıl iletim direnci m ² K/W	R _e Dış yüzeysel ısıl iletim direnci m ² K/W
Katman kalınlığı (m)	0,03	0,14	0,05	0,02	0,17	0,04
ısı yalıtım katsayısı $\lambda = W/mK$	0,7	2,5	0,035	1,2		
Toplam Isı Kaybı Değeri U=W/m²K	0,57					

Zemin tabanının U değeri **0,57 W/m²K** olduğu ve temasta kalan hacim ısıtılmayan bodrum hacmi olduğuna göre; TS2164 Ek3'te bulunduğu gibi bu tip sığınak bodrumlar için alınan sıcaklık derecesi +15 taban ısı kaybı denkleminiz bu şekilde olur:

$$Q_b = A_b \times U_b \times (t_i - t_d) \quad (W)$$

A_b: zemin taban alanı (m²),

U_b: zemin taban ısı geçirme katsayısını (W/m²K),

$$Q_b = 499 \times 0,57 \times (20 - (15))$$

$$Q_b = 6541,9 \quad (W)$$

Son dört bölüm yapı bileşenlerinden ısı kaybı ile ilgiliydi. İlk iki bölümden (dış duvar ve pencere) elde edilen sonuçlar W/K idi ve aylık sıcaklık farkı ile ilerideki aşamalarda çarpılacak.

Öte yandan, ikinci iki bölüm (bodrum ve çatı) zaten sıcaklık farkı değerleriyle çarpıldıkları için W'dedir.

3.2.2.5. Havalandırma Yoluyla Oluşan Isı Kaybı Hesabı

Bu bölüm, daha önce gösterildiği gibi ikinci tip ısı kaybı olarak kabul edilir. Havalandırmanın doğal veya mekanik olmasına bağlı olarak farklı hesaplama prosedürleri bulunmaktadır. Ancak doğal havalandırma için kullanılan denklem:

$$H_v = 0,33 \times n_h \times V_h \quad (W/K)$$

n_h: Hava değişim sayısı (h-1) n_h= 0,8 alınır

V_h: Havalandırılan hacim (V_h = 0,8 x V_{brüt}) (m³)

Hesapladığımız brüt hacim değeri: 9214,6 m³ idi. Buna göre H_v hesaplaması bu şekilde gerçekleştirilir:

$$H_v = 0,33 \times 0,8 \times (0,8 \times 9214,6) \quad (W/K)$$

$$H_v = 1946,12 \quad (W/K)$$

3.2.2.6. Toplam Isı Kaybı Hesabı

Binanın ısı kaybeden yapı bileşenlerinin her birinin ısı transferi yoluyla oluşan ısı kaybı ve havalandırma yoluyla oluşan ısı kaybı değerlerine sahibiz, toplamını alıp sıcaklık derecesi ile çarpmamız gerekir.

$$H = H_T + H_V \quad (W/K)$$

H_T: Isı transferi (iletimi) yoluyla oluşan ısı kaybı

H_V: Havalandırma (dışarıdan sızan soğuk havadan dolayı) oluşan ısı kaybı

$$H_T = U_D \cdot A_D + U_P \cdot A_P + 0,8 U_T \cdot A_T + 0,5 U_t \cdot A_t \quad (W/K)$$

$$H_V = 0,33 \times n_h \times V_h \quad (W/K)$$

Durumumuzda H_T'nin değeri A_{dd} × U_{dd} = 766,87 ile A_{dp} × U_{dp} = 589,52 toplamına eşittir. Buna göre H_T = 1356,4 (W/K)

Bu da eşitliği bu şekilde gösterir:

$$H = 1356,4 + 1946,1 \quad (W/K)$$

$$H = 3302,5 \quad (W/K)$$

Üçüncü bölgede yer alan bir binaya aylık ortalama dış sıcaklık değerlerini bulmak için, bu çalışmada tablo 2. 1'de yer alan TS825'de belirlenen değerlere dayanılır. Aşağıdaki tabloda gösterildiği gibi, hesaplama için alınan aylar ortalama dış sıcaklığı θ_e = +15° dereceden küçük değerlere sahip aylardır. Bölgemiz için 8 aydır (240 gündür).

Tablo 3.10 TS825'de ısı bölgelerinde kışın ısıtma yapılan aylar.

İklim Bölgeleri		Aylar
1. Bölge	150 Gün	Ocak, Şubat, Mart, Kasım, Aralık
2. Bölge	210 Gün	Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Ekim, Kasım, Aralık
3. Bölge	240 Gün	Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Ekim, Kasım, Aralık
4. Bölge	240 Gün	Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Ekim, Kasım, Aralık

Yine TS825'de konut için belirlenen iç sıcaklık derecesi θ_i = +19° olarak kabul edilir. Her ay için θ_i - θ_e farkı hesaplanır ve çıkan sonucu özgül ısı kaybı ile çarpılarak aylık ısı kayıpları değerlerine ulaşabiliriz.

Tablo 3.11 Mevcut Binada Isı Kaybı Aylık Hesaplaması.

Aylar			Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Ekim	Kasım	Aralık
TS825'de belirlenen Aylık Dış Ortalama Sıcaklıkları (θ_e) <15			-0.3	0.1	4.1	10.1	14.4	11.6	5.6	1.3
ISI KAYBI	Özgül Isı Kaybı	$H = H_t + H_v$ (W/K)	3302.51							
	Sıcaklık Farkı	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	19.3	18.9	14.9	8.9	4.6	7.4	13.4	17.7
	Isı Kayıpları	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	63738	62417	49207	29392	15192	24439	44254	58454

Buraya kadar elde ettiğimiz değerler, Dış duvarın ve pencerelerin iletimi yoluyla artı havalandırma yoluyla oluşan ısı kaybı değerleridir. Önceki tabloda gösterildiği gibi bu ısı kayıpların toplamı 389681 W/yıl.

Bu değere de bodrumda ve çatıda oluşan ısı kaybı değerlerini de eklememiz gerektiğini unutmayalım. Çatıda oluşan ısı kaybının aylık miktarı $Q_{\text{ç}} = 3901,3$ (W), vebodrumda oluşan ısı kaybının aylık miktarı $Q_{\text{b}} = 6541,9$ (W)'dır.

Bodrum ile çatıdan oluşan yıllık ısı kaybını bulmak için; toplamı 8 (ay) ile çarpılır.

$$Q_{\text{ç} + \text{b}} = (3901,3 + 6541,9) \times 8$$

$$Q_{\text{ç} + \text{b}} = 42587,3 \text{ (W/yıl)}$$

Buna göre binanın yıllık toplam ısı kaybı:

$$Q_{\text{yıl}} = H(\theta_i - \theta_e) + Q_{\text{ç} + \text{b}}$$

$$Q_{\text{yıl}} = 389681 + 42587,3$$

$$Q_{\text{yıl}} = 432268,3 \text{ (W/yıl)}$$

3.2.3. Binanın Isı Kazançları Hesabı

Binalarımızda bir yandan enerji kaybı meydana gelirken, diğer yandan da güneş enerjisinden ve iç ısı kaynaklarından ısı kazançları meydana gelmektedir. Bir binanın net ısıtma enerjisi ihtiyacı, dolayısı bu ısı kazançları nedeni ile azalacaktır.

- Aylık ortalama iç ısı kazançları ($\Phi_{\text{i ay}}$)
- Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları ($\Phi_{\text{s ay}}$)

3.2.3.1. Aylık Ortalama İç Isı Kazançları ($\Phi_{i,ay}$)

İnsanlardan kaynaklanan metabolik ısı kazançları, Sıcak su sisteminden kaynaklanan ısı kazançları, Yemek pişirme işleminden kaynaklanan ısı kazançları, Aydınlatma sisteminden kaynaklanan ısı kazançları ve Binalarda kullanılan muhtelif elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı kazançları olarak tanımlanır. (TS825, 2013)

- Konutlarda, okullarda ve normal binalarda: $\Phi_{i,ay} = 5 \times A_n$ (W)
- Yüksek iç enerji kazançlı binalarda: $\Phi_{i,ay} = 10 \times A_n$ (W)

A_n : Bina kullanım alanı: $A_n=0,32 V$ brüt (m²)

Çalışmada analiz edilen bina için aylık iç ısı kazançları bu şekilde hesaplanır:

$$\Phi_{i,ay} = 5 \times A_n$$

$$\Phi_{i,ay} = 5 \times 2948,7$$

$$\Phi_{i,ay} = 14743,4 \text{ W}$$

3.2.3.2. Güneşten (Pencerelerden) Binaya Giren Isı Kazançları ($\Phi_{s,ay}$)

Pencerelerden sağlanan doğrudan güneş ışınımı da ısı kazançlarına neden olur.

$$\Phi_{s,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$$

Burada;

$r_{i,ay}$: “i” yön. aylık ortalama gölgelenme faktörü,

$g_{i,ay}$: “i” yön. güneş enerjisi geçirme faktörü,

$I_{i,ay}$: “i” yön. dik yüzeylere gelen aylık ort. gün. ışınımı şid. (W/m²).

A_i : “i” yön. toplam pencere alanı (m²) dir.

Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü ($r_{i,ay}$) değerleri aşağıdaki tablodan alınır (TS825 Çizelge 5)

Tablo 3.12 TS825'e göre Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü.

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

($g_{i,ay}$) değerleri aşağıdaki tablodan alınır; Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü. (TS825 Çizelge 6)

Tablo 3.13 Ts825'e göre güneş enerjisi geçirme faktörü.

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

Cephe Yönlerine Göre Pencereden Giren Aylık Ortalama Güneş Işınımı Şiddeti ($I_{i,ay}$) değerleri için ise; TS825 Ek 3'den alınır

Tablo 3.14 TS825 Ek C; Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri [W/m^2].

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
$I_{güney} =$	72	84	87	90	92	95	93	93	89	82	67	64
$I_{kuzey} =$	26	37	52	66	79	83	81	73	57	40	27	22
$I_{batı/doğu} =$	43	57	77	90	114	122	118	106	81	59	41	37

Binamızın müstakil olması nedeniyle ve binanın mevcut halinde kullanılan penceredeki cam türü “renksiz yalıtım camı” olmasıyla birlikte; kışın her ayı için güneşten ısı kazancı formülü uygulayarak aşağıdaki gibi liste oluşturulur:

Tablo 3.15 Mevcut Binanın Güney Cephesinden Isı Kazançları.

Φ GÜNEY ay	0,8	*	0,75	*	72	*	142	=	6136
	0,8	*	0,75	*	84	*	142	=	7159
	0,8	*	0,75	*	87	*	142	=	7415
	0,8	*	0,75	*	90	*	142	=	7670
	0,8	*	0,75	*	92	*	142	=	7841
	0,8	*	0,75	*	82	*	142	=	6986
	0,8	*	0,75	*	67	*	142	=	5710
	0,8	*	0,75	*	64	*	142	=	5454

Φ s GÜNEY ay Toplam = **54374 W**

Tablo 3. 16 Mevcut Binanın Kuzey Cephesinden Isı Kazançları.

Φ KUZEY ay	0,8	*	0,75	*	26	*	138,7	=	2163
	0,8	*	0,75	*	37	*	138,7	=	3079
	0,8	*	0,75	*	52	*	138,7	=	4327
	0,8	*	0,75	*	66	*	138,7	=	5492
	0,8	*	0,75	*	79	*	138,7	=	6573
	0,8	*	0,75	*	40	*	138,7	=	3328
	0,8	*	0,75	*	27	*	138,7	=	2247
	0,8	*	0,75	*	22	*	138,7	=	1831

Φ s KUZEY ay Toplam = **29040 W**

Farklı cephelerden alınan Güneş Isı Kazançları her ay için toplanır, aşağıdaki tabloda sonuç elde edilir:

Tablo 3. 17 Mevcut Binada Isı Kazançları Aylık Hesaplaması

Aylar		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Ekim	Kasım	Aralık	
Isı Kazançları	İç Isı Kazancı	Φ_i (W)								
	Güneş enerjisi kazancı	14743.36								
	Toplam	8299.6	10238	11741	13162	14414	10317	7956.7	7285	
		23043	24981	26485	27905	29158	25060	22700	22028	

3.2.3.3. Kazanç Kullanım Oranı (KKO) Hesabı

Isı kazançları; ısıtmanın gerekmediği zamanlarda gelebilir. Bu nedenle iç kazançlar ve güneş enerjisi kazançları bir yararlanma faktörü ile azaltılır; bu faktörün büyüklüğü, kazançların ve kayıpların bağıl büyüklüğüne ve binanın ısıl kütlesine bağlıdır.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO \text{ ay})}$$

$$KKO_{ay} = (\Phi_i + \Phi_s) / H(\theta_i - \theta_e)$$

Kazanç Kullanım Oranı 2,5 ve üzerinde olursa o ay için ısı kaybı olmadığı kabul edilir.

Vaka analizimize göre kazanç kullanım oranları değerleri aşağıdaki gibidir:

Tablo 3. 18 Mevcut Binada Kazanç Kullanım Faktörü Aylık Hesaplaması

Aylar		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Ekim	Kasım	Aralık
Isı Kayıpları	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	63738	62417	49207	29392	15192	24439	44254	58454
Isı Kazançları	$\Phi_t = \Phi_i + \Phi_s$ (W)	23043	24981	26485	27905	29158	25060	22700	22028
KKO	λ (-)	0.36	0.40	0.54	0.95	1.92	1.03	0.51	0.38
Kazanç Kullanım Faktörü	η_{ay} (-)	0.94	0.92	0.84	0.65	0.41	0.62	0.86	0.93

3.2.3.4. Binanın Yıllık Net Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesabı

Her ay için toplam kayıplardan toplam kazançlar çıkarılarak binanın ilgili ayda harcayacağı ısı miktarı (Q_{ay}) hesaplanır. Hesaplamalar 12 ay için tekrarlanır. Her ay için bulunan sonuçlar toplanarak binanın yıllık net ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanır.

$$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta_{ay}(\Phi_i + \Phi_s)] \cdot t$$

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

t : 86400x30 sn

Ws: Watt Saniye

(J) : Joule

1 kWh = 3,6 x 10⁶ J

1kJ = 0,278 x 10⁻³kWh

Binamızın yıllık net ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamasının tüm adımları aşağıdaki tabloda gösterildiği gibidir:

Tablo 3. 19 Mevcut Binanın Isıtma Enerjisi İhtiyacı Aylık Hesaplaması

Aylar	ISI KAYBI			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	H= H _t + H _v (W/K)	θ _i - θ _e (K, °C)	H(θ _i - θ _e) (W)	Φ _i (W)	Φ _s (W)	Φ _t =Φ _i +Φ _s (W)			
Ocak	3302.51	19.3	63738.42	14743.36	8299.622	23042.98	0.36	0.94	109239974
Şubat		18.9	62417.42		10237.61	24980.97	0.40	0.92	102357786
Mart		14.9	49207.38		11741.41	26484.77	0.54	0.84	69605643
Nisan		8.9	29392.33		13162	27905.36	0.95	0.65	29082429
Mayıs		4.6	15191.54		14414.15	29157.51	1.92	0.41	8686206
Haziran		0.5			0				
Temmuz		-2.7			0				
Ağustos		-2.2			0				
Eylül		1.8			0				
Ekim		7.4	24438.57		10316.79	25060.15	1.03	0.62	22884920
Kasım		13.4	44253.62		7956.704	22700.06	0.51	0.86	64242265
Aralık		17.7	58454.41		7284.989	22028.35	0.38	0.93	98435863

$$\text{Toplam } Q_{\text{yıl}} = 614921316,4 \text{ (kJ)}$$

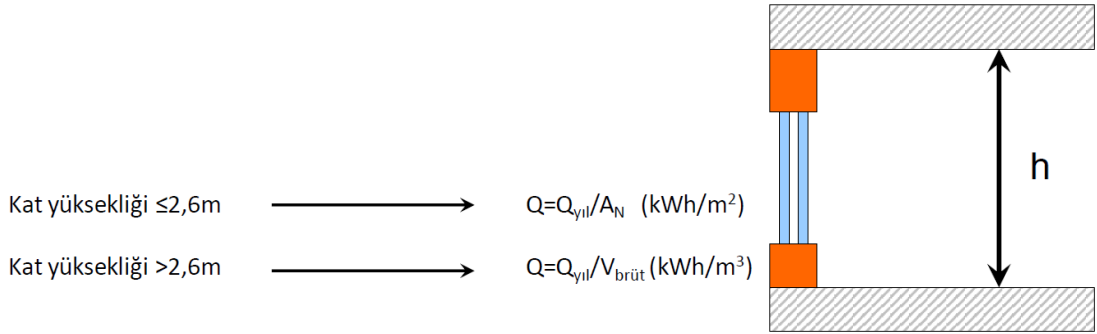
KiloWat'a çevirmek için $0,278 \times 10^{-3}$ ile çarpılır;

$$\text{Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı } Q_{\text{yıl}} = 170948,1 \text{ kWh/yıl}$$

3.2.4. Mevcut Binanın Enerji Performansı

Daha önce genel bir bakış olarak, enerji performansı çalışması, binayı enerji kimlik belgesine uygunluk ile kategorize etmeyi amaçlamaktadır. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı değeri hesapladıktan sonra, metre kare başına düşen ısıtma miktarı bulunması gerekir; o değer, binanın Enerji Performansı olarak kabul edilecek.

Binada odanın net yüksekliği 2,60 m veya daha az olan binalarda birim kullanım alanı (AN) başına; Odanın net yüksekliği 2,60 m den yüksek olan binalarda ise birim brüt hacimi (Vbrüt) başına olmak üzere ihtiyaç duyulan net enerji miktarı hesaplanır.



Şekil 3. 9 : Binada Kat Yüksekliğine Göre Denklem Seçimi (TS825, 2013)

Tablo 3. 20: A/V Oranına Göre; Azami Yıllık Isıtma Enerjisinin Sınır Değerleri

	h (m)	A/V≤0,2 için	0,2<A/V<1,05 için	A/V≥1,05 için	Birim
Q'1.DG	h≤2,6m	19,2	44,1 A/V + 10,4	56,7	kWh/m2
	h>2,6m	6,2	14,1 A/V + 3,4	18,2	kWh/m3
Q'2.DG	h≤2,6m	38,4	70 A/V + 24,4	97,9	kWh/m2
	h>2,6m	12,3	22,4 A/V+ 7,8	31,3	kWh/m3
Q'3.DG	h≤2,6m	51,7	76,3 A/V + 36,4	116,5	kWh/m2
	h>2,6m	16,6	24,4 A/V + 11,7	37,3	kWh/m3
Q'4.DG	h≤2,6m	67,3	82,8 A/V + 50,7	137,6	kWh/m2
	h>2,6m	21,6	26,5 A/V + 16,3	44,1	kWh/m3

Analizini gerçekleştirmiş olduğumuz binanın kat yüksekliği $2,9 > 2,6$ olması nedeniyle, Q hesabını $Q = Q_{yıl} / V$ brüt şeklini alarak değerini hesaplarız.

$$Q = Q_{yıl} / V \text{ brüt}$$

$$Q = 170948,13 / 9214,6$$

$$Q = \mathbf{18,55 \text{ kWh/m}^3}$$

Daha önce hesaplamış olduğumuz binanın dış kabuk alanı Alanı / brüt Hacim oranını $= 0,28 \text{ m}^2/\text{m}^3$ olarak bulduk. Bu iki değere göre ve 3. iklim bölgesiyle $h > 2,6\text{m}$ kriterine göre önceki tablodan $Q' = 24,4 A/V + 11,7 = 19,63 \text{ kWh/m}^3$ bulunur.

Hesaplamamızın sonucu olan birim başına düşen Q değeri, azami yıllık ısıtma enerjisinin sınır değeriyle Q' karşılaştırdığımızda; $18,55 \text{ kWh/m}^3 < 19,63 \text{ kWh/m}^3$ olduğu için, binanın mevcut hali Standarda uygun olduğunu söyleyebiliriz.

Binanın Enerji Performansı sınıfını bulmak için, m^2 başına düşen enerji miktarını hesaplamamız gerekir:

$$EP = Q_{yıl} / A_n$$

$$EP = 170948,13 / 2948,7$$

$$EP = \mathbf{57,97 \text{ kWh/m}^2 \text{ yıl}}$$

Tablo 2.9 dan, üçüncü bölgede bulunan bir bina için, EP değeri $50 < 57,97 < 100$ olması nedeniyle bu bina ek tablo 2. 8'den **B sınıfı** bina olduğu görülür.

3.2.5. Kazan Kapasitesi Hesabı

Artık binanın ısı tüketim miktarını bildiğimiz için binada kullanılacak kazanın kapasitesini de tanımlayabiliriz. Bunu yapmak için önce toplam ısı kaybı değerini alır ve %15 tolerans değeri eklenir, böylece ısıtma tesisatı montajında bir zayıflık oluştuğu halde kazanın kapasitesi güvenli tarafta kalması sağlanır. Bu da ısı kaybı değerimizi şöyle gösteriyor:

$$Q_{kazan} = Q_{Yıl} \times 1,15$$

$$Q_{kazan} = (170948,13 \text{ kWh / yıl}) \times 1,15$$

$$Q_{kazan} = 196590,4 \frac{\text{kWh/yıl}}{12 \text{ h/gün} * 240 \text{ gün/yıl}}$$

Kazan kapasitesini kW olarak bulmak için, yıl boyunca ısıtma yapılan saat adedine bölmemiz gerekir:

$$Q_{kazan} = \frac{196590,4}{2880}$$

$$Q_{kazan} = 68,26 \text{ kW}$$

Katalogtan 70 kW'lık yada en yakın büyüğü kapasitesinde Tek kazan seçilmelidir. Sonuç aldığımız değer $70 \text{ kW} < 186 \text{ kW}$ olduğu için, binaya tek bir kazan yeterlidir. [12]

3.2.6. Binanın Yıllık Doğalgaz Tüketimi ve Sera Gaz Salımı

Binanın yıllık yakıt tüketim hesabı bu şekilde olur:

$$B_y = \frac{Q_{k_{yıl}}}{H_{alt} \times \eta_k \times \eta_{br}} \text{ (m}^3\text{/yıl)}$$

$Q_{yıl}$: Hesaplanan Yıllık Isı ihtiyacı (kWh/yıl),

H_{alt} : Doğalgazın Alt Isıl Değeri kWh/m³

η_k : Doğalgaz Kazanının Verimi (0,90)

η_{br} : Doğalgaz Brülörünün Verimi (0,85)

$$B y = \frac{196590,4 \text{ kWh/yıl}}{9,6 \text{ kWh/m}^3 \times 0,9 \times 0,85}$$

$$B y = 26768,8 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

Binanın yıllık yakıt tüketimi öğrendiğimize göre, doğalgaz yakılmasında doğalgaz emisyonunu ve yıllık kaç kg Co2 Emisyonunu hesaplayabiliriz.

$$SEG_{yıl} = EP_{yıl} \times SEG_{dk} \quad (\text{kgCO}_2/\text{kWh})$$

SEG *dk*: SEG Doğalgaz Yakılmasında SEG Dönüşüm Katsayısı (kgCO₂/kWh) (Güncellenmiş Energetech Tablo 2.3 ten 0,19 kgCO₂/kWh olarak alınır)

$$SEG_{yıl} = 196590,4 \text{ kWh/yıl} \times 0,19 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$$

$$SEG_{yıl} = 37352,2 \text{ (KgCo}_2/\text{yıl)}$$

m² başına yıllık CO₂ emisyonu (A n = 2994 m²) için

$$SEG_{m^2, yıl} = 37352,2/2994$$

$$SEG_{yıl} = 10,85 \text{ (KgCo}_2/\text{m}^2\text{yıl)}$$

3.3. MEVCUT BİNANIN, ENERJİ VERİMLİ BİNA HALE GETİRİLMESİ

Mevcut binanın analizini yapıp ve yıllık enerji harcaması değerlerini öğrendikten sonra; binaya tasarım sürecinde uygulanadığını varsayarak basit bir değişiklikler önerilecek. Bu değişikliklerin etkilediği değerler ile aynı hesap yöntemi uygulanacak ve ona göre yeni sonuçlar değerlendirelecek.

3.3.1. Bina Kabuğunda Alan Değişimleri

Binanın enerji tüketiminde bu adım çok önemlidir. Buradaki değişiklikler binanın pencerelerinin oranındaki değişiklikler kazanılan güneş ışınlarının miktarını artıracaktır; yani enerji kaybı miktarını telafi edecek ve ısıtıcının çalışma saatlerini büyük ölçüde azaltmamızı sağlayacaktır.

İkinci bölümde gösterildiği gibi, pencere / brüt cephe oranı için ideal değerler bu şekilde olması gerekir; güney cepheler için% 50, doğu ve batı cepheler için% 30 ve kuzey cepheler için maksimum% 20'dir. Bunlar pencere alanlarımızı değiştirmeyi hedefleyeceğimiz değerlerdir.

Mevcut Halinin pencere / brüt cephe oran sonuçlarına baktığımızda ve o oranları kullanılması gereken ideal oranlarla karşılaştırarak; güneşe en çok maruz kalan ve en küçük açıklık oranına sahip olan güney-doğu cephesindeki alınan tasarım kararın zayıf olduğunu söyleyebiliriz. Binamıza daha fazla güneş enerjisi alabilmesi için öncelikle güneybatı cephesi ve güneydoğu cephesindeki oranları en az% 50'ye çıkarmalıyız.

Buna göre, güneybatı tarafındaki pencere / brüt cephe oranımızın %27,9'dan %50'ye, güneydoğu cephe oranımızın da %10'dan %50'ye kadar çıkmasına neden oluyor ki, yıl boyunca faydalı miktarda güneş ışığı kazancında büyük bir artış sağlar. Benzer şekilde kuzey-batı cephe oranını %24'ten %20'ye indirebiliriz. Ancak kuzey-batı pencere / brüt cephe oranı zaten %20'den küçük olması nedeniyle, bu cepheye değişiklik yapmadan olduğu gibi korunur.

Sonuçları aşağıdaki tabloda olduğu gibi gösterebiliriz

Tablo 3. 21: Mevcut Pencere/Cephe Oranına Önerilen Değişiklik.

	Güney Batı Cephesi	Kuzey Doğu Cephesi	Kuzey Batı Cephesi	Güney Doğu Cephesi
Mevcut Pencere /Cephe Oranı	27,9%	24,0%	10,0%	10,0%
Önerilen Pencere /Cephe Oranı	50%	20%	10%	50%
Durum	+	-		+

Bu değişiklikleri cephelere uyguladığımızda, pencerelerin alanları da buna bağlı olarak büyür veya küçülür. Yeni oranları her cephe alanı ile çarparak yeni açıklık alanlarımızı şu şekilde yapar:

Tablo 3. 22: Bina Cephelerinde Önerilen Açıklık Alanları.

	Güney Batı Cephesi	Kuzey Doğu Cephesi	Kuzey Batı Cephesi	Güney Doğu Cephesi	Toplam
MEVCUT Binada Pencere Toplam Alanları	103,2 m ²	99,8 m ²	38,8 m ²	38,8 m ²	280,7 m ²
ÖNERİLEN Binada Pencere Toplam Alanları	185 m²	83,3 m²	38,8 m²	193 m²	500 m²

Cephelerin açılış alanlarını değiştirdiğimiz için her cephenin alanları da buna göre farklılık gösterecek. Bu bizi şu alan değerleriyle bırakıyor:

Tablo 3. 23: Önerilen Bina Cephelerinde Kalan Dış Duvar Alanları.

	Güney Batı Cephesi	Kuzey Doğu Cephesi	Kuzey Batı Cephesi	Güney Doğu Cephesi	Toplam M2
MEVCUT Binanın Full Cephe Alanı	369,9	416,6	386,2	386,2	1558,8
Öneri Dolu Cephe Oranı	50%	80%	90%	50%	
ÖNERİLEN Dolu Cephe Alanı (m²)	185	333,3	347,6	193	1058,8

Bu hesaplamalardan sonra, bir sonraki adıma geçmek için önerilen binanın ana alanlarını hesapladık. Bunlar aşağıdaki tabloda gösterilmektedir:

Tablo 3. 24: Önerilen Binadaki Isı Kaybeden Alanlar.

	Dış Duvar (yeni A ad)	Dış Pencere (yeni A dp)	Bodrum (A B)	Soğuk Çatı (A ç)	Kırma Çatı
AREA m ²	1058,8	500	499	514	713

3.3.2. Önerilen Bina İçin Özgül Isı Kaybı Hesabı

Buradaki süreç ve denklemler öncekiyle aynıdır, ancak her yapı elemanı için önerdiğimiz yeni değerler kullanılarak yeniden yapılacaktır. Binanın mevcut durumunda hesapladığımız gibi ısı kayıpları, binanın dış kabuğunun bileşenlerinden ile binada havalandırma yoluyla oluşan ısı kayıpların toplamıdır.

$$H = H_T + H_V \quad (W/K)$$

H_T: Isı transferi (iletimi) yoluyla oluşan ısı kaybı,

H_V: Havalandırma (dışarıdan sızan soğuk havadan dolayı) oluşan ısı kaybı

İlk başta **Isı Transferi İletimi Yoluyla** oluşan ısı kaybını hesaplanacak.

3.3.2.1. Dış Duvarların Isı Kaybı

Binanın mevcut durumunda dış duvarda kullanılan malzemenin U değeri 0,6 W / m²K olduğunu gördük. Bunun yerine, bina kabuğundan ısı kaybını ne kadar etkilediğini kontrol etmek için daha küçük U değerine sahip bir duvar önerilmiştir. TS825'te önerildiği gibi; 3. Bölge için dış duvar malzemesinin U değeri 0,5'ten küçük olması gerekir. Aynı zamanda binaya fazla maliyet yüklememek amacıyla, mevcut duvar malzemesine hem ucuz hem de verimli bir çözüm önermek istedik. Mevcut Dış Duvar katmanlarına hava boşluğu katıyoruz.

Balıkesir Üniversitesinde araştırmacılık yapan ve Ankara'da bulunan bir bina için vaka analizini gerçekleştiren M. Ertürk yaklaşımına göre; Yalıtım malzemesi olarak sadece XPS kullanıldığında, Optimum Yalıtım Kalınlığı 9,2 cm iken, bu duvar bileşenine 4 cm hava boşluğu eklendiğinde OYK 3,4 cm'e, toplam maliyeti ise yıllık

m 2 başına 24.48 TL'den 17.57 TL'ye geri ödeme süresi 1.509 yıldan 1.320 yıla düşürmekte, yıllık kazancıda %96 oranında artırmaktadır. (Ertürk, 2015)

Buna göre, duvar örneklerine sahip olan 2. 5 numaralı tablodan 3.B 14 tipini seçmeyi tercih ettik. Yeni duvar katmanları bu şekilde olur: (2 cm alçı sıva+20 cm Delikli tuğla duvar+2 cm y.harcı+4 cm Taşyünü+5 cm hava boşluğu +alüminyum kompozit kaplama) ve bunun **U değeri 0,45 W/m²K** (Çiçek, 2019)

Bu, Q hesaplamasını öncekinden daha küçük değerler ile yapmamızı sağlar. Ve bu şekilde olur:

$$yeni A_{dd} \times yeni U_{dd} = 1058,9 \times 0,45 \quad (W/K)$$

$$yeni A_{dd} \times yeni U_{dd} = 476,5 \quad (W/K)$$

yeni A_{dd}: Önerilen binanın dış duvar alanı (m²),

yeni U_{dd}: Önerilen duvar tipin ısı geçirme katsayısını (W/m²K),

3.3.2.2. Dış Pencerelelerin Isı Kaybı

Buradaki değiştirilen değerler, pencerelerin hem alanında hem de U değerinde olacaktır.

Her cephe için yeni açıklık alanları önerirken, burada da pencere tipini değiştirmeyi teklif etme şansını değerlendireceğiz. İki kuzey cephesi, güneydeki iki cephe kadar fazla güneş ışığı almadığından; o cephelerde üçlü cam pencere kullanılırsa binamıza faydalı olur. Üçlü cam pencerelerin daha küçük U değeri ile bu cephelerde daha az ısı kaybını garanti edebiliriz.

Böylelikle güney cephelerin U değerini olduğu gibi koruyacağız: 2,1 W / m²K ve kuzey cephelerin eski U değerinin yerinde yeni üçlü cam değeri olan 1,1 W / m²K kullanacağız. Aşağıdaki gibi hesaplanan:

$$yeni A_{dp\ kuzey} \times U_{dp\ üç\ camlı} = 122 \times 1,1 \quad (W/K)$$

$$yeni A_{dp\ kuzey} \times U_{dp\ üç\ camlı} = 134,2 \quad (W/K)$$

yeni A_{dp Kuzey}: kuzey doğu ile kuzey batı açıklık toplam alanı (m²),

U_{dp}: dış pencere ısı geçirme katsayısını (W/m²K),

İşlemi güney cepheler için U değeri için 2,3 ile tekrarlayacağız:

$$yeni A_{dp\ Güney} \times U_{dp} = 378 \times 2,1 \quad (W/K)$$

$$**yeni A_{dp\ Güney} \times U_{dp} = 793,9 \quad (W/K)**$$

yeni A_{dp Güney}: Güney doğu ile Güney batı açıklık toplam alanı (m²),

U_{dp}: dış pencere ısı geçirme katsayısını (W/m²K),

İki değeri birleştirerek cephe açıklıklarında ısı kaybı miktarını elde ederiz.

$$yeni A_{dp\ Güney} \times U_{dp} + yeni A_{dp\ kuzey} \times U_{dp\ üç\ camlı} = 793,9 + 134,2$$

$$**yeni A_{dp\ Güney} \times U_{dp} + yeni A_{dp\ kuzey} \times U_{dp\ üç\ camlı} = 928,1 \quad (W/K)**$$

3.3.2.3. Çatıda Oluşan Isı Kaybı

Çatı durumundaki mevcut U değeri = 0,33 W/m²K idi, ancak TS825'te bölgemizde kullanılması gereken tavan malzemesinin U değeri 0,30'ten küçük olması önerilmektedir. O yüzden mevcut yalıtım şilteye az daha kalınlık vermemiz gerekir, ve 14 cm'lik kalınlıkta olan şilteyi 16 cm'e yükseltiyoruz, bu da tavanımızın U değerini 0,27 W/m²K olarak değiştirir. Böylece, yeni tavanda oluşan ısı kaybı hesabı bu şekilde etkiler:

$$A_T \times yeni U_T = 514 \times 0,27 \quad (W/K)$$

$$**A_T \times yeni U_T = 138,8 \quad (W/K)**$$

A_T: çatı alanı (m²),

yeni U_T: önerilen çatı malzemesi ısı geçirme katsayısını (W/m²K),

3.3.2.4. Bodrumda Oluşan Isı Kaybı

Mevcut Bodrumun U değeri 0,57 W/m²K idi, ve bu değer TS825'de bölgemize önerilen taban değerinden büyüktür, o yüzden bunu en çok 0,45 W/m²K olarak değerlendirmemiz gerekir. Mevcut durumdaki gördüğümüz tabanın bileşenleri 5cm'lik XPS yalıtımı içeriyordu, ancak yeterli olmadığı için kalınlığını 7cm'e yükselttik ve yeni tabanın U değeri 0,41 W/m²K 'e düşebilir. Bu şekilde yeni taban ısı kaybı denklemimiz şöyle olacaktır:

$$A_b \times U_b = 499 \times 0,41 \quad (W/K)$$

$$A_b \times U_b = \mathbf{204,6} \quad (W/K)$$

A_b: bodrum taban alanı (m²),

U_b: bodrum taban ısı geçirme katsayısını (W/m²K veya kcal/m²h °C),

3.3.2.5. Havalandırma Yoluyla Oluşan Isı Kaybı Hesabı

Bina hacminde bir değişiklik olmadı, ancak TS825'in son güncellenmesinde yeni binalar için n_h değeri 0,7 olarak kabul olur. Denklemi bu şekilde etkiler:

$$H_v = 0,33 \times n_{h\text{yeni}} \times V_h \quad (W/K)$$

$n_{h\text{yeni}}$: Hava değişim sayısı (h-1) $n_h = 0,7$ alınır

V_h: Havalandırılan hacim ($V_h = 0,8 \times V_{\text{brüt}}$) (m³)

Hesapladığımız brüt hacim değeri: 9214,6 m³ idi. Buna göre H_v hesaplaması bu şekilde gerçekleştirilir:

$$H_v = 0,33 \times 0,7 \times (0,8 \times 9214,6) \quad (W/K)$$

$$H_v = \mathbf{1702,86} \quad (W/K)$$

3.3.2.6. Toplam Isı Kaybı Hesabı

Şimdi bina parçalarının her birinin ısı kaybı ve havalandırma yoluyla oluşan ısı kaybı değerlerine sahibiz, toplamını alıp sıcaklık derecesi ile çarpmamız gerekir.

$$H = H_T + H_v \quad (W/K)$$

Durumumuzda H_t'nin değeri $yeni A_{dd} \times yeni U_{dd} = 476,5$ ile $yeni A_{dp} \times yeni U_{dp} = 928,1$ ile $yeni A_T \times yeni U_T = 138,8$ ile $yeni A_b \times yeni U_b = 204,6$ toplamına eşittir. Buna göre $H_T = 1617,8$ (W/K)

Bu da eşitliği bu şekilde gösterir:

$$H = 1617,8 + 1702,9 \quad (W/K)$$

$$H = \mathbf{3320,7} \quad (W/K)$$

Önceki kısımda açıklandığı gibi, H değeri her ayın sıcaklık farkları ile çarpılınca aşağıdaki gibi ısı kayıpları değerleri bulunur:

Tablo 3. 25Enerji Verimli Hale Getirilen Binada Isı Kaybı Aylık Hesaplaması.

Aylar			Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Ekim	Kasım	Aralık
TS825'de belirlenen Aylık Dış Ortalama Sıcaklıkları (θe)			-0.3	0.1	4.1	10.1	14.4	11.6	5.6	1.3
ISI KAYBI	Özgül Isı Kaybı	H= Ht + Hv (W/K)	3320.79							
	Sıcaklık Farkı	θi - θe (K, °C)	19.3	18.9	14.9	8.9	4.6	7.4	13.4	17.7
	Isı Kayıpları	H (θi - θe) (W)	64091	62763	49480	29555	15276	24574	44499	58778

3.3.3. Enerji Verimli Binanın Isı Kazançları Hesabı

Binamıda oluşan ısı kazançların yeni değerlerini bulmak için aşağıdaki hesaplamalarla devam edilir.

- Aylık ortalama iç ısı kazançları (Φ i ay)
- Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları(Φ s ay)

3.3.3.1. Aylık Ortalama İç Isı Kazançları (Φ i ay)

Binamızın kullanım alanında bir değişiklik olmadığı için, mevcut bina durumunda bahsi geçen ortalama iç sıcaklıklarda değişme olmuyor.

$$\Phi_{i \text{ ay}} = 5 \times A_n$$

$$\Phi_{i \text{ ay}} = 5 \times 2948,7$$

$$\Phi_{i \text{ ay}} = 14743,4 \text{ W}$$

A n: Bina kullanım alanı: A n=0,32 V brüt (m2)

3.3.3.2. Güneşten (Pencerelerden) Binaya Giren Isı Kazançları (Φ s ay)

Binamızın güney cephelerindeki alanlarının büyütme sebebimiz, binamıza daha fazla güneş ışınları almak idi. Bu adımda, pencere alanlarını değiştirdiğimize göre; kışın binanın cephelerindeki pencerelerden giren güneş ısılarından sağlanan ısı kazancını hesaplayacağız. Bu miktarı çıkardıktan sonra onu binamızda pozitif bir enerji olduğunu sayarak, toplam ısı kaybı değerinden çıkaracağız.

Yıllık alınan güneş ışınları miktarı hesaplamak için aynı eşitlik kullanılır, ancak yeni önerdiğimiz pencere tipleri ve alanlarına göre değer değiştirilir.

$$\Phi_{s, ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$$

$r_{i,ay}$: “i” yön. aylık ortalama gölgelenme faktörü,

$g_{i,ay}$: “i” yön. güneş enerjisi geçirme faktörü,

$l_{i,ay}$: “i” yön. dik yüzeylere gelen aylık ort. gün. ışıınımı şid. (W/m2).

A_i : “i” yön. toplam pencere alanı (m2) dir.

Güney cephesindeki kullanılan pencereyi muhafaza ettiğimiz için, $g_{i,ay}$ değerleri 0,75 olarak kalır. Ancak gündeyde açıklık oranına büyütme önerdiğimizden pencere alanları büyüdü, yeni alanları hesaba alırız. Önerilen binada güney cephelerinden kışın her ayı için güneşten ısı kazancı formülü uygulayarak aşağıdaki gibi liste oluşturulur:

Tablo 3. 26: Önerilen Binanın Güney Cephesinden Isı Kazançları

	0,8	*	0,75	*	72	*	378	=	16331,8
	0,8	*	0,75	*	84	*	378	=	19053,7
	0,8	*	0,75	*	87	*	378	=	19734,2
	0,8	*	0,75	*	90	*	378	=	20414,7
$\Phi_{GÜNEY ay}$	0,8	*	0,75	*	92	*	378	=	20868,4
	0,8	*	0,75	*	82	*	378	=	18600
	0,8	*	0,75	*	67	*	378	=	15197,6
	0,8	*	0,75	*	64	*	378	=	14517,1

$$\Phi_{s GÜNEY ay Toplam} = 54374 \text{ W}$$

Kuzey cephesindeki kullanılan pencere tipine değişiklik önerildi, önerilen pencerenin U değeri < 2 ‘den olduğundan $g_{i,ay}$ değerleri 0,5 olarak alınacak. Aynı zamanda Kuzayde açıklık oranı azaldı ve ona göre pencere alanı azalır, yeni alanları hesaba alırız. Önerilen binada Kuzey cephelerinden kışın her ayı için güneşten ısı kazancı formülü uygulayarak aşağıdaki gibi liste oluşturulur:

Tablo 3. 27: Önerilen Binanın Kuzey Cephesinden Isı Kazançları

Φ KUZEY ay	0,8	*	0,5	*	26	*	122	=	1268,8
	0,8	*	0,5	*	37	*	122	=	1805,6
	0,8	*	0,5	*	52	*	122	=	2537,6
	0,8	*	0,5	*	66	*	122	=	3220,8
	0,8	*	0,5	*	79	*	122	=	3855,2
	0,8	*	0,5	*	40	*	122	=	1952
	0,8	*	0,5	*	27	*	122	=	1317,6
	0,8	*	0,5	*	22	*	122	=	1073,6

$$\Phi_s \text{ KUZEY ay Toplam} = 29040 \text{ W}$$

Farklı cephelerden alınan Güneş Isı Kazançları her ay için toplanır, aşağıdaki tabloda sonuç elde edilir:

Tablo 3. 28 Enerji Verimli Hale Getirilen Binanın Isı Kazançları Aylık Hesabı

Aylar		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Ekim	Kasım	Aralık	
Isı Kazançları	İç Isı Kazancı	Φ_i (W)								
	Güneş enerjisi kazancı	14743.36								
	Toplam	17601	20859	22272	23636	24724	20552	16515	15591	
		$\Phi_t = \Phi_i + \Phi_s$ (W)	32344	35603	37015	38379	39467	35295	31259	30334

3.3.3.3. Kazanç Kullanım Oranı (KKO) Hesabı

Isı kazançları; ısıtmanın gerekmediği zamanlarda gelebilir. Bu nedenle iç kazançlar ve güneş enerjisi kazançları bir yararlanma faktörü ile azaltılır; bu faktörün büyüklüğü, kazançların ve kayıpların bağıl büyüklüğüne ve binanın ısıl kütesine bağlıdır.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO \text{ ay})}$$

$$KKO_{ay} = (\Phi_i + \Phi_s) / H(\theta_i - \theta_e)$$

Binamızın önerilen haline göre kazanç kullanım oranları değerleri aşağıdaki gibidir:

Tablo 3. 29 Enerji Verimli Hale Getirilen Binanın Kazanç Kullanım Faktörü

Aylar		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Ekim	Kasım	Aralık
Isı Kayıpları	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	64091	62763	49480	29555	15276	24574	44499	58778
Isı Kazançları	$\Phi_t = \Phi_i + \Phi_s$ (W)	32344	35603	37015	38379	39467	35295	31259	30334
KKO	λ (-)	0.50	0.57	0.75	1.30	2.58	1.44	0.70	0.52
Kazanç Kullanım Faktörü	η_{ay} (-)	0.86	0.83	0.74	0.54	0.32	0.50	0.76	0.86

3.3.3.4. Binanın Yıllık Net Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesabı

Isı kazançları; ısıtmanın gerekmediği zamanlarda gelebilir. Bu nedenle iç harcayacağı ısı miktarı (Q_{ay}) hesaplanır. Hesaplamalar 12 ay için tekrarlanır. Her ay için bulunan sonuçlar toplanarak binanın yıllık net ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanır.

$$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta_{ay}(\Phi_i + \Phi_s)] \cdot t$$

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

t : 86400x30 sn

Ws: Watt Saniye

(J) : Joule

1 kWh = 3,6 x 10⁶ J

1k J = 0,278 x 10⁻³kWh

Binamızın yıllık net ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamasının tüm adımları aşağıdaki tabloda gösterildiği gibidir:

Tablo 3. 30 Önerilen Binanın Isıtma Enerjisi İhtiyacı Aylık Hesaplaması

Aylar	ISI KAYBI			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı	
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam				
	$H = H_t + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	Φ_i (W)	Φ_s (W)	$\Phi_t = \Phi_i + \Phi_s$ (W)				λ (-)
Ocak	3320.79	19.3	64091.28	14743.36	17600.56	32343.92	0.50	0.86	93846253	
Şubat		18.9	62762.96		20859.32	35602.68	0.57	0.83	86230588	
Mart		14.9	49479.79		22271.81	37015.17	0.75	0.74	57512589	
Nisan		8.9	29555.05		23635.5	38378.86	1.30	0.54	23184300	
Mayıs		4.6	15275.64		24723.56	39466.92	2.58	0.32	6762620	
Haziran		0.5								
Temmuz		-2.7								
Ağustos		-2.2								
Eylül		1.8								
Ekim		7.4	24573.86		20552.06	35295.42	1.44	0.50	17811610	
Kasım		13.4	44498.61		16515.21	31258.57	0.70	0.76	53832687	
Aralık		17.7	58778.01		15590.72	30334.08	0.52	0.86	85051669	

Toplam Q yıl = 424232317,80 (kJ)

KiloWat'a çevirmek için $0,278 \times 10^{-3}$ ile çarpılır;

Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı **Q yıl = 117936,6 kWh/yıl**

3.3.4. Enerji Verimli Binanın Enerji Performansı

Binada odanın net yüksekliği 2,60 m veya daha az olan binalarda birim kullanım alanı (AN) başına; Odanın net yüksekliği 2,60 m den yüksek olan binalarda ise birim brüt hacimi (Vbrüt) başına olmak üzere ihtiyaç duyulan net enerji miktarı hesaplanır.

Şekil 3. 9'a göre. Analizini gerçekleştirmiş olduğumuz binanın kat yüksekliği $2,9 > 2,6$ olması nedeniyle, Q hesabını $Q = Q_{yıl} / V_{brüt}$ şeklinde alarak değerini hesaplarız.

$$Q = Q_{\text{yıl}} / V_{\text{brüt}}$$

$$Q = 117936,6 / 9214,6$$

$$Q = 12,8 \text{ kWh/m}^3$$

Daha önce hesaplamış olduğumuz binanın Alan / Hacim oranını = 0,82 m²/m³ olarak bulduk. Bu iki değere göre ve 3. iklim bölgesiyle h > 2,6m kriterine göre önceki tablodan **Q' = 24,4 A/V + 11,7 = 19,63 kWh/m³** bulunur.

Hesaplamamızın sonucu olan birim başına düşen Q değeri, azami yıllık ısıtma enerjisinin sınır değeriyle Q' karşılaştırdığımızda; 18,55 kWh/m³ < 19,63 kWh/m³ olduğu için, binanın mevcut hali Standarda uygun olduğunu söyleyebiliriz.

Binanın Enerji Performansı sınıfını bulmak için, m² başına düşen enerji miktarını hesaplamamız gerekir:

$$EP = Q_{\text{yıl}} / A_n$$

$$EP = 117936,6 / 2948,7$$

$$EP = 40,0 \text{ kWh/m}^2 \text{ yıl}$$

İkinci bölgede bulunan bir bina için, EP değeri **40,0** < 50 olması nedeniyle bu bina ek tablo 2.8'den **A sınıfı** bina olduğu görülür.

3.3.5. Kazan Kapasitesi Hesabı

Binanın yeni ısı tüketim miktarını bildiğimiz için binada kullanılacak kazanın kapasitesini de tanımlayabiliriz. Bunu yapmak için önce toplam ısı kaybı değerini alır ve %5 tolerans değeri eklenir; yeni binalarda ısıtma tesisatı montajın daha düzenli bir şekilde kontrol edilir. Bu da ısı kaybı değerimizi şöyle gösteriyor:

$$Q_{\text{kazan}} = Q_{\text{Yıl}} \times 1,05$$

$$Q_{\text{kazan}} = (117936,6 \text{ kWh} / \text{yıl}) \times 1,05$$

$$Q_{\text{kazan}} = 123833,4 \frac{\text{kWh/yıl}}{12 \text{ h/gün} * 240 \text{ gün/yıl}}$$

Kazan kapasitesini kW olarak bulmak için, yıl boyunca ısıtma yapılan saat adedine bölmemiz gerekir:

$$Q_{\text{kazan}} = \frac{123833,4}{2880}$$

$$Q_{\text{kazan}} = 43 \text{ kW}$$

Katalogtan 45 kW'lık yada en yakın büyüğü kapasitesinde Tek kazan seçilmelidir. Sonuç aldığımız değer 45 kW < 186 kW olduğu için, binaya tek bir kazan yeterlidir. [12]

3.3.6. Binanın Yıllık Doğalgaz Tüketimi ve Sera Gaz Salımı

Binanın yıllık yakıt tüketim hesabı bu şekilde olur:

$$B y = \frac{Q_{k\text{ yıl}}}{H_{\text{üst}} \times \eta_k \times \eta_{br}} \text{ (m}^3\text{/yıl)}$$

Q k: Hesaplanan Yıllık Isı ihtiyacı (kW),

H üst: Doğalgazın Alt Isıl Değeri

η_k : Doğalgaz Kazanının Verimi (0,90)

η_{br} : Doğalgaz Brülörünün Verimi (0,9)

$$B y = \frac{123833,4}{10,65 \times 0,9 \times 0,9}$$

$$B y = 14355 \text{ m}^3\text{/yıl}$$

Binanın yıllık yakıt tüketimi öğrendiğimize göre, doğalgaz yakılmasında doğalgaz emisyonunu ve yıllık kaç kg Co2 Emisyonunu hesaplayabiliriz.

$$SEG_{yıl} = EP_{yıl} \times SEG_{dk} \text{ (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

SEG dk: SEG Doğalgaz Yakılmasında SEG Dönüşüm Katsayısı (kgCO2/kWh) (Güncellenmiş Enerteach Tablo 2.3 ten 0,19 kgCO2/kWh olarak alınır)

$$SEG_{yıl} = 123833,4 \times 0,19$$

$$SEG_{yıl} = 23528,4 \text{ (KgCo}_2\text{/yıl)}$$

m² başına yıllık CO2 emisyonu (A n = 2994 m²) için

$$SEG_{m^2, yıl} = 23528,4/2994$$

$$SEG_{yıl} = 7,5 \text{ (KgCo}_2\text{/m}^2\text{yıl)}$$

3.4. MEVCUT BİNA İLE ENERJİ VERİMLİ HALE GETİRİLEN BİNANIN SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRMASI

Önceki hesaplama sonuçlarından, önerilen bina değişikliklerinin binada meydana gelen ısı kaybını doğrudan etkilediği kavramından emin olabiliriz. bu da yılın soğuk günlerinde binayı ısıtmak için kullanılan enerji tüketimini dikkat çekici bir şekilde azalttı.

3.4.1. Yapıya Önerilen Değişikliklerin Özeti

Elde edilen tasarruf miktarlarına geçmeden önce binada yapılan ufak değişiklikleri gözden geçirmek istedik. Öncelikle pencere / brüt cephe oranları ideal oranlara uyacak şekilde değiştirildi. Güney cephelerde daha fazla güneş ışınları enerjisi elde etmek için; pencere / brüt cephe oranı artırılmış ve bu cephelerde mevcut olan aynı çift camlı ısıcam pencereler kullanılmıştır. Kuzey cephelerde ısı kaybını sınırlamak için; pencere / brüt cephe oranı azaltılmış ve bu cephelerde üçlü cam pencereler yerleştirilmiştir.

Bunun dışında, yapı kabuğu malzemeleri de daha iyi bir izolasyon sağlamak için biraz modifiye edilmiştir. Mevcut malzemelerin ısı geçirgenliği değerleri Üçüncü Derece-Gün bölgesinde bir bina için standart değerlerin altındaydı, bu yüzden iyileştirilmesi gerekiyordu.

Dış duvarlarda, U-değerini 0,6'dan 0,45'e azaltarak yalıtımı iyileştirmeye amaçlayan sadece ek bir hava boşluğu katmanı eklendi. Çatı durumu için, mevcut yalıtım şiltesi tabakası 14 cm'den 16 cm'ye kalınlaştırıldı ve U değeri 0,33'ten 0,27'ye iyileştirildi. Yine bodrum durumunda, yalıtım tabakası 5 cm'den 7 cm'ye kalınlaştırılarak U-değeri 0,57'den 0,41'e iyileştirildi.

3.4.2. Enerji Verimli Hale Getirilen Bina ile Sağlanan Enerji Tasarrufu ve Karbondioksit Emisyonu Azaltımı

Binanın mevcut durumundaki yıllık toplam ısı kayıp değerlerine bakılarak $Q_{yıl} = 170948,1 (kWh)/yıldır$ kadar olduğu görüldü. Ancak bu ısı kaybı değeri yeni modifiye edilmiş binanın durumunda $yeni Q_{yıl} = 117936,6 (kWh)$ 'a kadar azaldığını farkettilik. İki değer arasındaki farkı hesapladığımızda yıllık $53011,5 kWh$ tasarruf

edebileceğimizi açıkça görüyoruz. Bu da yıllık **%31 oranında enerji tasarrufu** sağlayabileceğimiz anlamına geliyor.

Bu değerlere sadece yıllık ısı tasarrufu olarak değil aynı zamanda yakıt giderlerini ve ilk etapta hedeflediğimiz gibi Sera Gaz emisyonlarını da azalttığını farkına varmalıyız. Bu değerler dikkate alındığında, mevcut bina yıllık yakıt $B y= 26768,8 m^3/yıl$ tüketirken, önerilen bina sadece *yeni* $B y= 14355 m^3/yıl$ tüketir, yani yılda **12413,8 m³/yıl yakıt tasarrufu** anlamına gelmektedir. Bu aynı zamanda bu tasarruftan kaynaklanan daha az hava kirliliği anlamına gelir. Binanın mevcut durumun Sera Gaz salınım miktarı $SEG= 10,85 (KgCo2/m^2 yıl)$ idi, önerilen değişiklikleri uyguladıktan sonra bina Sera Gaz salınımı *yeni* $SEG= 7,5 (Kg/m^2 yıl)$ 'a kadar azaltılmıştır. Bu da bizi yıllık **3,35 (Kg/m² yıl)** kirlilikten kurtarıyor.

Önerilen değişikliklere sahip bina, daha önce B sınıfı olarak sınıflandırılan mevcut durum yerine, enerji performansına göre **A Sınıfı** bina olarak sınıflandırıldığı için çevreye karşı daha temiz davranır.

Bu hesaplama çalışması TOKİ tarafından oluşturulan konut sitelerinden sadece bir binası için yapılmıştır. Ancak Şekil 3.2. de gördüğümüz gibi sitede buna benzer 10 bina daha bulunmaktadır. Bu, yönelimleri ve boyutları farklılığını ihmal ederek; sitedeki her binaya benzer değişiklikleri uygulanırsa, elde ettiğimiz enerji tasarrufunun yaklaşık 11 katını elde edebileceğiz. Yani tasarım sürecinde alınan kararlarda ufak değişikliklerle **yılda 583.126,5 kWh enerji tasarrufu** sağlanabilir. Bu da **yıllık 136.551,8 m³/yıl yakıt tasarrufu ve 36,9 (Kg/m² yıl) Sera Gaz emisyonu tasarrufu** demektir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. BİNALARDA ENERJİ ANALİZİ UYGULAYAN YAZILIMLAR

Yaşam, çalışma ve endüstriyel kullanımlar için dünyanın her yerinde inşa edilmiş yapılar, bir ülkenin sosyoekonomik büyümesine önemli katkıda bulunurlar ve önemli miktarda enerji ve doğal sermaye tüketirler. Binalar, dünyadaki tüm enerjinin %30-40'ını tüketen ikinci sırada bulunur ve onlar, tüm sera gazı emisyonlarının %40-50'sinden sorumludur.

Sonuç olarak, inşaat sektörü sürdürülebilirlik sağlanması toplum için önemlidir. Sürdürülebilir kalkınma, önemli ekonomik ve sosyal faydalar sağlarken çevresel etkisi düşük olan büyüme olarak tanımlanmaktadır. Nitelikli mimarlar ve mühendisler yeni binaların sürdürülebilirliği ve enerji verimliliği ile ilgileniyorlar.

Kavramsal tasarım aşamasında bina enerji kullanımını analiz etmek, tasarımcıların daha enerji verimli bir tesisle sonuçlanacak tasarım kararlarını seçmelerine yardımcı olacaktır. Binalar, bilinçli veya dolaylı olarak yaşamlarının her aşamasında enerji kaynaklarından tüketir.

İşletim enerjisi, HVAC, kullanım sıcak suyu ve elektrik aletler için kullanılan enerji de dahil olmak üzere, bina kullanıcıların konforunu sağlamak ve günlük yaşamını sürdürmek için kullanılan enerji miktarıdır. Arzu edilen konfor düzeyine, hava koşullarına ve elektrik çalıştırma sürelerine büyük ölçüde bağlıdır. (D. B. Crawley, J. W. Hand, M. Kummert and B. T. Griffith, 2008)

Konut piyasasında bina enerji araştırması çeşitli nedenlerle kullanılmaktadır:

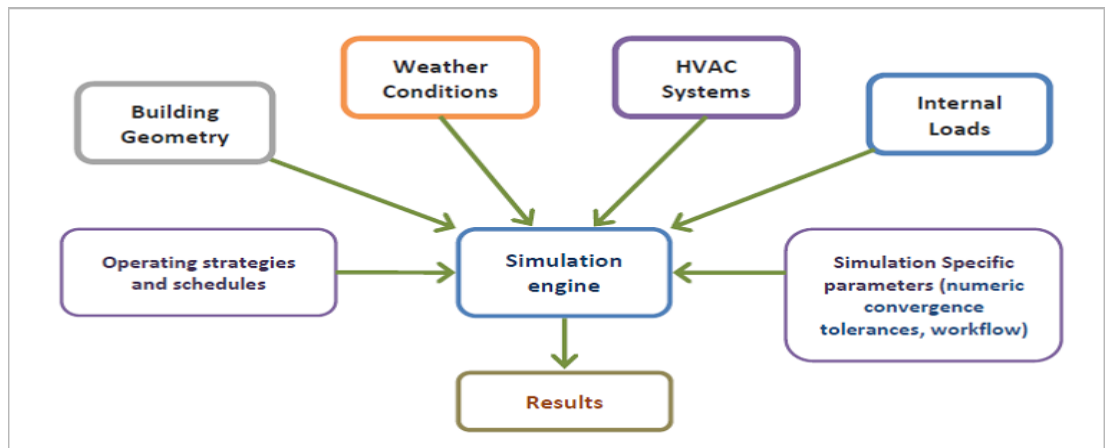
- Enerji dostu konutlar oluşturma.
- Binanın enerji tüketimi yönünden puanlamasını belirleme.
- Binanın -pasif önlemler ile- enerji verimliliğini yükselterek tasarruf edilecek elektrik ve para miktarını tahmin etme.
- Yeni enerji tasarrufu sağlayan teknoloji için maliyet ve performans karşılaştırmaları geliştirme.

- sonuçları ve kanıtları analiz ederek programatik kararları güçlendirme.

Enerji analizi gerçekleştirmek için girdi verileri olarak aşağıdaki bilgiler gereklidir:

- Analiz edilecek alanın düzeni ve tasarımı ile binanın yapısı (yüzeyler ve hacimler),
- Odalar termal olarak homojen bölgelere ayrılmalı,
- Evin yönü,
- Yapıda kullanılan tüm malzemelerinin ısı özellikleri,
- Binanın kullanımı,
- HVAC (ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme) sisteminin şekli ve çalışma özellikleri,
- klima gereksinimleri,
- Hava durumu istatistikleri ve fatura fiyatlandırmaları,

Giriş verileri, bir enerji ölçümünün hassasiyetini belirler. Simülasyon motorları, enerji analiz yazılımının en popüler şeklidir. (Crawley D. e., 2001)



Şekil 4.1 Enerji analizi için genel girdi verileri.

Bazı Enerji analiz Yazılımlarının Sunumu:

Çok sayıda enerji analiz yazılımı bulunur ama en popüler olanları inceliyoruz

- Autodesk Revit ve Insight

- InDesign
- Energy Plus Bina modeli analizi
- IES Bina Enerji Modelleme Yazılımı
- Rhino ve Eklentisi Grasshopper

Bu bölüm yukarıdaki enerji analizi yazılımlarının aşağıdaki temellerini kapsar.

- Yazılımın genel açıklaması
- Yazılımın çalıştığı mantık
- Lehte ve aleyhte olanlar
- Öğrenme yaklaşımı
- Bütçesi
- Sonucun doğruluğu

4.1. ENERGYPLUS

Mühendis ve mimarlar, Energy Plus'ı bir binanın ısıtmasında kullanılan enerji tüketimini ve binada kullanılacak yükleri modellemek için kullanabilir. EnergyPlus'ın bir dizi dikkate değer işlevi ve özelliği vardır. (Buonomano, de Luca, Montanaro, & Palombo, 2016)

4.1.1. Özellikleri ve İşlevleri

- Termal bölge koşullarının ve HVAC sistemin entegre bir eşzamanlı çözümünü kullanarak binanın farklı alanlarını simülasyonu
- Kütle ve ısı transferi modelinde bölgeler arasındaki hava akışı hesaba katılır.
- Kontrol edilebilir pencere panjurları, elektrokromik camlar ve pencere camları tarafından emilen güneş enerjisini ölçmek.
- Görsel konfor ve aydınlatma kontrol etmek için aydınlatma ve parlama hesaplamaları yapılır.
- Yüzey sıcaklıklarını oluşturan parlak ve konvektif etkiler, bir ısı dengesi kullanılarak çözülür. Termal gevşeme ve yoğunlaşma için hesaplamalar

- Hem normal hem de olağandışı sistem kurulumlarını barındırabilen bileşenler üzerine kurulu HVAC sistemi.

- Kullanıcı tanımlı kontrol için genişletilebilir bir çalışma zamanı komut dosyası çerçevesi, çok çeşitli yerleşik HVAC ve aydınlatma kontrol stratejileri.

- Diğer motorlarla birlikte simülasyon için İşlevsel Mockup Arayüzünün içe ve dışa aktarılması.

- Standart genel bakış ve doğru performans raporlarının yanı sıra, yıllık ile saat altı arasında değişen zaman çözünürlüklerine sahip kullanıcı tanımlı raporlar, enerji kaynağı çarpanları ile birlikte mevcuttur.

EnergyPlus, komutları giriş ve çıkış olarak okuyan ve yazan konsol tabanlı bir yazılımdır. İki veya daha fazla simülasyonun sonuçlarını grafiksel olarak karşılaştırma imkânı verir. OpenStudio yazılım geliştirme kiti ve uygulama paketleri gibi, EnergyPlus için bazı sağlam etkileşimli arayüzler de vardır. (Constanzo, Yao, Essah, Shao, & Shahrestani, 2018)

EnergyPlus, Windows, Mac OS X ve Linux üzerinde çalışan bir programdır. ABD Enerji Bakanlığı'nın (DOE) Bina Teknolojileri Ofisi büyümesini (BTO) finanse ediyor. EnergyPlus, OpenStudio ile birlikte BTO'nun bina enerji simülasyon programı portföyünün bir parçasıdır.

Kullanıcı tarafından belirlenen bir zaman dilimi için, (yükler ve sistemler) bilgisi ile sıcaklık simülasyonu gerçekleştirebilir. Program ayrıca tesis bileşenlerinde, bölgeler arası hava akışları, ısıtma cihaz gücünü, nem adsorpsiyonunu ve desorpsiyonu ölçebilir. (Crawley D. B., 1997)

4.1.2. EnergyPlus Oluşumu

Yazılımı oluşturan ekipler, iç inceleme için Aralık 1998'de EnergyPlus'ın ilk çalışan sürümünü tamamladı. 1999 yılı boyunca, EnergyPlus'ın çok sayıda deneme sürümü, dış kullanıcılara ve geliştiricilere sunuldu. 2000 yılında, Ocak 2001'de EnergyPlus Sürüm 1.0 ile birlikte daha fazla beta güncellemesi yayımlandı. (Augenbroe, 2004)

EnergyPlus Sürüm 2.0 için planlama, müşteriler, geliştiriciler ve ekip tarafından önerilen ek iyileştirmelere odaklanarak yayınlanmıştır. EnergyPlus, o zamandan beri düzenli bir şekilde güncellenmektedir. COMIS hava akışı programına bir bağlantı, gelişmiş toprak ısı transferi, elektrikli cihaz emülasyonu ve güneş termal ve fotovoltaik modülleri, çalışmalardaki en son özelliklerden sadece birkaçıdır. EnergyPlus daha yaygın olarak kullanılabilir hale geldikçe ve pratikte kullanıldıkça, programa olan ilginin ve dahil olan araştırmacıların sayısının artması beklenmektedir.

4.2. RHINOCEROS VE GRASSHOPPER

Grasshopper, bir Rhinoceros 3D modelleme teknolojisi eklentisidir. Rhino'da geometri oluşturan algoritmalar oluşturmak için görsel bir arayüz sağlar. Artık Rhino'nun 3D modelleme araçları kendi başlarına ne kadar iyi olsa da, bir kullanıcının özellikle karmaşık modellerle çalışırken daha fazla esneklik isteyebileceği bir noktaya geliyor. Örneğin, karmaşık bir modelin temel özelliklerini kolayca değiştirme yeteneği veya birkaç kez tekrarlanan temel formları kullanarak karmaşık oluşumlar oluşturma yeteneği. Belki bir kullanıcı, matematiksel işlevleri kullanarak şekilleri manipüle etmek veya oluşturmak isteyebilir. (Punjabi, S. Miranda, V, 2005)

Bu çok yönlülüğün bir kısmı, Rhino Script ve Python gibi programlama dilleri için yerleşik destek sayesinde artık Rhino'dan elde edilebilir. Bu programlama araçları, kullanıcı grafik arayüzü aracılığıyla erişilemeyenler de dahil, Rhino'nun modelleme komutları üzerinde tam kontrol sağlar. Ancak, bir programlama dilini kullanmak, birçok sanatçının, programcının ve diğer sanatsal kullanıcıların eksik olduğu bilgisayar programlama tekniklerinin tam olarak anlaşılmasını gerektirir. Grasshopper, Rhino'nun genellikle grafiksel yaklaşımını komut dosyası oluşturmanın verimli algoritmik teknikleriyle harmanlıyor.

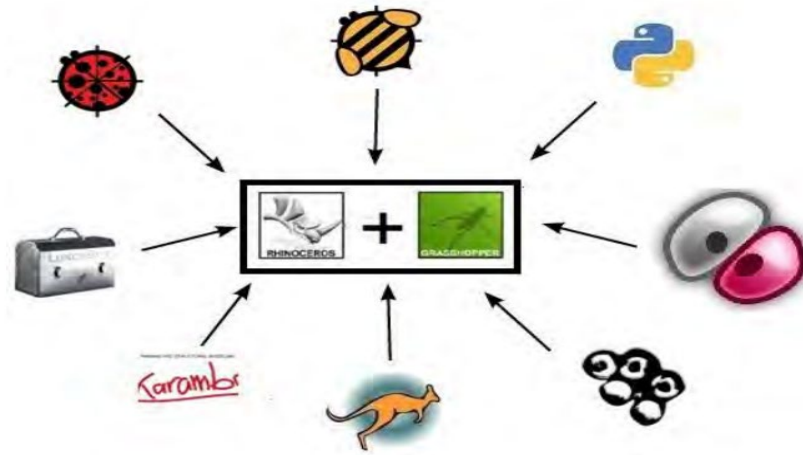
4.2.1. Özellikleri ve İşlevleri

Grasshopper (GH) kullanmanın avantajı, hemen büyüleyici modeller oluşturmaya başlamak için çok fazla komut dosyası veya programlama bilgisine ihtiyacınız olmamasıdır. Grasshopper bir Rhino parametrik arayüz eklentisidir. Bina modellemenin ilk aşamalarında, parametrik tasarım teknikleri daha fazla seçenek sunar. Bu tür parametrik komut dosyası oluşturma araçları, profesyonel araç ve

arabirim düzeylerini basitleştirerek veya azaltarak simülasyon aracı deneyiminin zorluklarını ele alır. İnşaat mimarisi ve araştırmalarında, giderek artan sayıda parametrik tasarım yöntemi kullanılmaktadır. (K. Adalberth, 1997)

4.2.2. Grasshopper'da Optimizasyon Araçları

Rhinoceros, GH'nin gelişmiş algoritmik ve parametrik modelleme yeteneklerini içeren bir 3B modelleme ortamıdır. Birçok manipülasyon ve analiz özelliği sağlandığı için, bir analiz sürecinin temeli olarak gelişmiş geometrik yeteneğe sahip bir yöntemin kullanılması, yüksek geometrik problemler için çok zaman ve emek tasarrufu sağlar. Çok sayıda Rhino/Grasshopper eklentisi zaten oluşturuldu. Özel eklentiler GH'ye entegre edilebilir, bu daha sonra programın arayüzü GUI öğelerini kullanabilir ve diğer eklentilerle iyi tanımlanmış bir şekilde arabirim kurabilir. Örneğin, üçüncü taraf satıcılar, bağımsız uygulamalara uzantılar veya kullanımı kolay arayüzler olarak yapısal analiz, enerji analizi ve gün ışığı analizi sağlar. Favori eklentilerden bazıları, çevresel analiz için Ladybug, Honeybee, DIVA ve GECO'dur; Lunchbox, Kangaroo Fiziği, yapısal analiz için Karamba ve Optimizasyon problemleri için Galapagos ve Octopus.



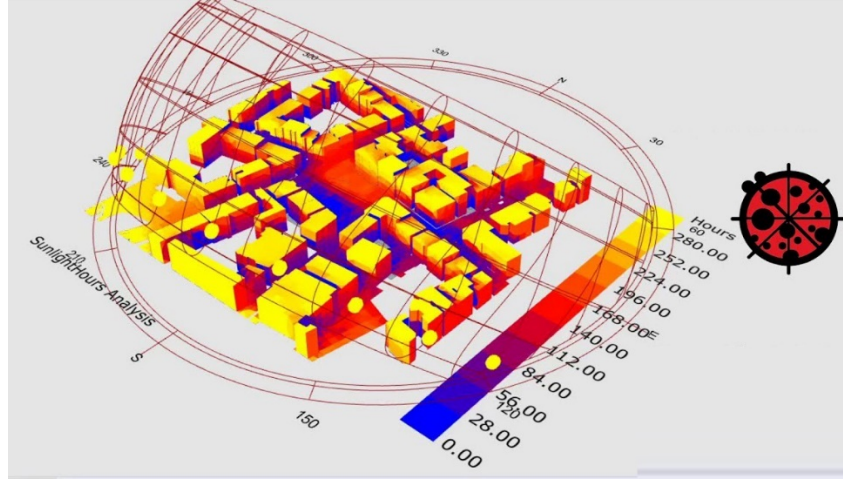
Şekil 4.2 Rhino / Grasshopper için çeşitli eklenti geliştiricileri.

4.2.3. Hava Analizi Eklentileri

Ladybug ve Honeybee Grasshopper'e bağlı bir şekilde çalışır ve EnergyPlus, OpenStudio, Ecotect, Radiance ve Daysim'de elektrik, kolaylık, günışığı ve aydınlatma simülasyonu oluşturmak için bir motor olarak kullanılır; DIVA ayrıca

enerji modellemesi için EnergyPlus'a bağlanabilir ve tüketicinin GH aracılığıyla süreci parametrik olarak izlemesini sağlar. DIVA, Ladybug veya GECO gibi diğer GH eklentileri ile birleştirildiğinde, Ecotect araştırma sonuçlarının yanı sıra hava durumu dosyaları da girdi olarak kullanılabilir.

Ladybug, Rhinoceros veya Grasshopper'da oluşturulan geometriyi ve ayrıca istenen nokta için EnergyPlus hava durumu dosyasını (EPW) kullanarak çevresel tasarım alanında simülasyonlar çalıştırmanıza izin veren bir Grasshopper eklentisidir. Ayrıca, bu çevresel veriler, hava durumu ve konumun incelenen proje üzerindeki etkisini daha iyi değerlendirmek için proje verileriyle parametrik olarak ilişkilendirilebilir.



Şekil 4.3 Ladybug ile güneş ışığı saatleri analizi. (Galvan, 2020)

Simüle edilen modeller yapıldıktan sonra güneş ışınımını simüle etmek için Grasshopper ve Ladybug eklentileri kullanıldı. Grasshopper, grafik algoritma düzenleyicisi içeren 3 boyutlu bir modelleme platformudur. Eklenti, 3D rendering uygulamaları ile ilgili parametrik bir modelleyici olduğu için sanal modelleme alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Herhangi bir proje özelliğinin otomatik parametre tabanlı üretimi, parametrik modelleme olarak adlandırılır. Bu, algoritma tarafından oluşturulan karmaşık kural kümelerinin bir proje içindeki öğelerin oluşturulmasını ve çeşitliliğini yönettiği anlamına gelir. (D. B. Crawley, J. W. Hand, M. Kummert and B. T. Griffith, 2008)

GH for Rhinoceros 3D, hesaplamalı performans odaklı tasarım optimizasyonu için mimarlar arasında en yaygın programdır. Bu model, Rhino'nun mimarlar arasında yaygın olarak kullanılması ve GH'nin aktif olarak kaynaklar ve yeni bileşenler sağlayan çok sayıda geliştiriciye sahip ücretsiz bir araç olduğu gerçeğiyle açıklanabilir. Ayrıca GH, Kangaroo, Galapagos, Octopus ve diğerleri gibi, çok çeşitli yetenekler içeren ve çevresel performans simülasyonunu görsel bir programlama arayüzü aracılığıyla erişilebilir kılan bir dizi önceden oluşturulmuş araç ve eklenti içerir. GH gibi yazılımlar, inşaat sektörü ile mimari tasarım arasındaki boşluğu doldurarak planlama ve üretim arasındaki uçurumu kapatma potansiyeline sahiptir.

4.3. IES BİNA ENERJİ MODELLEME YAZILIMI

3D performans ölçüm uygulamaları alanında IES, küresel bir öncü olarak kabul edilmektedir. Mühendisler, mimarlar, düzenleyici ve sertifika yetkilileri, bina sahipleri, tesis yönetimi, sürdürülebilirlik ve enerji yöneticileri, şirketin benzersiz yazılım ve teknolojilerinden yararlanır. Tasarım, geliştirme veya operasyonun herhangi bir aşamasında bir ekip arasında veri paylaşımını kolaylaştıran grafik ve sayısal raporlama özelliklerinin yanı sıra sezgisel bir kullanıcı arayüzüne sahiptir. Hem görsel hem de termal olarak konforlu, enerji verimli binaların yapımını ve bakımını sağlar. (S. Azhar, 2009)

4.3.1. Özellikleri ve İşlevleri

Mimariyi tavsiye etmek için IES, çeşitli alternatifleri test etmek, daha iyi pasif stratejiler tanımlamak, düşük karbon teknolojisini karşılaştırmak ve enerji kullanımı, CO2 emisyonları, yolcu güvenliği, ışık seviyeleri, havalandırma ve çok daha fazlası hakkında sonuçlar çıkarmak için kullanılabilir. Birleşik Krallık ve İrlanda'daki veya dünyadaki bina yönetmeliklerine veya LEED gibi sıralama sistemlerine uygunluğu sağlar. Yeni binaların yapımında ve verimsiz olan mevcut binaların güçlendirilmesinde kullanılmaktadır. IES'nin Ci2 yaklaşımını kullanan ERGON ve IES danışmanlığı, işletmeye alma ve işletme sırasında bina enerji tüketimini ölçmek için de kullanılabilir.

Araştırma programcıları, veri girişleri veya raporları, aydınlatma ve güneşiği ve daha fazlası için ISO, ASHRAE ve CIBSE formatları arasında hızla dönüşüm

yapabilir. BIM Navigator, gbXML, IFC ve dxf dosyalarını içe aktarmayı kolaylaştırır. İşlenen çıktıların, tabloların ve veri dosyalarının kullanılması, önemli bilgilerin çeşitli izleyicilere iletilmesine olanak tanır.

Dinamik modelleme ile gerçek zamanlı analiz, IESVE'nin en son özellikleri ve temel kurallarına göre çeşitli yapıları karşılaştırarak optimum verimliliği sağlar. Reformları doğrulamak için elektrik ve karbon tüketimini değerlendirme gerçekleştirilebilir.

IES'in Artıları:

- Doğrudan Revit eklentisi
- Revit'i taklit eden arayüzleri kullanın
- Tek bir tıklamayla kapsamlı analiz
- Kısa analiz süresi alır
- Çok sayıda mevcut analiz
- Yaşam döngüsü değerlendirmesi ve maliyet tahmini
- LEED günüşiği kredisi 8.1 testi

IES'in Eksileri:

- Ana proje dosyasından bağlantısız olarak kaydedilen sonuç
- Farklı araç takımı/yöntemler arasında güvenilirmez analiz başarısı
- Sınırlı model görüntüleme yetkinlikleri
- Model eğitimi almış kişi, sınırlı hata raporuyla manuel gbXML hata kontrolü gerektiriyordu

4.3.2. Dinamik Güneş Işığı Hesaplama Yöntemleri

RadianceIES iklim tabanlı gün ışığı modelleme (CBDMM) teknolojileri, binaya gelen Yıllık Güneş Işığı miktarı (ASE) hesaplamak için kullanılabilir ve size gün ışığı verimliliğinin yıl boyunca nasıl değiştiğine dair kapsamlı bir resim sunar. HVAC Sistem analizi ve rapor üreticisine sahiptir. Bölge, Bina ve oda yükleri, boyutlandırma ve havalandırma için oldukça geniş bir rapor yelpazesi üzerinde basitleştirilmiş üretim

ve artırılmış kullanıcı kontrolü sunar. Kullanıcı, Isıtma ve Soğutma pikleri için uygun bobinleri seçebilir ve ayrıca aşırı boyutlandırma değişkenlerini dahil edebilir veya kaldırabilir.

4.3.3. Yazılımın Gereksinimleri

Mühendisler, mimarlar, sürdürülebilirlik ve enerji danışmanları, bina sahipleri, tesis yöneticileri ve müteahhitler Sanal Ortamın çevresel araştırma yöntemlerini kullanabilir. IES, akademisyenler tarafından öğrencileri eğitmek veya ders çalışmak için kullanılabilir.

IES Training, tüm yetkinlik seviyelerini karşılayan çeşitli eğitim fırsatlarına sahiptir. kendi bünyesindeki profesyoneller tüm dersleri tasarlar ve uygular. IES, Inc. uzaktan programlanabilen web talimatı sunar.

IES yazılım maliyeti: Öğrenciler için, seçilen VE uygulamaları için yıllık 70 Amerikan Dolarıdır. Ancak mimari paket için 5200 USD karşılığında yıllık lisans satın alabilirler. Ücretsiz deneme süresi sunar.

Güvenilirlik ve Karmaşıklık durumunda hesaplama kalitesi orta düzeydedir.

4.3.4. Simülasyona Özellikleri

İstenile Girdi:

- Coğrafi konum
- Konumlandırma
- Geometri
- U değeri
- Hava akımı

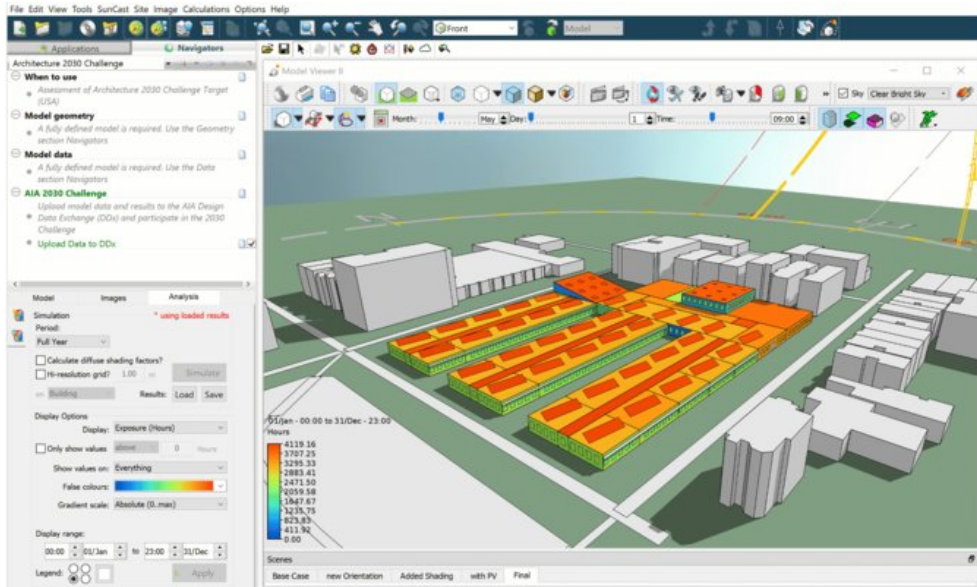
Üretilen Çıktı:

- Gün ışığı araştırması
- Güneş hareketi
- Yenilenebilirlik imkanları
- Yönetmelik kontrolü

Ana Özellikler:

- Komple Bina Enerji Simülasyonu
- Yük Tasarımları
- HVAC Sistem Seçimi ve Ayarları
- Kod Gönderme
- Striking Simülasyon

Dinamik Güneş ışığı hesaplama yöntemleri



Şekil 4.4 IES 'te analizin ana arayüzü. (IESVE, 2016)

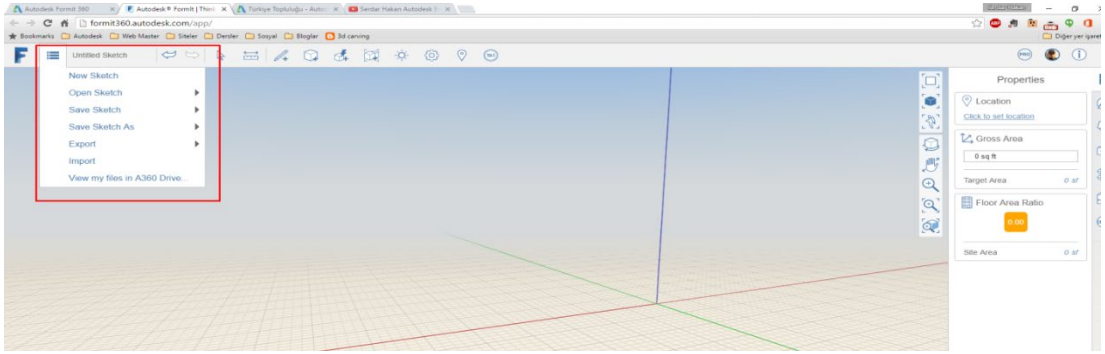
4.4. AUTODESK REVİT VE INSIGHT

Son on yılda Autodesk, bu dosya biçimlerinin büyümesine önemli bir katkıda bulundu. Green Building Studio ve Ecotect'in satın alınmasından sonra Autodesk, DOE-2'ye 15'ten fazla iyileştirme sağladı. 2012'den itibaren Autodesk, EnergyPlus'ı FORTRAN'dan C++'a çevirdi ve kodu DOE / NREL'e geri verdi.

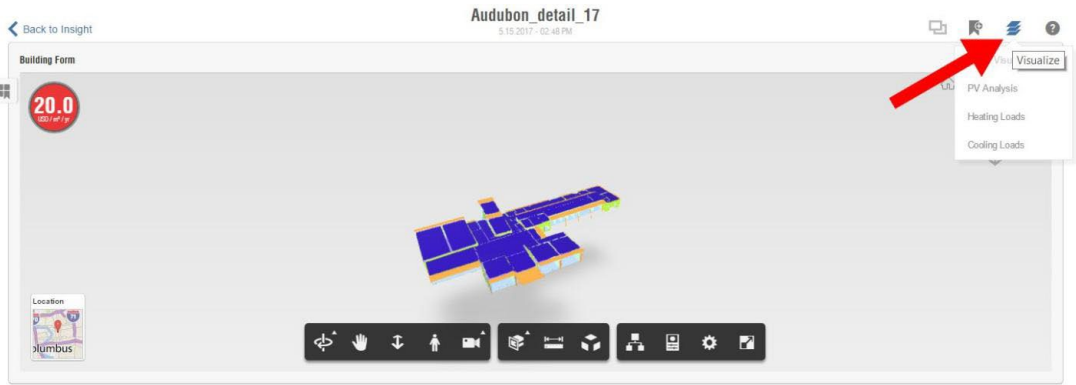
Autodesk Revit Insight, mimarlara ve işbirliğine dayalı ekiplere çıktı verilerine ve gelişmiş araştırma motorlarına birleşik erişim sağlar. Revit ve FormIt 360 ile sıkı entegrasyon, güvenilir simülasyon motorları ve endüstri karşılaştırmaları sayesinde mimarlar; bina yaşam döngüsü boyunca daha yüksek bina verimliliği sonuçlarıyla tasarım sürecine girecekler. (Chelea, 2009)

Insight, FormIt Pro ve Revit 2016 eklentilerinin yanı sıra kolay kullanım için bulut tabanlı bir platform sunar. Autodesk FormIt, kariyerlerinin ilk aşamalarındaki tasarımcılar için bir programlama platformudur. Temel yapı hacimleri oluşturmanıza ve bunları doğru modelleme için Revit'e aktarmanıza olanak tanır. Ayrıca Revit ailelerini veya SketchUp depolarını dönüştürerek kendi içerik kitaplığını oluşturabilir.

Enerji verimliliğine ek olarak Insight, EnergyPlus kullanarak aydınlatma ve güneş enerjisi analizlerinin yanı sıra ısıtma ve soğutma yükü hesaplamaları sunar. Ayrıca ne kadar güç kullanıldığını ve ne kadar güneş paneli kullanıldığını görmenize yardımcı olur.



Şekil 4.5 Autodesk Formit 360 Kullanıcı Arayüzü.



Şekil 4.6 Insight 'da Isıtma ve Soğutma Yükü Görselleştirme.

Energy Cost Spectrum değerlendirmeleri aracılığıyla, Autodesk Revit veya Autodesk FormIt 360 Pro'dan erişim sağlayabilir ve bir dizi olası tasarım sonucunu anında ortaya çıkarabilirsiniz. Bu değişkenler, aydınlatma güç yoğunluğu, HVAC sistemleri ve pencere-duvar oranı gibi ana enerji verimliliği faktörlerinin hızlı bir şekilde tanımlanmasına yardımcı olur.

4.4.1. Özellikleri ve İşlevleri

- Bulutta çalışan DOE-2.2 motoru, Revit, FormIt 360 Pro'dan tüm bina enerji araştırmalarına güç sağlar ve ANSI/ASHRAE 140'a göre kontrol edilmiştir.
- Insight 360 ısıtma ve soğutma yüklerini ölçmek için EnergyPlus Cloud kullanıldı ve ardından ANSI/ASHRAE 140'a göre kontrol edildi.
- Aydınlatma ve güneşiği çalışmaları için çift yönlü ışın izleme kullanan bulut tabanlı bir motor kullanıldı. Bu motoru doğrulamak için parlaklık ve gerçek dünya ölçümleri kullanılmıştır.
- NREL test değerleri ile kontrol edilen Insight 360 güneş analizlerinde geliştirilmiş bir Perez gökyüzü modeli ve gölgeleme ölçümü kullanılmaktadır. Fotovoltaik panel kitaplıkları, ABD, Avrupa ve Çin'de bulunan çeşitli panel stillerini yansıtabilecek şekilde sıklıkla değiştirilir.

4.4.2. Deneyim Gereksinimleri

Insight 360 herhangi bir ön bilgiye ihtiyaç duymaz. Model geometrisi oluşturmak için önceden Autodesk FormIt 360 bilgisi gerekmez. Autodesk Revit ile model geometrisi geliştirme, yalnızca temel bir 3D CAD/BIM anlayışına ihtiyaç duyar. Enerji modelleyicileri tarafından daha derinlemesine araştırmalar yapılabilir.

İstenilen Girdi:

- Mimari ideal
- Revit Enerji Ayarları veya Öngörü varsayılanları
- Geometri
- U değerleri
- Hava akımı

Üretilen Çıktı:

- ECRL/EUI
- Çok çeşitli parametreler için hassasiyet incelemesi
- Kavramsal ısıtma ve soğutma yükleri

- Işıklı ve güneş enerjisi sorgulama
- Isıtma ve soğutma yükleri kavramı
- PV panellerinin simüle etmesi

Ana Özellikleri:

- Tüm Bina Enerji Simülasyonu
- Parametrik Optimizasyon
- Aydınlatma Simülasyonu
- Güneş ve Fotovoltaik Analiz

Çalışma süresi: Model zorluğuna bağlı olarak birkaç dakikadan bir saate kadar sürebilir. Ticari, konut ve aile konutları bina tipleri için kullanılması tavsiye edilir.

4.5. DESIGN BUILDER

4.5.1. Özellikleri ve İşlevleri

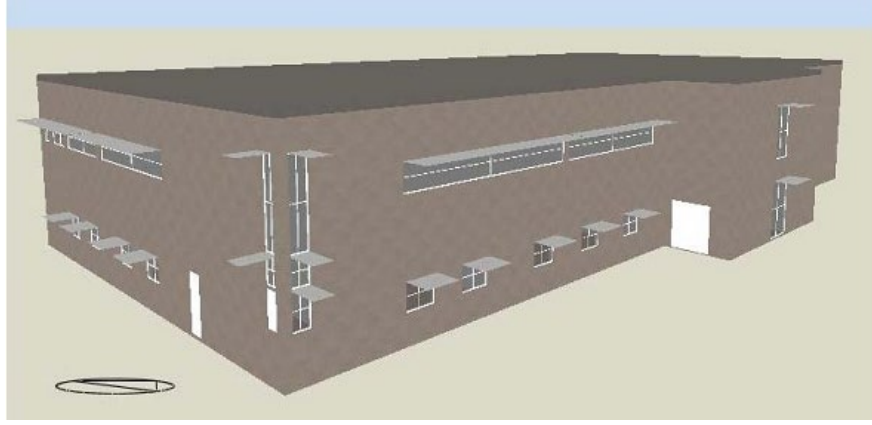
Design Builder, elverişli bir CAD arayüzü, modelleri, sihirbazları ve en hafif EnergyPlus hava cihazı konfigürasyonları ile en yaygın EnergyPlus platformudur.

DesignBuilder'ın iş akışı, bir hava durumu dosyası aracılığıyla bir konumun ve ilişkili hava durumunun kullanılmasıyla başlar, ardından cad gui aracılığıyla karmaşık termal bina modeli geometrisinin geliştirilmesiyle devam eder. Binanın termal verimliliğinin simülasyonu için gerekli olan geometri kavramı, bu bina geometrisi ile temsil edilmektedir.

Ek olarak, geometrik modelin geliştirilmesi için DXF dosyaları ayak izleri olarak içe aktarılabilir. Parametre toplama için Design Builder, bir dizi ülkeye veya bölgeye özgü model (malzemeler ve yapılar gibi) sunar. Dahili yükler (doluluk modelleri/aktiviteleri ile), bina stilleri, açıklıklar (pencereler ve kapılar), aydınlatma ve HVAC sistemleri diğer tanımlanabilir parametreler arasındadır.

Tüm giriş parametreleri oluşturulduktan sonra; tasarım günü ve/veya yıllık simülasyonlar çalıştırılabilir. Ayrıca, binanın termal modelinin çoğu, binanın konumuna atıfta bulunan enerji yönetmeliğine göre doğrulanabilir. Cephe seçimlerinin

değerlendirilmesi, güneşli analizi, vaziyet planlarının ve güneş gölgesinin görselleştirilmesi, doğal v sistemlerinin termal modellemesi DesignBuilder'ın yaygın kullanımlarıdır.



Şekil 4.7 Bir Ofis Binasının Design Builder 'da Modelinin Ekran Görüntüsü.

Başlangıçta EnergyPlus için en yaygın ön uç olan DesignBuilder uygulaması, binayı EnergyPlus'ta modellemek için kullanıldı. eQUEST üzerinde çalışma deneyimime dayanarak, bu programı öğrenmek oldukça kolaydı. CAD çizimlerinden temel 3B modeli tasarladıktan sonra temel malzemeleri, yapıları ve çizelgeleri tahsis etmek kolaydı çünkü standart bina yapı montajları, aydınlatma sistemleri ve doluluk çizelgeleri gibi simülasyon girdileri için ayrıntılı veri modelleri ile birlikte geliyor.

Ancak DesignBuilder, asıl yapıda kullanılan çatı üstü paketli VAV sistemini modelleyemediğinden, modele bir HVAC sistemi atamak zorlu bir görevdi. Konsept, çatıda paketlenmiş VAV sisteminin evde nasıl modelleneceği üzerinde çalışmak için biraz zaman harcadıktan sonra, HVAC sistemini dahil etmek için EnergyPlus destek grubuna sunuldu. EnergyPlus destek ekibi, modeli HVAC sistemini içerecek şekilde yükseltip bana iade etme nezaketini gösterdi. (Stoppel, 2013)

4.5.2. Simülasyon Özellikleri

İstenilen Girdi:

- Coğrafi konum
- Geometri (Revit'ten olası dışa aktarma)
- U değeri

- Hava akımı

Üretilen Çıktı:

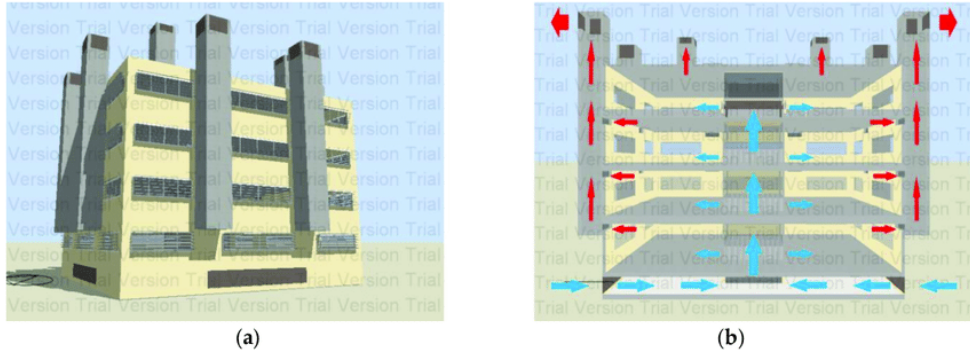
- Sıcaklık
- Isı dengesi
- İç mekan konforu
- Yenilenebilirlik imkanları
- Birleşik Krallık enerji mevzuatına uygunluk

Design Builder 'ın Artıları:

- Energyplus için en geniş kapsamlı ve kullanımı kolay arayüz
- ısıtma ve soğutma sistemlerinin özelleştirilmesine izin vermek
- DesignBuilder, PDF formatına aktarılabilen bir analiz raporu oluşturur

Design Builder 'ın Eksileri:

- İnternet bağlantısı zorunlu
- Program belirsizliği (bilinmeyen çalışma hataları)
- Sonuç tahmin edilemezliği (zemin alanı farklı GBS)
- Kesin U değerleri atamak zor olabilir



Şekil 4.8 Design Builder performans simülasyonu.

4.6. YAZILIMLARIN KARŞILAŞTIRILMASI VE SEÇİLEN YAZILIMIN AVANTAJLARI

4.6.1. Yazılımların Karşılaştırılması

Özetlemek gerekirse, her bir programın da değişen enerji etkileri düşünüldüğü kadar doğru olmayabilir. Gerçekte, her programın kendi enerji stratejisi vardır ve simülasyon beklentileri ve sonuçları bir platformdan diğerine önemli ölçüde farklılık gösterebilir. İnşaat alternatiflerinin etkisi, tek bir uygulama içindeki sonuç farklılıkları, pratikte bina enerji verimliliği ve hatta tam ve veri ve bina sistemleri için geç aşamaya kadar tahmin edilebilir.

Tablo 4. 1 Enerji Analizi Uygulayan Yazılımların Karşılaştırılması

Özellik-ler	ENERGY-PLUS	RHINO VE GRASS-HOPPER	IES BİNA ENERJİ MODELLEME	AUTODESK REVİT VE INSIGHT	DESIGN BUILDER
Ana İşlevler	Simülasyon için: Termal bölge koşullarının & HVAC sistemin bilgisi gerekir	Simülasyon için karmaşık süreç ve eklenti gerektirir.	Simülasyon için "Coğrafi konum, Konumlandırma, Geometri, U değeri" Girdi olarak ister.	Enerji modelleyici ile Simülasyon yapılabilir İstenilen Girdi: "Mimari ideal, Geometri, U değeri, Hava akımı"	Simülasyon için: Termal bölge koşullarının & HVAC sistemin bilgisi gerekir
	HVAC ve aydınlatma kontrol stratejileri.	Optimizasyon uygulayabilir, eklenti gerektirir (Ladybug, Honeybee, Geco vs)	Dinamik modelleme ile gerçek zamanlı analiz	Isıtma & Soğutma sistemi ile analiz yapılabilir	Dahili yükler, bina stilleri, açıklıklar, aydınlatma ve HVAC sistemleri ile analiz yapılabilir
	FotoVoltaik ve elektrikli cihaz emülasyonu ve güneş termal modülleri bulunur	Diva Eklentisi ile FV Analizi yapılabilir	LEED günışığı kredisi 8.1 testi	Fotovoltaik panel kitaplıkları, ABD, Avrupa ve Çin'in standartlarına göre yapılabilir	FotoVoltaik ve elektrikli cihaz emülasyonu ve güneş termal modülleri bulunur
İşletim Sistemi	Windows, Mac OS X ve Linux üzerinde	windows , Mac için sınırlıdır	Windows, Mac OS X ve Linux üzerinde	Windows, Mac OS X ve Linux üzerinde	Windows, Mac OS X ve Linux üzerinde
Programlama Dili İhtiyacı	Kullanıcı programlama bilmesi gerekmiyor	Rhino Script ve Python	Kullanıcı programlama bilmesi gerekmiyor	ileri aşamalar için Python önemlidir	Kullanıcı programlama bilmesi gerekmiyor
Öğrenme Süresi	En az 2 ay öğrenme süreci	En az 3 ay öğrenme süreci	En az 1.5 ay öğrenme süreci	En az 3 ay öğrenme süreci	En az 1.5 ay öğrenme süreci
Yıllık Fiyatı	Ücretsiz açık Kaynak	1000 \$	5200 \$	2540 \$	1650 \$

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. SEÇİLEN YAZILIM İLE MODÜL UYGULAMASI

Enerji analizi ve simülasyonu yapan yazılımlar hakkında bir önceki incelemeden sonra ve sonuçta ortaya çıktığı gibi, çoğunun öğrenmesi karmaşık ve bazılarının satın alınması ve çalıştırılması pahalı ve hepsinde dakik bir sonuç elde etmek için deneyim gerektiriyor. Bu nedenler, Türk mimarın tasarımlarının nihai kararlarını vermeden önce bir enerji analizi kontrolü yapmasını zorlaştırıyor.

Bu tür programların mimarlar ve inşaat mühendisleri arasında pek popüler olmamasının ana nedeni, bu programların çok işlevli olmaları nedeniyle bir görevi yerine getirmesi için mimarın; hem uzun zaman uğraşması hem de fazla girdiye sahip olması gerektirmeleridir. Tüm bunlara ek olarak öğrenme sürecinin zaman alıcı olması da çoğu mimarın gözünü korkutur.

Bazı durumlarda bina için kapsamlı bir enerji kontrolünün gerçekten gerekli olduğu kesindir, ancak basit bir konut binası ve özellikle hızla planlanan binalar bu kadar karmaşık modellere ihtiyaç duymayabilir. Basit bir enerji kontrolü kolaylıkla ve hızla uygulanmalıdır.

Öte yandan, bu çalışmadaki vaka analizi örneğinde kullanılan yöntem, Türk Standartları mevzuatında önerilen yöntemdir ve inşa edilecek her konut binası için uygulanmalıdır. Analizin sonucu tasarım karar sürecinde yer almalı, yapı biçimini, yönünü, cephede açıklık oranını ve yapı kabuğu malzemelerini etkilemelidir. Önceki bölümlerin sonucunda gördüğümüz gibi, enerji tasarrufu sağlayan bir yöntem olmasına rağmen Türkiye'de pek çok mimar tasarladıkları binalar için bina enerji kontrolü uygulamıyordur.

5.1. OLUŞTURULAN YAZILIMIN AMACI

Gerekli analiz bilinen ve yerleşik değişkenlere bağlı olduğundan ve uygulama yöntemi 2. ve 3. bölümlerde gördüğümüz gibi basittir; Süreci otomatikleştirmeyi ve girilen parametrelere göre hesaplama yapan basit bir yazılım oluşturmayı amaçlanıyor.

Tasarlanan yazılım, mimarların bu enerji kontrolünü gerçekleştirmeleri için, önceden bilgi sahibi olmadan uygulayabilmelerini sağlamanın yanı sıra kullandıkları her yerden ve herhangi bir cihazdan ulaşmalarını kolaylaştırmayı amaçlamalıdır.

Tam da bu istek için ve bir önceki yazılım incelemesini göz önünde bulundurarak, Rhino ve eklentisi Grasshopper yazılımı, kapsamlı imkanları nedeniyle kullanma kararına vardık. Bu platform, matematiksel denklemleri bir programlama komut dosyasına dönüştürmemizi ve bu komut dosyalarını ihtiyaç duyulan herhangi bir bina projesinin parametrelerine göre değiştirilebilir hale getirmemizi sağlar. Ayrıca mimarlar ve tasarımcılar için özel olarak hazırlanmış geniş eklenti seçenekleri sayesinde; bu tür eklentileri işimizi kolaylaştırmak ve yazılımı yayınlamak ve mimarlar tarafından her yerde erişilebilir kılmak için kullanabiliriz.

5.2. YAZILIMIN OLUŞTURMA METODU

Daha önce açıklanan konuya çözüm olarak Gun-Derece bölgelerinin değerlerini, özelliklerini, dış ortalama sıcaklıklarını ve kullanılacak malzemenin U-değeri standartlarını içeren bir script oluşturuldu. Aynı zamanda kullanıcı tarafından verilen parametrelere göre değişebilen basit bir form oluşturuldu. Binanın uzunluk, genişlik, kat sayıları, kat yükseklikleri, kuzeyden yönelimi, çatı tipi ve dış kabuğu açıklık değerleri kullanıcı tarafından kendi özel durumuna göre değiştirilebilir. U-değerleri ve maliyetleri ile birlikte; dış duvar malzemeleri ve pencere tipi malzemelerin listeleri de dahil edildi, böylece kullanıcı listeyi kaydırabilir ve kendi alanlarında mevcut olan malzeme türü seçebilir.

Girilen bu parametreler, kullanıcının bu aşamada ihtiyaç duyduğu tek şeydir. Kendi parametrelerini belirledikten sonra, yazılan matematiksel denklem kodlarına göre enerji analizi hesaplamaları arka uçta çalışacaktır. Hesaplamanın sonucu kullanıcıya sunulacaktır, böylece bina enerjisinin parametrelerine göre nasıl davrandığını gözlemleyebilir.

Çevrimiçi ve kolay bir şekilde sunulmasını amaçladığımız için, erişilebilirlik sorununu çözmeye yönelik bir araştırma yapıldı. Bu araştırma sonucunda ShapeDiver adlı eklentiye ulaştık; temel olarak çevrimiçi bir konfigüratör üzerinde Grasshopper betiğini yorumlayan, modelin çıktısını bir görünüm alanında gösteren ve kullanıcının

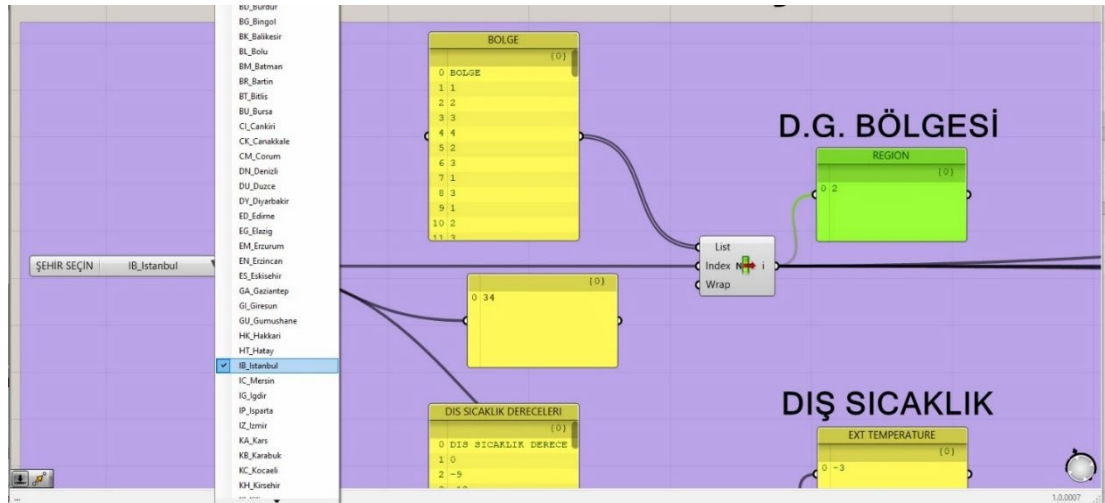
parametreleri gerçek zamanlı bir sonuç kontrolü ile değiştirmesini sağlayan çevrimiçi bir bulut platformudur.

Bu yöntem sadece mimarın değil herkesin elindeki herhangi bir cihazdan web sitesine ulaşmasını kolaylaştırır. Önceden modelleme deneyimleri olmasa bile, sadece bina tipini ve bina bölgesini seçebilir, tasarımlarının parametrelerini değiştirebilir ve enerji analizi sonuçlarını birkaç saniye içinde doğrudan görebilirler.

5.3. OLUŞTURULAN YAZILIMIN AŞAMALARI

5.3.1. İl Listesi ve İlgili Bölge Değerleri

Öncelikle Türkiye'deki ilçelerin derece-gün bölgelerinin yanı sıra dış ortalama sıcaklıkları da dahil olmak üzere veri tabanı oluşturulmuştur. Seçilecek ilin D-G bölgesi belirlemesi TS825'ten, sıcaklık değerleri ise daha önce bahsedildiği gibi TS2164'ten alınmıştır. Kullanıcının sadece listeden ili seçmesi yeterlidir, yazılım buna göre ilgili değerleri alır.

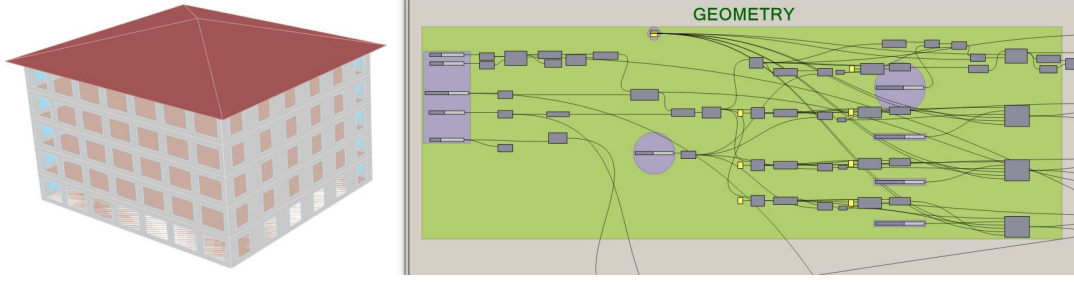


Şekil 5. 1: Oluşturulan İl Listesi ve Seçime Göre Değer Belirlemesi.

Bu seçimin çıktısı sonraki adımlarda kullanılmak üzere alınacaktır.

5.3.2. Oluşturulan Bina Geometrinin Parametreleri

Bir sonraki adım, binayı, formunu, açıklıklarını ve çatısını temsil eden temel bir parametrik geometri oluşturmaktır.



Şekil 5. 2: Bina İçin Oluşturulan Parametrik Geometri Modeli.

Bu geometrinin girdisi, bina formunu kendi durumuna göre değiştirebilmesi için kullanıcıya sunulacak olan birkaç değiştirilebilir parametredir. Bu giriş parametreleri şunlardır: Bina Eni (metre), Bina Boyu (metre), Kat Sayısı, Kat Yüksekliği (m) ve Kuzeyden Dönme Açısı (derece). Kullanıcı bu değerleri kaydırıcılarla değiştirebilir ve 3D modelin doğrudan değiştiğini görselleştirebilir.



Şekil 5. 3: Binayı Oluşturan Parametreler.

Bina modelini kontrol eden diğer parametreler ise pencere / brüt cephe oranıdır. Model, her cephe parametresini ayrı ayrı değiştirme imkanı ile bu açıklık oranları üzerinde kolay kontrole sahip olacak şekilde planlandı. Bir sonraki şekilde gösterildiği gibi, varsayılan değerler güney için %50, kuzey için %20 ve doğu ve batı cephelerinin her biri için yaklaşık %30'dur. Bunlar da kullanıcı tarafından değiştirilebilir.



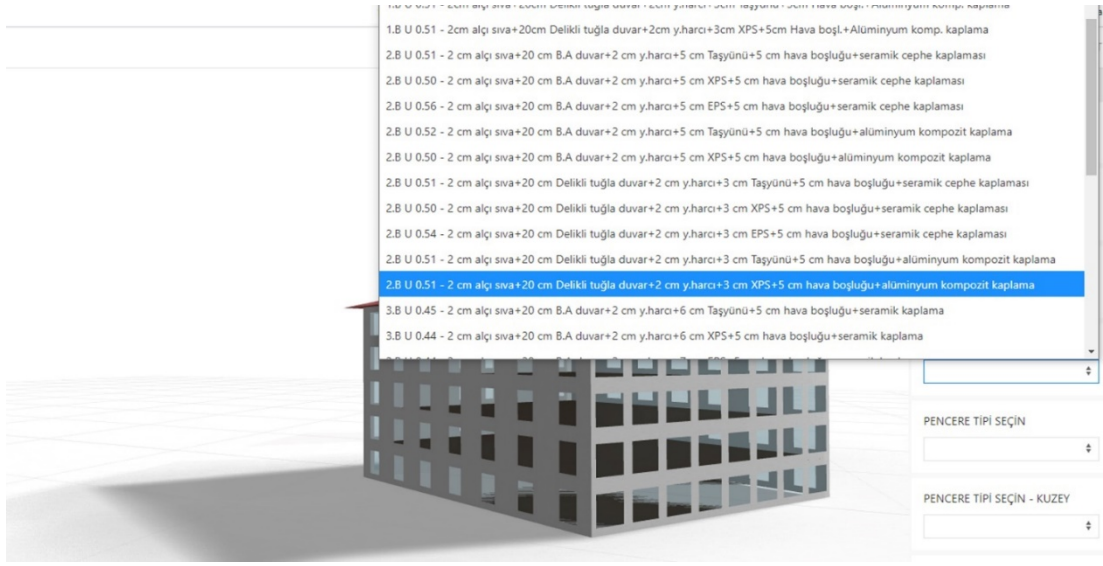
Şekil 5. 4: Pencere / Brüt Cephe Oranını Kontrol Eden Parametreler.

Bu adımın temel amacı (modeli görselleştirmek dışında), yüzey alanlarını hesaplamamızı sağlayan bu katı geometrilere sahip olmaktır. Modelden çıktı olarak duvar, pencere, taban ve çatı yüzey alanı m² olarak alınacaktır. Bölüm 3'te gördüğümüz gibi, binaların ısı kaybını hesaplamak için gereken ana kriter, dış yüzeylerinin alanıdır. Alınan bu çıktılar -m² alan değerleri- sonraki adımlarda girdi olarak kullanılacaktır.

5.3.3. Oluşturulan Binanın Dış Kabuk Malzemeleri

Isı kaybı hesaplamalarına geçmeden önce kullanıcıdan girmesi gereken son parametreler; yapı kabuğu malzemelerinin U değerleridir. Ve kullanıcıya kolaylık sağlamak için hazırlanmış duvar tiplerinin bir listesi oluşturuldu, bu duvar tipleri ve bunların U değerleri (Çiçek 2019) 'in tez çalışmasından toplandı ve D.G. bölgelerine göre artan şekilde kategorilere ayrıldı. Bunlar bu sıralamada: 1. bölge için U değerleri $0,6 > U > 0,5$ olan 10 farklı duvar tipi, 2. bölge için U değerleri $0,5 > U > 0,45$ olan 10 farklı duvar tipi, 3. bölge için U değerleri $0,45 > U > 0,35$ olan 10 farklı duvar tipi ve 4. bölge için U değeri $0,35 > U$ olan 10 farklı duvar tipi. Kullanıcı bir sonraki resimde gösterildiği gibi açılır listeden seçim yapabilir.

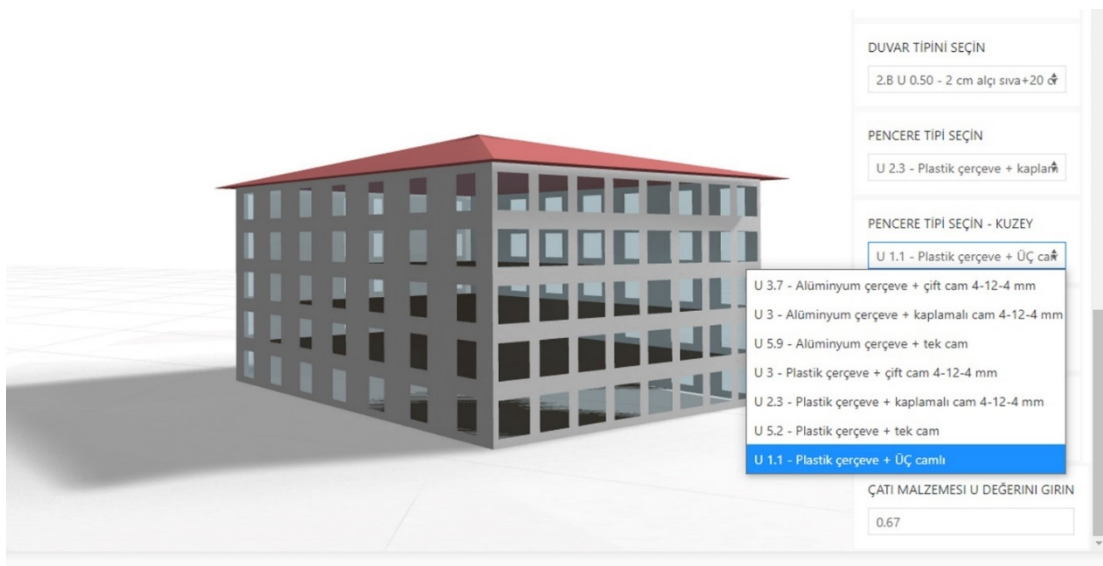
Veritabanı şu anda 40 tür duvar içeriyor, ancak farklı duvar türleri eklemek veya kaldırmak için kesinlikle değiştirilebilir. Her bölge duvarını ayrı liste halinde kategorize etme imkanı ile. İleri aşamalarda, veri tabanı, enerji kaybını analiz ederken aynı zamanda bina maliyetini karşılaştırmak için bu duvarların her biri için fiyat değerlerini de içerebilir.



Şekil 5. 5: Oluşturulan Dış Duvar Malzeme Tipleri.

Benzer bir yöntemle, pencere türlerinin bir listesi de oluşturulur ve kullanıcıya seçim yapması için sunulur. Burada - Şekil 5. 6'da gösterildiği gibi- iki ayrı giriş alanı oluşturuldu; biri güney, doğu ve batı cepheleri için seçilen pencere tipi içindir. Diğer giriş alanı ise kuzey cephe için seçilen pencere tipine özeldir.

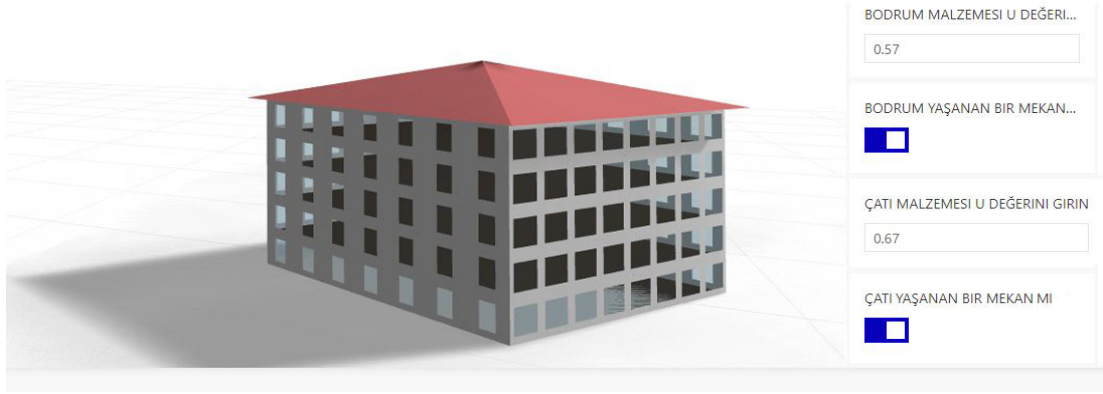
Bina parametrelerini oluştururken binanın yönünü dikkate aldık; yani bina belirli bir açıyla döndürülürse güney doğu ve güney batı cepheleri güney, kuzey doğu ve kuzey batı cepheleri de kuzey cepheleri olarak kabul edilecektir.



Şekil 5. 6: Oluşturulan Pencere Malzeme Tipleri.

Ayrıca, bu pencerelerin veritabanı, daha fazla pencere türü ve maliyetleri eklenerek değiştirilebilir ve zenginleştirilebilir.

Bodrum ve çatının U değerleri manuel olarak girilebilecek açık alanlardır. Bu alanlar yaşanan bir mekan olup olmadığı seçme düğmesi ile; sonraki aşamada ısı kaybı hesaplamaları buna göre farklılık gösterecektir.



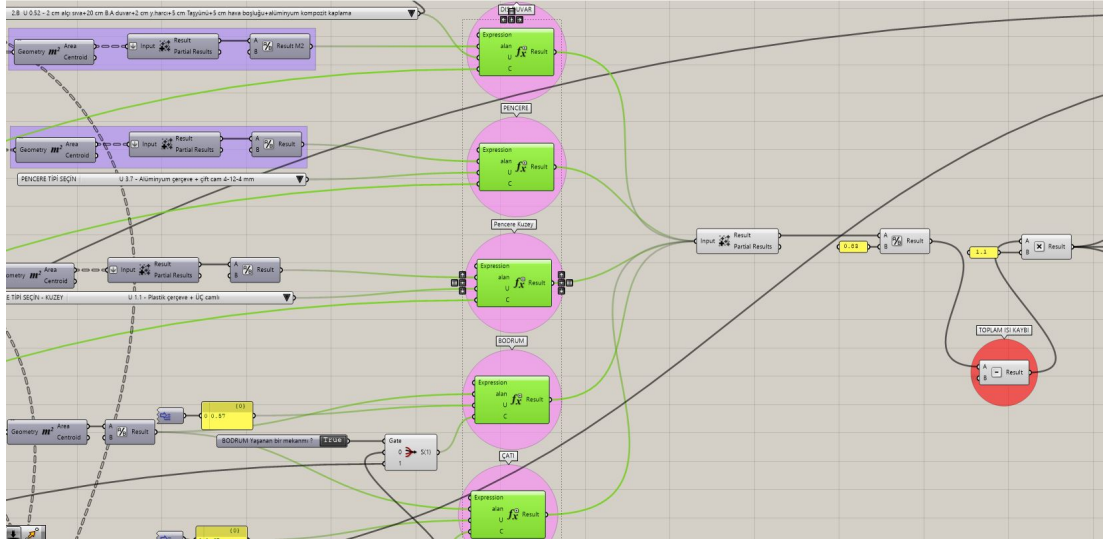
Şekil 5. 7: Bodrum ve Çatı Malzemeleri U-Değeri Giriş Alanları.

Ve tabii ki daha önce hazırlanmış duvar çeşitlerinde olduğu gibi; bodrum ve çatı malzemeleri için bir veri tabanı oluşturabilir, detaylarını ve maliyetlerini dahil edebilir ve kullanıcının seçim yapabileceği bir liste halinde sunulabilir.

Bu noktaya kadar, mimarlardan ve kullanıcılardan doğrudan girdiye ihtiyaç duyan parametrelerdir. Bu aşamada, son girdilerden elde ettiğimiz çıktılar: binanın her bir bileşeninin yüzey alanları, kullanılan malzeme türleri ve U değerleri ve binanın bulunduğu ilin dış ortalama sıcaklığı. Bu çıktılar bir sonraki aşamada ihtiyacımız olan değerlerdir, binanın toplam ısı kaybını hesaplayan hesaplama denklemlerine eklenecektir.

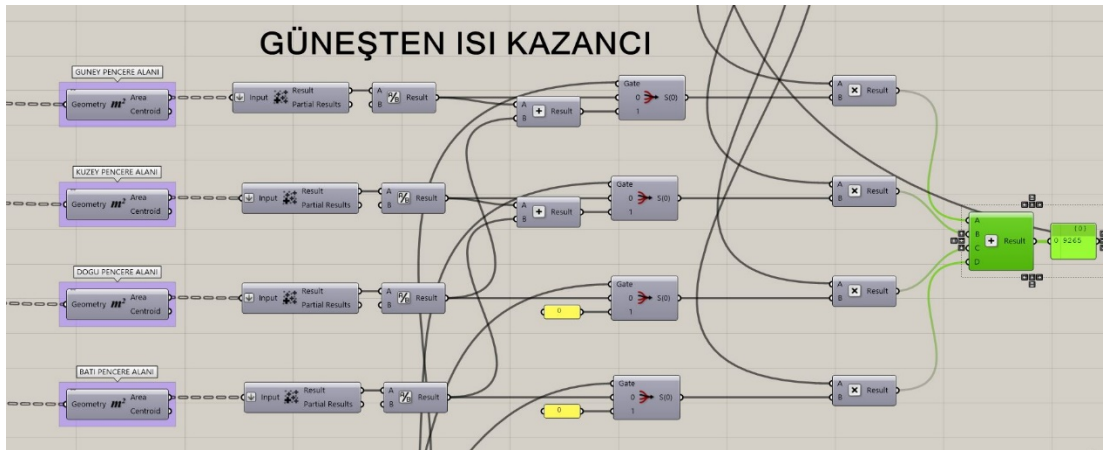
5.3.4. Isı Kaybı Denklemleri Oluşturması

Binanın kabuğunda bulunan her elemanın ısı kaybı ayrı ayrı hesaplanır. Çünkü m² alanlarını, U-değerlerini ve sıcaklık farkını her bir eleman için ayrı bir şekilde hazırladık. Böylece her bir durum için $Q = A \times U \times (t_i - t_d)$ denklemini uygulayabiliriz. Daha sonra toplamlarını hesaplayabiliriz ve 3. bölümde yaptığımız gibi 0,83'e bölerek %17 olan sızıntıdan oluşan ısı kaybını ekleyip toplayabiliriz. Bu, bina kabuğu elemanlarından meydana gelen toplam ısı kaybını elde edilir.



Şekil 5. 8: Bina Elemanlarından Oluşan Isı Kaybı Miktarlarının Toplaması.

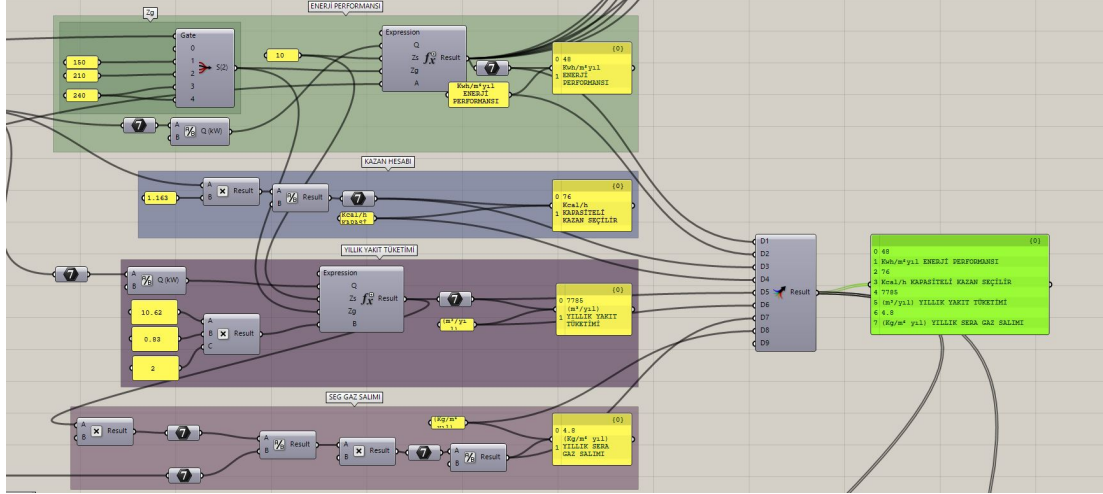
Bu değeri yaklaşık kazan hesabına ve yıllık yakıt tüketimi hesabına almadan hemen önce; binanın güneş ışını kazanımları hesaplanır. Her cephe değerini de kendi başına olarak ve binaya bağlı olarak D.G. Bölge ve o bölgede bulunan kış günlerinin sayısı ve ayrıca tablo 2.2'de gördüğümüz gibi TS825'te tanımlanan güneş enerjisi miktarına bakarak sonuca ulaşılabılır. Tüm bu değerler kullanıcı tarafından kullanılmayacaklarını gözün önünde bulundurarak, sadece arka uçta matematik değer ve denklem olarak çalışacaktır.



Şekil 5. 9: Bina Her Bir Cephesinden Kazanılan Güneş Isınları Miktarı.

Artık güneş ışınlarının kazanımlarının değerine sahip olduğumuz için, bina için ihtiyaç duyulan yıllık toplam enerjiye ulaşmak için bu değeri hesaplanan elemanların net ısı kaybı değerinden çıkarıyoruz. Bu toplam değere göre geri kalan hesaplamaları

3. bölümde yaptığımız gibi yapıyoruz. Diğer dört hesaplama, bir sonraki resimde gösterildiği gibi: Enerji Performansı Hesabı, Kazan Kapasitesi Hesabı, Yıllık Yakıt Tüketimi ve SEG Gaz Salımı hesaplarıdır.



Şekil 5. 10: Enerji Performansı, Kazan Kapasitesi, Yıllık Yakıt Tüketimi ve SEG Gaz Salımı hesapları.

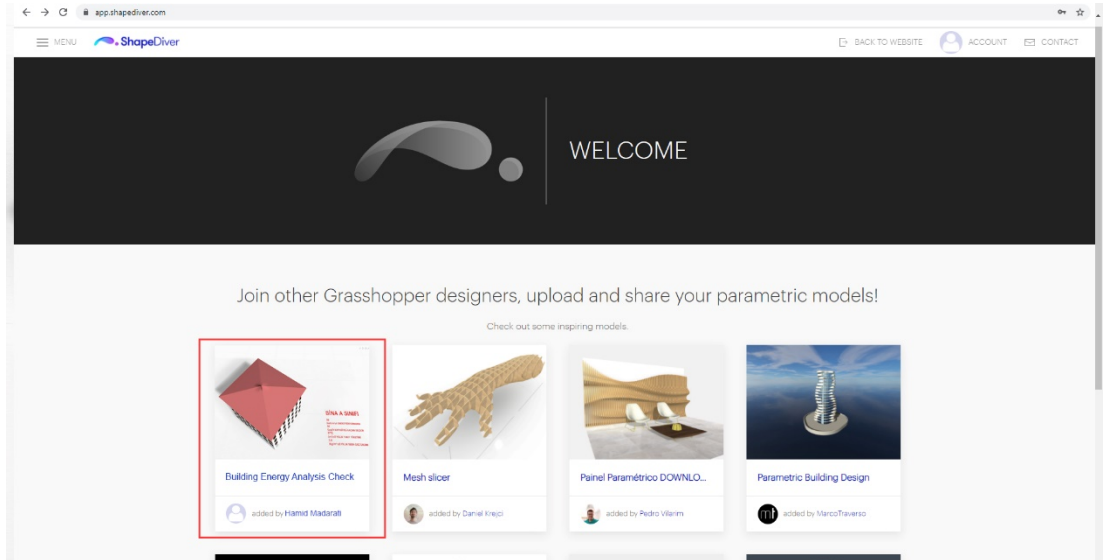
Enerji Performansı değeri de bina sınıfı bilgisi sağlamak için kullanılacak olup, bina modelinin yanında doğrudan bina sınıfı ve diğer değerleri gösterilecektir. Parametrik temelleri ve algoritmik mantığı -girdi, süreç, çıktı- sayesinde, ilk parametrelerdeki herhangi bir değişiklik, nihai sonuçları doğrudan etkileyecek ve değişiklik meydana geldiğinde eşzamanlı olarak gösterilecektir.

Kullanıcıya görünecek olan görüş alanı bir sonraki resimdeki gibi olacaktır, yan tarafta değiştirilebilir parametreler, portta üç boyutlu model ve sonuç değerleri görülecektir. Kullanıcı, diğer yönlerden kontrol etmek için görünümü döndürme, yakınlaştırma ve kaydırma imkanına sahip olacaktır.



Şekil 5. 11: Kullanıcıya Sunulan Görünüm Alanının Nihai Hali.

Oluşturulan komut dosyası, herkese açık olarak yayımlandıktan sonra Shapediver web sitesinde herkesin ulaşabileceği ve deneyebileceği şekilde sunulacaktır. Hatta Shapediver'dan premium hesap satın alarak başka herhangi bir web sitesine yerleştirilebilir.



Şekil 5. 12: Script'in Shapediver Web Sitesinde Yayınlanması (Shape Diver, 2021).

Sonuç olarak, istenilen imkan ve özelliklere sahip hedeflenen modele ulaşılır. Sistemi oluşturmamızda ve iller, sıcaklıklar, yapı malzemeleri ve diğerleri için farklı veri tabanlarını bağlamada kullanılan metod; bize bu programlama dilinin esnekliğini ve büyük imkanlarını gösterir. Bu modelde yer alan herhangi bir veritabanını

zenginleştirme ve analizimize dahil etmemiz gereken malzemeler, fiyatlar ve diğer ilgili değerler gibi verileri ekleme olanağının her zaman olduğunu da akılda tutmamız gerekir.

Bu aracı, kullanıcının herhangi bir modelleme deneyimi gerektirmeyecek şekilde basitleştirerek, gerçek zamanlı sonuç verecek şekilde tasarlayarak ve herkese ve her yerde erişilebilir hale getirerek; daha fazla mimarın ve genel olarak herkesin onu kullanmasını sağlayacak. Bu, herkesin konut binalarında hızlı bir enerji kontrolü yapmasını kolaylaştıracak, bir binayı ısıtmak için gereken enerji miktarı hakkında büyük farkındalık oluşturacak ve basit girdi değişiminin enerjide ne kadar büyük bir tasarruf sağlayacağı görülecektir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmanın sonucunda, bir binanın tasarım kararlarındaki küçük değişikliklerin bile binanın yaşam boyunca enerjisi tüketimi üzerinde çok büyük etkileri olduğunu gördük. Binanın enerji ihtiyacını ve yıllık giderlerini bilmek her şeyden önce mimarların görevidir. Ayrıca yapım ve yapım aşamalarında yer alan tüm parçalarda da bu bilinci oluşturmalı; mal sahipleri, mühendisler, müteahhitler ve hatta inşaat işçileri. Bu adımlar, binanın yıllık yakılan yakıtının yanı sıra ortaya çıkan CO2 emisyonlarını da büyük ölçüde azaltabilir.

Çalışmada sağlanan araçla mimarların ve bina enerjisiyle ilgilenen herkesin işini kolaylaştırmayı amaçladık; basit bir bina için bir enerji kontrolü uygulamak. Araç elbette daha da geliştirilebilir, ancak mevcut yetenekleriyle bile tasarım kararının doğrudan enerji sonucunu nasıl etkilediği hakkında net bir resim sağlayabilir.

Tartışılması gereken bir diğer husus da mevcut Türk Standartlarının asgari değerleridir. Ülkede her bölgenin dış sıcaklıkları arasında büyük farklar olduğu için; bu farklar, yapı malzemelerinin minimum yalıtım değerlerinde de açık olmalıdır. Örneğin, mevcut standart her bölgede aynı pencerenin kullanılmasına izin vermektedir, Adana'da olduğu gibi Ağrı'da da U değeri kullanılabilir. Güneş enerjisine daha soğuk bölgelerde daha fazla ihtiyaç duyulur ancak yalıtım değeri düşük pencereler kullanılıyorsa; o zaman güneşe doğru daha büyük açıklıklar yapamayız. çünkü ısı yalıtımı düşük cepheleri büyük oranlarda açarsak daha fazla yakıt yakma ve enerji kaybına ihtiyaç duyacağız.

Prof. Ü.D. Arıncı'nın araştırmasının gösterdiği gibi: A.B Enerji verimliliği yönetmelikleri uygulanan ülkelerde ortalama bir bina, Türkiye'deki ortalama bir binadan yaklaşık 1/5 oranında az enerji harcamaktadır. Diğer bir tabirle, Türkiye ortalaması olarak binalarımız, A.B. Ülkeleri binalarına göre yaklaşık 5 kat daha fazla enerji harcamaktadır. (Tablo 6.1)

Türkiye’de ve Almanya’daki binaların ısı kaybeden yapı bileşenlerinin (U) ısı geçirgenlik dirençlerinin ortalamaları karşılaştırmalı olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir:

Tablo 6. 1 Türkiye ile Almanya standartları arasında karşılaştırma (ARINÇ, 2021)

	U _D (W/m ² K)	U _T (W/m ² K)	U _t (W/m ² K)	U _P (W/m ² K)
Türkiye – 1 Ort.	0,55	0,35	0,54	2,40
Türkiye – 2 Ort.	0,41	0,26	0,40	2,10
Türkiye – Ort.	0,48	0,31	,047	2,25
Almanya – Ort.	0,08	0,06	0,08	0,55
Türkiye – Ort. / Almanya – Ort.	6 Kat	5 Kat	6 Kat	4 Kat

Bu nedenle Türkiye’de üretilen ve kullanılan yapı elemanlarının U değerini göz önünde bulundurmak, daha temiz ve sağlıklı bir gelecek sorumluluklarımıza karşı üzerimize düşen görevi yerine getirebilmek için elzemdir.

Örnek alınması gereken bir diğer önemli nokta, Alman ve Avrupa hükümetlerinin binalardaki enerji azaltımını nasıl teşvik ettikleridir. Böyle ülkelerde mimar, binasının A+ sınıfı olduğunu kanıtladığında belediye, projelerine finansal destek ve daha kolay süreç işlemesi ile yardımcı olacaktır. Türkiye, belediyeden izin işlemlerini kolaylaştırarak veya uygun gördüğü diğer bir hizmetleri sunarak A sınıfı gerçekleştiren binalara benzer ödüller vererek mimara, müteahhide ve müşteriye teşvik etmesinde büyük fayda ve ilerleme olacaktır.

Öte yandan geliştirdiğimiz yazılımla bir adım daha ileri giderek; mimarın yaptığı her değişikliğin bir maliyet oranı çalışmasını eklemeliyiz. Mimar, birlikte çalıştıkları diğer tarafları ikna ederken bu çok yardımcı olacaktır, müteahhitler ve müşteriler için eklenen ekstra maliyeti ve bu paranın geri ödenmesi için gereken süreyi tahmin etmenin daha kolay bir yolu olacaktır.

Ve daha hava geçirmez ve izole binalara doğru bu hareket sırasında, sürece fayda sağlayan birkaç hususu göz önünde bulundurmalıyız; özellikle malzeme

maliyeti, havalandırma teknikleri, farklı sistemler ve bakımları. Daha iyi çözümler oluşturmak için gerekli araçlara, yeteneklere ve iradeye sahip olduğumuz için, çabalarımızı oluşturduğumuz analiz ve optimizasyon araçlarına odaklamalıyız. Bu araçları doğru, erişilebilir ve kullanımı ve iyileştirmesi kolay hale getirmek için elimizden gelenin en iyisini yapmalıyız.

Bu tez çalışması, TOKİ tarafından oluşturulan konut sitesinden sadece bir binası için yapılmıştır. Ancak Şekil 3.2. de gördüğümüz gibi sitede buna benzer 10 bina daha bulunmaktadır. Bu binaların yönelimleri ve boyutlarının farklılığını ihmal ederek; sitedeki her binaya benzer değişiklikler uygulanırsa, elde ettiğimiz enerji tasarrufunun yaklaşık 11 katı sağlanabilir. Yani tasarım sürecinde alınan kararlarda ufak değişikliklerle **yılda 583.126,5 kWh enerji tasarrufu** sağlanabilir. Bu da **yıllık 136.551,8 m³/yıl yakıt tasarrufu ve 36,9 (Kg/m² yıl) Sera Gaz emisyonu azaltımı** demektir.

Bu şekilde, inşaat aşamalarında yer alan taraflar arasında farkındalık oluşturmak için benzer çabayla; ülkeyi kesinlikle daha parlak bir geleceğe yükseltebiliriz.

KAYNAKÇA

- TS2164.** (2000). *Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları*. Ankara: türk Standartları Enstitüsü.
- TS825.** (2013). *Binalarda Isı Yalıtım Kuralları*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- Arınc, Ü. D.** Enerji Verimli Binalar, *Mimarlık Lisansüstü Ders Notları*. (2021). FSMVÜ: İstanbul.
- A.I. Bedov, A.I. Gabitov, V.V. Znamensky,.** (2017). *Structural Assessment, Renovation and Strengthening of Frames of Operating Buildings and Structures. In two parts. Part 2. Structural Renovation and Strengthening of Frames of Operating Buildings and Structures*. ASV Press.
- A.I. Bedov, V.V. Znamensky, A.I. Gabitov,.** (2014). *Structural Assessment, Renovation and Strengthening of Frames of Operating Buildings and Structures. Part 1. Structural Survey and Assessment of Frames of Operating Buildings and Structures*. ASV Press.
- A.I. Gabitov, E.A. Udalova, A.S. Salov, A.R. Chernova, D.V. Pyzhjanova, V.V.** (2017). *History of science and technology*, 58-65.
- Akpınar, A., Kömürcü, M. I., Kankal, M., Ozoker, H. I., & Kaygusuz, K.** (2008). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* . Energy situation and renewables in Turkey and environmental effects of energy use.
- Augenbroe, P. d.** (2004). Energy and Buildings. *An Interoperability Workbench for Design Analysis Integration.*, 737-48.
- B. P., B. P.** (2008). BP Statistical review of world energy.
- Barnes, D.** (2010). *Designing a Livable Passive Solar Home*. Permaculture Reflections: <https://www.permaculturereflections.com/designing-a-livable-passive-solar-home> adresinden alındı
- Bilgen, S., Keleş, S, Kaygusuz, A., Sarı, A., & Kaygusuz, A.** (2008). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* . Global warming and renewable energy sources for sustainable development: a case study in Turkey.
- Birimfiyat.** (2018). birimfiyat: <http://www.birimfiyat.net> adresinden alındı
- Boake, T. M.** (2012). <http://www.tboake.com/>: <http://www.tboake.com/> adresinden alındı
- Buonomano, A., de Luca, G., Montanaro, U., & Palombo, A.** (2016). Innovative technologies for NZEBs. *An energy and economic analysis tool and a case study of a non-residential building for the Mediterranean climate Energy Build*, 318-343.

- Celiktas, M. S., & Gocar, G.** (2009). *Energy*. A quadratic helix approach to evaluate the Turkish renewable energies.
- Chelea, F. e.** (2009). A new Methodology for the design of low energy buildings. *Energy and Buildings* 41, 982-990.
- Chiras, D.** (2002). *The Solar House Passive Heating and Cooling*. Chelsea Green Publishing Company, 19-22.
- Çiçek, Y.** (2019). *BİNA CEPHELERİNDE YAYGIN OLARAK KULLANILAN MALZEMELERİN ISIL PERFORMANSLARININ FARKLI İKLİM BÖLGELERİNE GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI: TOKİ ÖRNEĞİ*. İstanbul: FSMVÜ.
- Constanzo, V., Yao, R., Essah, E., Shao, L., & Shahrestani.** (2018). A method of strategic evaluation of energy performance of Building Integrated Photovoltaic in. *Journal of Cleaner Production*, 82 - 91.
- Crawley, D. B.** (1997). *The Next-Generation in Building Energy Simulation A Glimpse of the Future,* in *Proceedings of Building Simulation*. Prague, Czech Republic.
- Crawley, D. e.** (2001). EnergyPlus. *creating a new-generation building energy simulation program*, 319-331.
- D. B. Crawley, J. W. Hand, M. Kummert and B. T. Griffith.** (2008). Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs.
- Demirtas, A.** (2006). *Turkey's renewable energy facilities in the near future Energy Sources, Part A* 28, 527-536.
- EIE.** (2009). *Electrical Power Resources Survey and Development Administration*. eie: <http://www.eie.gov.tr/> adresinden alındı
- Galvan, P.** (2020, 08 27). *Sunhour analysis in Rhino3d Grasshopper and Ladybug*. 08 10, 2021 tarihinde Youtube: <https://youtu.be/FT60DB8pX7U> adresinden alındı
- GWEA.** (2009). *GWEA GLOBAL ASSOCIATIONS PLATFORM HUB*. gwec: www.gwec.net adresinden alındı
- IEA** (2010). *Energy policies of IEA countries*. Paris: IEA.
- IEA** (2009). *World energy outlook*. Paris: IEA.
- IEA** (2008). *CO2 emissions from fuel combustion*. OECD/IEA. Paris.
- IESVE.** (2016). *IESVE Software Directly Integrates with AIA 2030 Commitment Reporting*. 06 10, 2021 tarihinde <https://www.iesve.com/software/building-energy-modeling> adresinden alındı
- İlgaz, T.** (1979). *Dış Duvarlarda Isı Korunumu*.
- IPCC.** (2011). *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- Johansson & Goldemberg .** (2005). United Nations Development Programme. *United Nations Department of Economic and Social Affairs, and World Energy Council.*
- K. Adalberth.** (1997). Energy use during the life cycle of buildings. *a method, Building and Environment*, 317–320.
- K. Kaygusuz.** (2010). Energy Sources Part A. *Bioenergy as a clean and sustainable fuel*, 1069-1080.
- Kaygusuz, K.** (2009). Energy and environmental issues relating to greenhouse gas emissions for sustainable development in Turkey. . *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 253-270.
- Kobalas, G. D.** (2015). *MEVCUT BİR KONUTUN ENERJİ ETKİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA: TOKİ AFYON TARIMKÖY ÖRNEĞİ.*
- Lund, H.** (2007). Renewable energy strategies for sustainable development. *Energy*, 32, 912-919.
- MEF.** (2007). *First National Communication of Turkey on climate change, Ministry of Environment and Forestry .* Ministry of Environment and Forestry.
- MENR.** (2008). *Energy report of Turkey.* Ankara, Turkey: Ministry of Energy and Natural Resources.
- Özyurt, G.** (2009). Enerji Verimliliği, Binaların Enerji Performansı ve Türkiye’deki Durum. *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 457, 32-32.
- REN21.** (2007). *Renewable energy policy network fort the 21st century.* Renewables.
- S. Azhar, J. B.** (2009). An Evaluation of Building Performance Analysis Software, . *BIM-based Sustainability Analysis:* .
- Sensoy, S., Ulupınar, Y., Demircan, M., Alan, I. & Bostan, P.A.** (2010). *BALWOIS 2010, Ohrid, Republic of Macedonia.*). Modeling solar energy potential in Turkey.
- Shape Diver.** (2021). 06 10, 2021 tarihinde Shape Diver: <https://app.shapediver.com/> adresinden alındı
- Stoppel, C. a.** (2013). Evaluating Building Energy Performance of LEED Buildings: Identifying Potential Sources of Error through Aggregate Analysis. *Energy and Buildings*, 185-196.
- Strother, E. F., Turner, W. C.** (1990). *Thermal Insulation Building Guide.* Florida.: Malabar,.
- TEIAS.** (2009). *Short history of electrical energy development in Turkey.* Directorate-General of Turkish Electricity Transmission: <http://www.teias.gov.tr> adresinden alındı
- Toydemir, N., Gürdal, E., Tanaçan, L.** (2000). *Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme.*
- Tükenmez, M., & Demireli, .** (2012). *Renewable energy policy in Turkey with the new legal regulations.* *Renewable Energy* .

UNDP. (2002). United Nation Development Program. *Energy for sustainable development: a policy agenda.* Johansson, T.B., & Goldemberg, J. (Eds.).

WEC. (2007). *World Energy Council.* worldenergy: www.worldenergy.org adresinden alındı

Yapı İşleri Genel Müdürlüğü. (2009). *Binalarda Enerji Performansı.* Ankara: B.İ.B. Yapı İşleri Genel Müdürlüğü.

Yapı Maliyeti. (2018). yapimaliyeti: <http://www.yapimaliyeti.com> adresinden alındı

Zeren L. (1987). *Mimaride Güneş Kontrolü, Doçentlik Tezi.* İstanbul.: İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi,.