T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE YAPI KABUĞUNUN ENERJİ ETKİN İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM: BELEDİYE BİNASI TİP PROJESİ ÖRNEĞİ

NUR GÖRAL CEYRANCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Fiziği Programı

Danışman

Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK

Ocak, 2020

T.C

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE YAPI KABUĞUNUN ENERJİ ETKİN İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM: BELEDİYE BİNASI TİP PROJESİ ÖRNEĞİ

Nur GÖRAL CEYRANCI tarafından hazırlanan tez çalışması çalışması 26.02.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Neşe AKDAĞ
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Gül KOÇLAR ORAL
İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Farkli İklim Bölgelerinde, Yapı Kabuğunun Enerji Etkin İyileştirmesine Yönelik Bir Yaklaşim: Belediye Binası Tip Projesi Örneği

başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Nur GÖRAL CEYRANCI

İmza

Tez yazım sürecindeki yoğunluğumu anlamaya çalışıp,

benimle oynamayı bekleyen minik kızıma…

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda bana yol gösteren, desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Gülay Zorer Gedik' e, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımı kolaylaştıran, hoşgörüsüyle, sevgisiyle her zaman yanımda olup bana güç veren sevgili anneme, babama ve kıymetli eşime, benden emeğini esirgemeyen tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Nur GÖRAL CEYRANCI

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ vii

KISALTMA LİSTESİ viii

ŞEKİL LİSTESİ ix

TABLO LİSTESİ xi

ÖZET xii

ABSTRACT xiv

1 Giriş **1**

1.1 Literatür Özeti 1

1.2 Tezin Amacı 2

1.3 Hipotez 4

2 Yapıların Enerji Etkin İyileştirilmesi **5**

2.1 Enerji Etkin Yapı Tasarımını Etkileyen Parametreler 6

2.1.1 Dış Fiziksel Çevreye İlişkin Parametreler 5

2.1.2 Yapma Çevreye İlişkin Parametreler 7

2.1.3 Kullanıcıya İlişkin Parametreler 11

2.2 Yapı Kabuğunda Sürdürülebilir Ekolojik Alternatifler 12

2.2.1 Opak Yüzeylerde İyileştirme İçin Malzeme Alternatifleri 13

2.2.2 Saydam Yüzeylerde İyileştirme İçin Malzeme Alternatifleri 16

2.3 Enerji Kimlik Belgesi (EKB) 21

2.4 Kamu Binası Tanımı, Kapsamı ve Enerji Etkin Yaklaşımın Önemi: Belediye Binası Örneği 24

2.4.1 Kamu Binası Tanımı 24

2.4.2 Kamu Binalarında Enerji Etkin Yaklaşımın Önemi 25
2.4.3 Belediye Binası Kapsamı 27
2.4.4 KBS ve CBS Kavramı 28
3 Farklı İklim Bölgelerininde Yapı Kabuğunun Enerji Etkin İyileştirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım ve Uygulaması 31
3.1 İklim Bölgesinin Belirlenmesi ve İklimsel Veriler 33
3.2 Tip Belediye Hizmet Binasının Tasarım Özellikleri 36
3.3 İç Konfor Koşullarını İlişkin Özelliklerin Belirlenmesi 39
3.4 Mevcut Yapı Kabuğu ve Yapı Kabuğu Alternatiflerinin İncelenmesi 41
3.4.1 Mevcut Yapı Kabuğunun ve Yapı Kabuğu Alternatiflerinin Optik ve Termofiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi 41
3.4.2 Mevcut Yapının ve Yapı Kabuğu Alternatifleriyle Oluşturulan Yapıların Enerji Yüklerinin Hesaplanması 50
3.4.3 Mevcut Yapının ve Yapı Kabuğu Alternatifleriyle Oluşturulan Yapıların Enerji Kimlik Sınıfının Belirlenmesi, Yatırım Maliyetinin ve İşletim Giderlerinin Hesaplanması 62
3.4.4 Pilot İller İçin Optimum Alternatiflerin Değerlendirilmesi 72
4 Sonuç ve Öneriler 78
4.1 Bulguların Pilot İllere Göre Değerlendirilmesi 79
4.2 Sonuçlar 81
A Alternatiflerin EP-SEG Değerleri ve Katsayı Tabloları 83
Kaynakça 86

SİMGE LİSTESİ

U	Toplam ısı geçirme katsayısı, W/m²°C, kcal/m²h°C
met	Oturarak dinlenmekte olan bir insanın birim vücut yüzeyinden birim zamanda üretilen enerji miktarı (1met=58.2 W/m²)
clo	Isı Geçirme Direnci (1 Clo= 0,155 m² K/W)
lux	Aydınlık düzeyi birimi
CO2	Karbondioksit
Λ	Isı Geçirgenliği (W/mK)
R	Isıl Geçirgenlik Direnci
Ag	Cam Alanı (m²)
Ug	Camın Toplam Isı Geçirme Katsayısı (W/m².K)
Af	Çerçeve Alanı (m²)
Uf	Çerçevenin Toplam Isı Geçirme Katsayısı (W/m².K)
Lg	Camın Görünür Çevresi (m)
Ψg	Yalıtımlı Cam Kenar Çıtasının Doğrusal Isı İletimi (W/m.K)
Uw	Pencerenin Isı Iletim Katsayısı (W/m².K)
R	Isıl Geçirgenlik Değeri (m²k/W)
Ag	Cam Alanı (m²)
Ug	Camın Isı İletim Katsayısı (W/m².K)
Af	Çerçeve Alanı (m²)

KISALTMA LİSTESİ

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CSB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
EKB	Enerji Kimlik Belgesi
EP	Birincil Enerji Tüketimini
EPS	Genleştirilmiş Polistiren Sert Köpük
KBS	Kimlik Bildirim Sistemi
LED	Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
MİT	Milli İstihbarat Teşkilatı
MMO	Makine Mühendisleri Odası
RG	Birincil Enerjiye Göre Mevcut Göstergesi
SEG	Sera Gazı Emisyonu Sınıfı Endeksi
SHGC	Güneş Isısı Kazanç Katsayısı
SRG	Sera Gazı Mevcut Göstergesi
TİP 05.3	Belediye Hizmet Tip Projesi
UK NCM	Birleşik Krallık Ulusal Hesaplama Metodu
TS 825	Binalarda Isı Yalıtım Kuralları
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
YBS	Yönetimsel Bilgi Sistemleri

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 İklimle Dengeli Cephe Tasarım Süreci 3
Şekil 2.1 Bina Formu-Isı Kaybı İlişkisi....9
Şekil 2.2 Doğa Konveksiyon ve Basınç Farklılığı Nedeniyle Hava Akımı....11
Şekil 2.3 Toprak Duvar Örneği 13
Şekil 2.4 Kendinden Yalıtımlı Düşey Delikli Yapı Elemanının Kesiti-Planı 15
Şekil 2.5 Tek İskeletli Dış Cephe Sistemi Örneği....16
Şekil 2.6 Pencerenin U Değerinin Hesaplaması 17
Şekil 2.7 Isı Yalıtım Değerleri Farklı olan Alüminyum Çerçeveler....21
Şekil 2.8 Uygulanan 70 mm Yalıtımlı Alüminyum Çerçeve 21
Şekil 2.9 Enerji Kimlik Belgesi Akış Diyagramı 22
Şekil 2.10 Reichstag Hükümet Binası....25
Şekil 2.11 CBS sistemine şematik yaklaşım 29
Şekil 2.12 Belediye Bünyesinde Konumsal Bilgiyi Aktif Şekilde Kullanacak Olan Birimler....29
Şekil 3.1 Enerji Etkin Bina Kabuğu Belirleme Adımları....32
Şekil 3.2 Belediye Hizmet Binası Formu 36
Şekil 3.3 Belediye Hizmet Binası - Zemin Kat Planı 37
Şekil 3.4 Belediye Hizmet Binası – 1. Kat Planı....37
Şekil 3.5 Belediye Hizmet Binası – Ön Görünüş....38
Şekil 3.6 Belediye Hizmet Binası Yönlenişi 39
Şekil 3.7 TS 825' te İklim Bölgelerine göre İllerimiz....43
Şekil 3.8 Enerji Etkin Opak Yüzey Yapı Kabuğu Alternatifleri 45
Şekil 3.9 Enerji Etkin Saydam Yüzey Yapı Kabuğu Alternatifleri 49
Şekil 3.10 Yapı Sınıflamaları ve Enerji Tüketim Sınırları....51
Şekil 3.11 Enerji Etkin Opak Yüzey Yapı Kabuğu Tasarım Alternatifleri....54
Şekil 3.12 Enerji Etkin Opak+Saydam Yüzey Yapı Kabuğu Alternatifleri....58
Şekil 3.13 Mevcut Yapının ve Geliştirilen Yapı Kabuğu Alternatifleriyle Oluşturulan Yapıların Enerji Yüklerinin Hesaplanmasında İzlenilen Adımlar 62

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Bina Kabuğu Termofiziksel Özellikleri 8
Tablo 2.2 Bina Formları ve Yönlendiriliş Durumları....10
Tablo 2.3 Konfor Koşulu için Sıcaklık / Nem Değerleri 12
Tablo 2.4 Alkerin Fiziksel Özellikleri....14
Tablo 2.5 Yalıtımlı Tuğla Teknik Detayları....14
Tablo 2.6 Saydam Yüzey Bina Kabuğu Alternatiflerinin Teknik Detayları....19
Tablo 2.7 Birincil enerji cinsinden enerji performansı göstergesi
Nihai enerji tüketimine göre sera gazları emisyonu göstergesi.....23
Tablo 3.1 İklimsel Veriler - İzmir....33
Tablo 3.2 İklimsel Veriler – İstanbul 34
Tablo 3.3 İklimsel Veriler – Ankara....35
Tablo 3.4 2019 Yılı Resmi Tatil Günleri....40
Tablo 3.5 Mevcut bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri 42
Tablo 3.6 TS 825' e göre Türkiye' deki Farklı İklim Bölgelerindeki Yapıların Azami Kabukları için U Değerleri....43
Tablo 3.7 Zemin Döşemesi ve Çatı Malzemesi....44
Tablo 3.8 Geliştirilen Opak Yüzey Alternatifleri 46
Tablo 3.9 Saydam Bileşen Alternatifleri....49
Tablo 3.10 Doğalgaz Satış ve Sistem Kullanım Bedeli Fiyat Bildirim Tablosu 50
Tablo 3.11 Elektrik Bedeli Fiyat Bildirim Tablosu 50
Tablo 3.12 Mevcut Binanın Yıllık Enerji Giderleri 52
Tablo 3.13 Bina Kabuğunun Opak Yüzey Alternatiflerine Göre Birim Alana Düşen Enerji Analizi - İzmir 55
Tablo 3.14 Bina Kabuğunun Opak Yüzey Alternatiflerine Göre Birim Alana Düşen Enerji Analizi - İstanbul....55
Tablo 3.15 Bina Kabuğunun Opak Yüzey Alternatiflerine Göre Birim Alana Düşen Enerji Analizi – Ankara 56
Tablo 3.16 Opak+Saydam Yüzey Alternatiflerine Göre Birim Alana Düşen Yıllık Enerji Analizi - İzmir....58
Tablo 3.17 Opak+Saydam Yüzey Alternatiflerine Göre Birim Alana Düşen Yıllık Enerji Analizi – İstanbul....59

Tablo 3.18 Opak+Saydam Yüzey Alternatiflerine Göre Birim Alana Düşen Yıllık Enerji Analizi – Ankara 59

Tablo 3.19 Birim alana düşen yıllık enerji analizi 60

Tablo 3.20 Yıllık enerji tüketimi bakımından en iyi performansı gösteren alternatifler 61

Tablo 3.21 Mevcut Binanın Yıllık Metrekareye Düşen Enerji Giderleri.....63

Tablo 3.22 Birincil Enerji Cinsinden Enerji Performansı Göstergesi 64

Tablo 3.23 Nihai Enerji Tüketimine Göre Sera Gazları Emisyonu Göstergesi .64

Tablo 3.24 Pilot İllerin Enerji Kimlik Sınıfları 65

Tablo 3.25 Opak Yüzey Alternatifleri için EP-SEG Değerleri ve Yapım Maliyeti-Yıllık Enerji Tüketimi Hesabı – İzmir 66

Tablo 3.26 Opak Yüzey Alternatifleri için EP-SEG Değerleri ve Yapım Maliyeti-Yıllık Enerji Tüketimi Hesabı – İstanbul 66

Tablo 3.27 Opak Yüzey Alternatifleri için EP-SEG Değerleri ve Yapım Maliyeti-Yıllık Enerji Tüketimi Hesabı – Ankara.....66

Tablo 3.28 Opak yüzey alternatiflerinin karşılaştırılması 67

Tablo 3.29 Yıllık Enerji Harcaması(TL) Bakımından En Ekonomik Olan Opak+Saydam Yüzey Alternatifleri - İzmir.....69

Tablo 3.30 Yıllık Enerji Harcaması(TL) Bakımından En Ekonomik Olan Opak+Saydam Yüzey Alternatifleri - İstanbul.....70

Tablo 3.31 Yıllık Enerji Harcaması(TL) Bakımından En Ekonomik Olan Opak+Saydam Yüzey Alternatifleri – Ankara 71

Tablo 3.32 Mevcut Yapı Kabuğu+Saydam Yüzey Alternatifleri+Güneş Kırıcı – İzmir.....73

Tablo 4.1 Aydınlatma+Soğutma Değerleri Birbirine Yakın Olan Alternatiflerin Kıyaslanması.....81

Tablo A-1 Birincil Enerji ve Sera Gazları Emisyonu Dönüşüm Katsayılar.....83

Tablo A-2 Birincil Enerjiye Göre Mevcut Göstergesi (RG) 83

Tablo A-3 Sera Gazı Mevcut Göstergesi (SRG) 84

Tablo A-4 Opak+Saydam Yüzey Alternatifleri için EP-SEG Değerleri ve Yapım Maliyeti-Yıllık Enerji Harcaması Hesabı - İzmir 84

Tablo A-5 Opak+Saydam Yüzey Alternatifleri için EP-SEG Değerleri Ve Yapım Maliyeti-Yıllık Enerji Harcaması Hesabı - İstanbul.....85

Tablo A-6 Opak+Saydam Yüzey Alternatifleri için EP-SEG Değerleri Ve Yapım Maliyeti-Yıllık Enerji Harcaması Hesabı – Ankara 85

ÖZET

Farklı İklim Bölgelerinde Yapı Kabuğunun Enerji Etkin İyileştirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım: Belediye Binasi Tip Projesi Örneği

Nur GÖRAL CEYRANCI

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK

Yapının bulunduğu bölgenin iklimsel özellikleri göz önünde bulundurulmadan uygulanan projelerle yapıdaki enerji kullanımı artmaktadır. İklime dayalı enerji etkin tasarımlarda kullanıcı konforu sağlanırken, tüketilen enerji miktarı da en aza indirgenmektedir. İklimin negatif özellilkerine karşı önlem alınırken pozitif özelliklerinden mümkün olduğunca yararlanılmalıdır.

Bu tez çalışmasında; tip proje örneği olan belediye binasının yapı kabuğunun, farklı iklim bölgelerinde enerji etkin iyileştirilmesi açısından ele alınmıştır. Türkiye' de görülen farklı iklim bölgelerinden birer pilot il seçilmiştir. Örnek tip projemizin enerji verimliliğini arttırmak amacıyla, seçilen pilot iller için farklı yapı kabuğu kesiti alternatifleri oluşturulmuştur. Tüm alternatiflerin ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanıp, sonuçlar tablolarda sunulmuştur. Çalışmanın amacı, farklı iklim bölgelerinde uygulanacak yapı kabuğu için optimum öneriler geliştirmektir. Bunun için ilk yatırım maliyetleri, yıllık enerji tüketim maliyetleri ve işletim giderleri karşılaştırılmıştır.

Tez çalışmasının aşamaları:

Birinci bölüm olan giriş bölümünde, farklı iklim koşullarına göre geliştirilen yapı kabukları hakkında literatür bilgileri verilmiştir. Ardından, tezin amacı aktarılmış ve hipotezi belirlenmiştir.

İkinci bölümde, enerji etkin yapı tasarımını etkileyen parametreler üzerinde durulmuştur. Yapı kabuğunun opak ve saydam yüzeyler için sürdürülebilir ekolojik malzeme alternatifleri örneklendirilmiştir. Yapıyı birincil enerji kullanımı ve CO2 tüketimi bakımından sınıflandıran Enerji Kimlik Belgesi 'nin üzerinde durulmuştur. Kamu binalarının enerji etkin yaklaşımının önemi üzerine durulmuştur. Belediyelerin hizmet kapsamı, CBS ve KBS kavramları anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde; tez kapsamında araştırmak için seçilen kamusal yapı örneği olan belediye tip projesi tanıtılmıştır. Farklı iklim bölgelerinde seçilen pilot illerdeki mevcut yapı kabuğu ve geliştirilen yapı kabuğu alternatiflerinin, enerji performansları ve enerji kimlik sınıfları belirlenmiştir. Tüm alternatiflerin enerji tüketim maliyetleri incelenmiş ve kıyaslanmıştır. En konforlu ortamı sunan, uygulama ve işletim maliyetleri bakımından en ekonomik, enerji kullanımı açısından en verimli yapı kabuğu detayına ve malzemesine karar verilmiştir

Dördüncü bölümde ise farklı iklim bölgeleri için yapı kabuğu tasarlarken uygulanması gereken yaklaşımlar üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yapı kabuğu, enerji kimlik belgesi, kamu yapısı, malzeme, enerji

ABSTRACT

An Approach To The Energy Efficient Improvement Of Building Envelope In Distinct Climatic Regions: Model For A Municipal Building Type Of Project

Nur GÖRAL CEYRANCI

Department of Architecture Building Physics

MSc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK

Energy usage in the structures is increasing with projects implemented without considering the climatic features of the region where the structure is located. Climate-based energy-efficient designs provide user comfort, while minimizing the amount of energy consumed. Positive features should be utilized as much as possible when taking precautions against the negative characteristics of the climate.

In this thesis; the building envelope of the town hall has been addressed in terms of energy efficient improvement in different climate zones. Pilot provinces from each different climate regions seen in Turkey have been selected. In order to increase the energy efficiency of our sample type project, different construction envelope section alternatives have been created for selected pilot provinces. The heating and cooling loads of all alternatives are calculated, and the results are presented in the tables. The aim of the study is to develop optimum recommendations for the building envelope to be applied in different climate zones. For this purpose, the initial investment costs, annual energy consumption costs and operating costs are compared.

Stages of the thesis study:
In the introduction, which is the first chapter, literature is given about the building envelope developed according to different climatic conditions. Then, the purpose of the thesis is declared, and its hypothesis is determined.
In the second chapter, the parameters affecting the energy efficient structure design are emphasized. Sustainable ecological material alternatives for opaque and transparent surfaces of the building envelopes are illustrated. The Energy Identity Certificate, which classifies the structure in terms of primary energy usage and CO2 consumption, has been emphasized. the importance of the energy-efficient approach for public buildings is emphasized. The service coverage of the municipalities, GIS and KBS concepts are explained.
In the third chapter; the municipal type project, which is an example of public structure selected for research within the scope of thesis, has been introduced. Energy performance and energy identity classes of existing building envelopes and developed building envelopes alternatives in selected pilot provinces in different climate zones have been determined. The energy consumption costs of all alternatives have been examined and compared. The most economical, in terms of application and operating costs and the most energy-efficient building envelopes detail and material have been decided, providing the most comfortable environment.

In the fourth chapter; the approaches that should be applied when designing building shells for different climate zones are discussed.

Keywords: Building envelope, energy identification certificate, public building, material, energy

1
Giriş

1.1 Literatür Özeti

Ekolojik yapıların oluşumunda mimarın kontrolünde olan birçok tasarım parametresi bulunmaktadır. Bunlar konumu, yapı aralıkları, yapı formu, yapının cephe kabuğu ve bunun gibi özellikler sıralanabilir. Literatür özeti iklimle dengeli yapı kabuğu geliştirme parametresini kapsamaktadır.

Manioğlu, G. ve Koçlar Oral, G., 2010 yılında tamamladığı çalışmasında; dış iklimsel koşulların kontrol edilerek konforlu iç mekanların yaratılması ancak doğru tasarlanmış cephe kabuğu ile sağlanabileceğini belirtmiştir. Çünkü dış ve iç iklimsel çevreyi birbirinden ayıran, önemli tasarım parametresinin cephe kabuğu olduğunu ifade etmektedir. Ekolojik tasarımın ilk adımı olan cephe tasarımı parametresi için belirlenecek değerlerin ve diğer tasarım parametreleri ile oluşturacağı kombinasyonların, proje daha tasarım aşamasındayken karar verilmesi gerektiğini savunmaktadır. Böylece daha az doğal kaynak harcayarak ve çevreye minimum zarar vererek dış iklimsel etkileri kontrol edebilen, istenilen iç konfor koşullarını sağlayabilen yapılar oluşturulacaktır. Amaç yapının, uygulanacağı yörenin iklimsel koşullarına uyumlu, enerji ve kaynak tüketimi bakımından ekomik olan, iklimle dengeli cepheler geliştirmektir [1].

Yılmaz Z. çalışmasında, iklimle dengeli yapı tasarlarken; iklimsel elemanların nasıl kontrol altına alınması gerektiğinin üzerinde durmuştur. Soğuk iklim bölgelerinde güneşten maksimum oranda yararlanmak gerekirken, sıcak bölgelerde güneş ışınımından korunmak gerekebilmektedir. Bazı iklim bölgeleri için ise rüzgar gereksinimi olabilmektedir [2].

Karaca, Ö.'nün tezinde, ofis binalarının tükettiği enerji; yapının coğrafi konumlarına, ofis ekipmanlarına, faaliyet programlarına, yapı kabuğunun detayına, uygulanan ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemine

bağlı olarak önemli ölçüde değişebileceğini göstermiştir. Dış iklimsel koşullar ve çevresel etkenler ile uyumlu tasarlanan, pasif sistemleri ve aktif sistemleri birarada karma olarak uygulayan yapılar, az enerji tüketimleri ile iç konfor koşullarını sağlayabilmektedirler [3].

MANGAN, S.D. doktora tezinde bina kabuğunun birim alanından yitirilen ısı miktarı, bina kabuk malzemesinin optik ve termofiziksel özelliklerine göre değiştiğinden bahsetmektedir. Optik özellikler; güneş ışınımına karşı yutuculuk, geçirgenlik ve yansıtıcılıktır. Termal özellikler ise toplam ısı geçirme katsayısı, zaman geciktirmesi, saydamlık oranı gibi etmenlerdir. Bu etmenlere bağlı olarak iç yüzey ve iç ortamın hava sıcaklıkları da etkilenmektedir [4].

Cirit A. yüksek lisans tezinde, mevcut binaların enerji etkin yenilemesinde bina kabuğunda uygulanan en yaygın önlemleri aşağıdaki gibi özetlemiştir.

- Opak yüzeylerin yalıtım özelliklerini geliştirmek,
- Saydam yüzeylerin (cam ve doğrama) enerji etkin sistemlerle değiştirilmesi,
- Cephelerde güneş kontrol elemanlarının kullanılması,
- Teknolojik gelişmelere paralel olarak da mekanik ısıtma ve soğutma sistemlerinin geliştirilmesidir [5].

Yukarıda özetlenen literatür çalışmasından farklı olarak bu tez çalışmasında, kamu binası özelinde standart ve yönetmeliklere uygun olarak geliştirilen yapı kabuğu iyileştirme alternatiflerinin enerji kimlik sınıfı performansı iklim bölgelerine göre değerlendirilmekte ve bölgeler arası performans farklılığı irdelenmektedir.

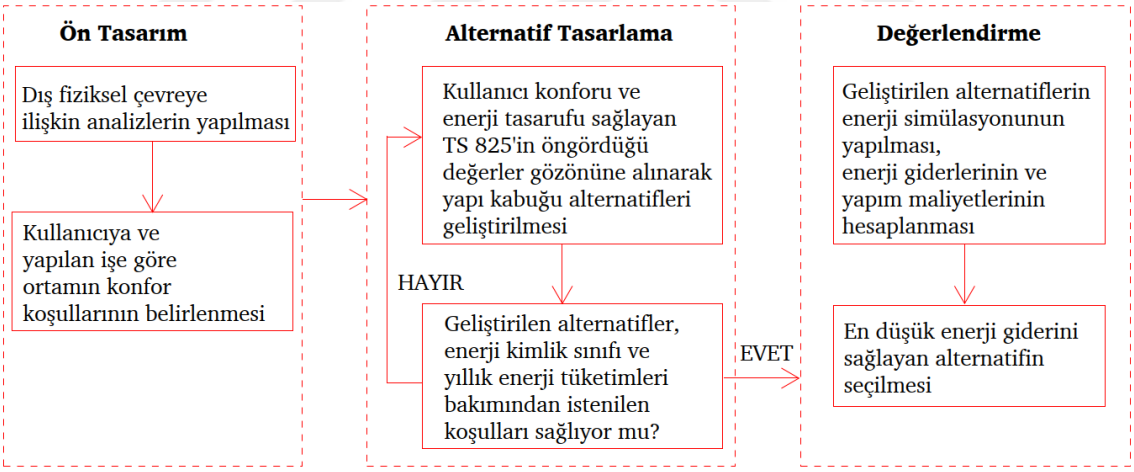
1.2 Tezin Amacı

Enerji kaynakları açısından dışa bağımlı olan ülkemizde, enerji korunumu oldukça önemli bir konudur. Yapılarda enerji tasarrufunun en etkin yollarından biri ısı yalıtımıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ve enerji tasarrufu sağlayan yapı elemanlarının kullanılmasıyla doğalgaz ve elektrik kullanımı önemli ölçüde düşürülebilmektedir. Ülkemizdeki birçok proje, bölgenin iklim özellikleri ve yerel

malzemeleri göz ardı edilerek işverenin isteklerine göre oluşturulmuştur. Bu tip yapılar farklı iklim bölgelerine uyum sağlayabilmek için fazla enerji tüketmektedirler. Bu yüzden binaların daha tasarım aşamasındayken belirlenen yapı kabuğu kesiti, bulunduğu yerin iklimsel etkilerini ve bölgesel verilerini kontrol altına almak zorundadır. Doğru teknik ve malzemelerle yalıtımı yapılmış yapılar, işletme maliyeti açısından ciddi enerji tasarrufu sağlayacaktır.

Bu tez çalışmasının amacı özellikle kamuya yönelik tip projelerde yapı kabuğu seçiminin enerji tasarrufu açısından önemini ortaya koymaktır. Ayrıca ülkemizde uygulanan standart ve yönetmeliklere uygun olarak yapı kabuğu oluşturmanın iklim bölgelerine göre performansını değerlendirmektir. Bu amaca yönelik olarak tip belediye binası projesi örnek olarak seçilmiştir.

Farklı iklim bölgelerinde uygulanacak tip belediye projesinin yapı kabuğu alternatifleri, doğru malzeme, güncel inşaat teknikleri ve detaylarıyla tasarlanırsa bölgenin iklimsel etkilerinden optimum yararlanan ve iç iklimsel konforu sağlayan enerji korunumlu sürdürülebilir bir yapı oluşturulabilir.



Şekil 1.1 Tez Çalışmasında Uygulanan İklimle Dengeli Cephe Tasarım Süreci

Bu tez çalışmasında farklı iklim bölgelerinde seçilen pilot iller için geliştirilen yapı kabuğu alternatiflerinin yapım maliyeti, işletme giderleri ve ısıl performansı değerlendirilerek en verimli seçimi yapan bir yaklaşım geliştirilmiş ve uygulanan yapı kabuğu seçeneklerinin enerji kimlik sınıfı performansının iklim bölgelerine göre farklılığı irdelenmiştir.

1.3 Hipotez

Sürdürülebilir yapıların amacı çevreye zarar vermeden, maksimum enerji tasarrufu sağlayarak, insan sağlığı ve konforunu en üst düzeyde tutmaktır. Türkiye'de tüketilen enerjinin büyük bir kısmı yapıların ısıtılması ve soğutulması amacıyla kullanılmaktadır.

Bu tez çalışması, iklim bölgelerine göre doğru yapı kabuğunun geliştirilmesiyle; yapıda ısıtma ve soğutma için harcanan enerjiyi minimum seyiyeye çekerek düşük yapım maliyetli ve işletim giderli, enerji etkin kamu yapısı oluşturulabileceği hipotezine dayanmaktadır.

2
Yapıların Enerji Etkin İyileştirilmesi

2.1 Enerji Etkin Yapı Tasarımını Etkileyen Parametreler

İstenilen konfor koşullarını sağlayabilmek için üretimdeki miktar ve kaliteyi düşürmeksizin tüketilen enerji miktarının en aza indirilmesine enerji verimliliği denmektedir. Amaç enerji kaynaklarının kullanımındaki verimsizliği önlemektir [6].

Türkiye'deki enerji tasarrufu için mimarların alabileceği önlemlerin genelde başında binalardaki ısı kayıplarının önüne geçilmesi gelmektedir. Binalarda ısı kayıpları, çatılardan %7, dış duvarlardan %40, döşemelerden %6 ve kapılardan %17 oranlarında olmaktadır. Binanın doğru yalıtılması ile %50' ye varan oranlarda enerji tasarrufu sağlamaktadır [6]. Türkiye' nin yalıtım malzemesi kullanımı Avrupa' nın altıda biridir [7].

Türkiye enerji tüketimi;

- güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelenerek,
- binalarda enerjiyi verimli kullananarak ya da
- Dikili ve Sandıklı' da olduğu gibi jeotermal enerjiden faydalanarak azaltabilir [8].

Enerji etkin yapı tasarımını etkileyen parametreler üç başlık altında toplanmıştır.

- Dış fiziksel çevreye ilişkin parametreler,
- Yapıya ilişkin parametreler,
- Kullanıcıya ilişkin parametreler.

2.1.1 Dış Fiziksel Çevreye İlişkin Parametreler

- **İklime İlişkin Parametreler**

Güneş ışınımı, hava sıcaklığı, nemliliği ve rüzgar gibi iklimsel parametreler,

yapının iç mekan konforunu etkilemektedir. Enerji etkin yapı kabuğu tasarlayabilmek için iklimsel koşulların kontrol altına alınması gerekmektedir. Örneğin; yapının bulunduğu iklimsel bölgeye göre güneşin ısıtıcı etkisinden yararlanma veya kaçınma durumu söz konusu olabilmektedir. Güneşten doğal aydınlatma kaynağı olarak maksimum oranda faydalanmak kamaşmaya neden olduğu için cephede güneş kırıcı gibi önlemler almamız gerekebilmektedir.

Yapıda iç ortamın hava sirkülasyonu önemlidir. Yapı dışındaki rüzgar denetimi bir şekilde cephedeki vantilasyonlarla iç ortama alınmalıdır. Yapı kabuğuna karar verirken; iklimsel verilerin olumlu etkilerinden yararlanıp, olumsuz etkilerini de en aza indirecek ekonomik elemanlar tercih edilmelidir.

Havadaki nem yoğunluğu yaşamsal konforu etkileyen önemli bir iklimsel parametredir. Yapının cephesinde, nemin yoğuşmasıyla birlikte yapı elemanlarını olumsuz etkileyebilecek sonuçlar (korozyon, rutubet vb.) doğabilmektedir. Bunun için gerekirse cephede koruyucu malzemeler kullanılmalıdır.

- **Yapının Bulunduğu Topografyaya İlişkin Parametreler**

Topografya, yeryüzünün doğal engebe ve özelliklerinin kağıt üzerine çizgilerle göstermesidir. Deniz seviyesinden yükseklere çıkıldıkça ışınım şiddetinde, atmosfer koşullarında, havanın temizliğinde, rüzgar hızında artış olmaktadır [9]. Anlaşılacağı üzere yapı kabuğunu tasarlarken sadece bulunduğu iklim bölgesini dikkate almak yeterli olmayacaktır çünkü iklimsel elemanların etkisi, deniz seviyesinden yüksekdikçe değişmektedir.

- **Bitki örtüsü**

Özlem Koca' nın 2006 yılında tamamladığı tez çalışmasında, bir evin çevresine doğru şekilde konumlandırılmış ağaçlar, ısıtma ve soğutma için harcanan enerjinin %25 oranında azalacağından bahsetmektedir. Ayrıca Amerikan Enerji Bölümü tarafından hazırlanmış bilgisayar modeline göre sadece üç ağacın doğru konuma dikilmesiyle ortalama bir evin yıllık enerji harcamasında 100-250 bandında tasarruf sağlanacağı iddia edilmektedir [10].

Yapının peyzaj projesi detaylı düşünülerek oluşturulduğunda, yapıyı istenmeyen rüzgar ve güneş ışınımlarından korumaktadır. Gürültü ve hava kirliliğini de azaltarak, yapının iç konforunu arttırmaktadır.

2.1.2 Yapma Çevreye İlişkin Parametreler

- **Binaların konumlandırılması**

Binaların yükseklik seviyeleri ve aralarındaki uzaklıklara göre yapıların güneş ışınımlarından ve rüzgardan etkilenme düzeyleri değişmektedir. Yüksek yapılar, çevresindeki diğer alçak yapıların güneşlenme sürelerinin azalmasına neden olmaktadır. Binalar arasındaki mesafe güneşin ısıtıcı etkisinden yararlanma veya korunma düzeyini etkilemektedir. Binaların aralarındaki uzaklığa bağlı olarak rüzgar hızları denetim altına alınabilir. Bina aralıkları azaldıkça rüzgar hızının etkisi de azalmaktadır [5].

- **Yapı Kabuğu Tasarımı**

İnsanoğlu varoluşunda bu yana güvenli, sağlıklı ve konforlu bir yaşam alanı oluşturabilmek için iklimsel koşulları denetim altına almaya çalışmıştır. Yapı içerisinde konforlu fiziki koşulların oluşmasında önemli bir payı olan yapı kabuğu; proje tasarım aşamasındayken, ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma gibi ihtiyaçları minimize edecek şekilde detaylandırılmalıdır.

Cephe kabuğuna karar verilirken malzemelerin;

- Güneş ışınımına karşı yutuculuk, yansıtıcılık, geçirgenlik değerlerine ve
- Kazanılan-yitirilen ısı miktarlarının farklılıklarına bakılmalıdır.

İç mekan iklimlendirme enerjisi, cephe kabuğundan kaybedilen ve kazanılan ısı miktarlarına bağlı olarak değişmektedir. Bu yüzden mimarlar iklim bölgesinin özelliklerine uygun yapı kabuğu seçmelidirler [1].

Tablo 2.1 Bina Kabuğu Termofiziksel Özellikleri [11]

Sıcak Nemli İklim Bölgesi	Duvar: Güneş yansıtıcı özelliği yüksek olması için açık renk ve ısıyı depolama kapasitesi düşük olmalıdır. Pencereler: Güneş kırıcı kullanılmalı, camın yansıtıcı özelliği yüksek, konumları hava sirkulasyonuna izin vermeli Çatı: Hava sirkulasyonuna izin verecek şekilde eğim verilerek yükseltilmeli
Sıcak Kuru İklim Bölgesi	Duvar: Isıyı depolama kapasitesi yüksek olmalıdır. Pencereler: Avluya bakan açıklıklar büyük, cephedekiler küçük olmalıdır. Çatı: Düz çatılar tercih edilmelidir
Ilımlı İklim Bölgesi	Duvar, pencere ve çatı iç mekanda konfor koşullarını sağlayacak şekilde olmalıdır.
Soğuk İklim Bölgesi	Duvar: Isıyı depolama kapasitesi yüksek olmalıdır. Pencereler: Isı geçirgenlik katsayısı düşük olmalıdır. Çatı: İyi yalıtılmış eğimli çatı

- **Yönlendirme**

Güneş ışınımı ve rüzgarın etkisi yöne göre değişim göstermektedir. Dolayısıyla binanın farklı cephelerinde, kabuğun birim alanından geçen ısı miktarı değişkenlik göstermektedir çünkü cephelere gelen güneş ışınımlarının açısal farklılıkları vardır. Bu da yapı kabuğunu tasarlarken cepheler arasında farklı yaklaşımların olmasının önünü açmaktadır. [12].

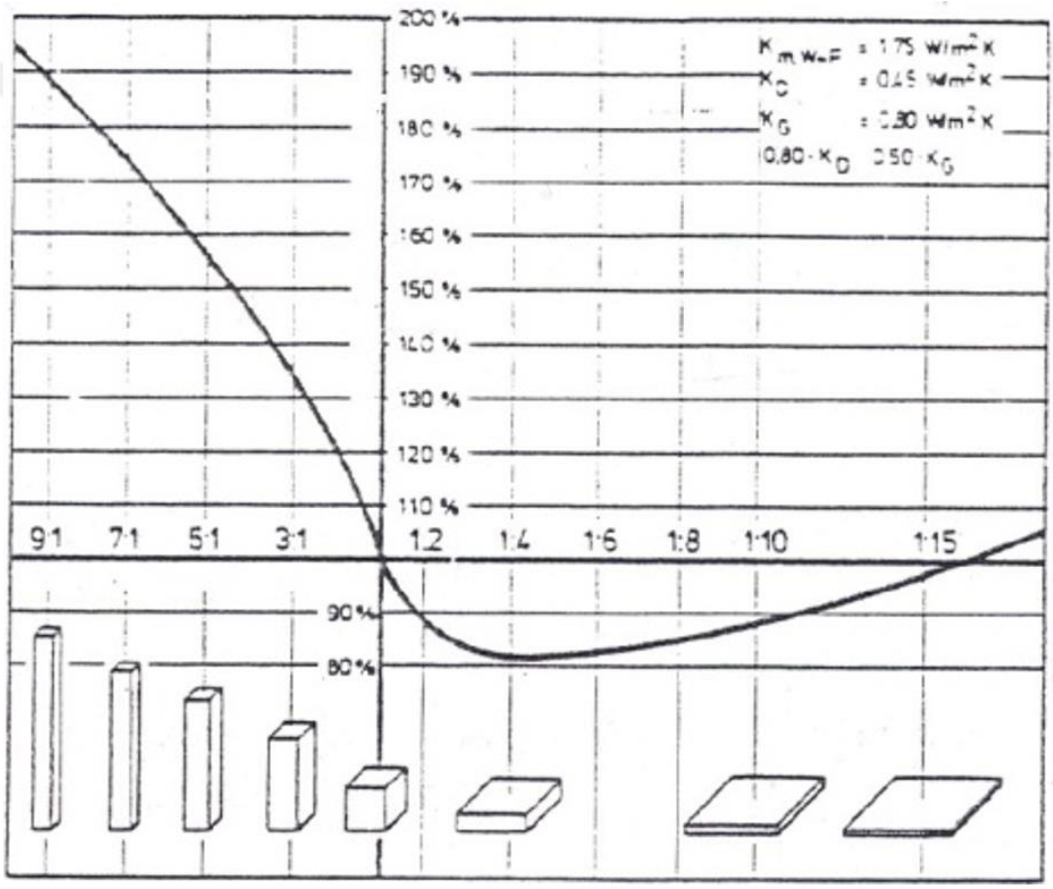
Cepheler, değişen iklim koşullarına göre bazen ısı kazanırken bazen de kaybeden elemanlardır. Güneş ışınımları cephelerde doğal ısınma sağlarken, rüzgarlar da doğal soğutma işlevi görürler. Rüzgara göre yönlenim yapılacaksa hakim rüzgar yönüne binanın geniş cephesini konumlandırmak doğru olacaktır.

- **Yapı Biçimi**

Yapı biçimine karar verilirken; soğuk iklim bölgelerinde ısı kaybını azaltabilmek için cephelerin, ısıtılan hacme oranın düşük olmasına (küpe yakın formlar) dikkat edilmelidir. Sıcak kuru iklim bölgelerinde, güneşten ve rüzgardan korunmak için

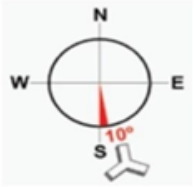
cephe alanı azaltılmalı dışa kapalı iç avlulu kare formlar tercih edilmelidir. Sıcak nemli iklim bölgesinde, doğal havalandırma sağlanacak şekilde yüzey alanı fazla formlar; ılıman kuru ve ılıman nemli iklim bölgesinde, güneşten ve rüzgardan korunma ve yararlanma söz konusu olduğu için incelen plan tipleri (dikdörtgen) tercih edilmelidir [13].

Aşağıdaki şekil kare taban alanlı ve aynı hacim miktarına sahip fakat farklı kütle oranlarındaki binaların ısı kayıplarını göstermektedir. Eğriye göre binalar yükseldikçe ısı kayıpları artmaktadır. En optimum çözüm, yükseklik ile derinlik arasındaki oranın 1:4 olduğu formdur [14].



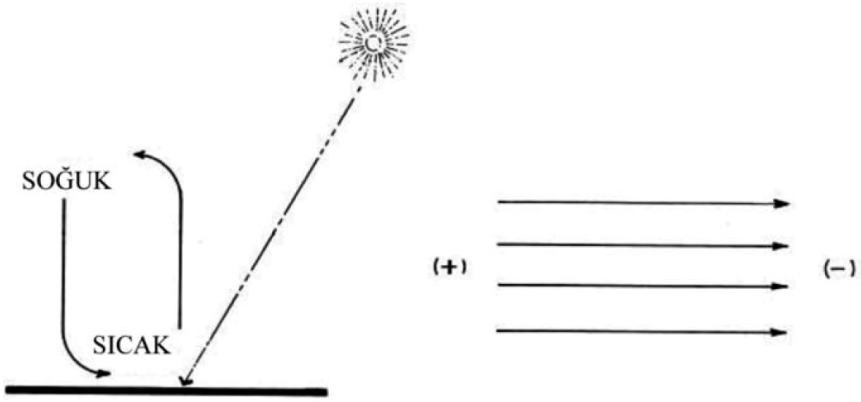
Şekil 2.1 Bina Formu-Isı Kaybı İlişkisi [14]

Tablo 2.2 Bina Formları ve Yönlendiriliş Durumları [15]

İKLİM BÖLGESİ	BİNA FORMU	BİNA YÖNLENDİRİLİŞİ
sıcak nemli	dikdörtgene yakın yapı 	
sıcak kuru	avlulu kare tabanlı 	
ılımlı kuru	kareye yakın 	
ılımlı nemli	geniş yüzeyli 	
soğuk	dış yüzeyi minimum kare tabanlı	

- **Doğal havalandırma**

Isısal konforunun sağlanmasında ve iç ortamın hava kalitesinin arttırılmasında doğal havalandırmanın önemi yüksektir. Doğal havalandırmanın, iç ortamın hava sıcaklığından düşük olduğu zamanlada mekanların soğumasına neden olmaktadır. Havalandırmayı yönlendiren doğal etkenler rüzgar ve ısısal kaldırma kuvvetidir. Isınarak yükselen hava soğuk hava ile yer değiştirir. Böylece iç ortam sıcaklığı düşürülerek doğal havalandırma sağlanmaktadır.



Şekil 2.2 Doğa Konveksiyon ve Basınç Farklılığı Nedeniyle Hava Akımı [16]

- **Güneş Kontrolü**

Güneş kontrol elemanları, iç ortama giren güneş ışığını denetleyerek gölgeleme yapmaktadırlar. İç mekânlarda iklimsel ve görsel konfor ortamı oluşturmaktadırlar. Bu elemanların tasarımı, boyutlandırılması ve profil açısı pencerelerin baktığı yöne değişkenlik göstermektedir [17].

Sıcak iklim bölgelerinde güneş ışınımının olumsuz etkisini önlemek için cephede güneş kontrol elemanları tercih edilebilir. Cephelerdeki güneş kontrolü, sabit ya da hareketli güneş kırıcı elemanlar ile yapılabileceği gibi cephelerin saydam yüzeylerine yansıtıcı optik özellikleri bulunan camlarla da sağlanabilmektedir. Camların optik özelliklerine karar verirken; ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi yüklerinin optimize edilmesi ve güneş ışığından kaynaklanan görsel konfor problemlerinin en aza indirgenmesi amaçlanmalıdır.

2.1.3 Kullanıcıya İlişkin Parametreler

İnsanlara sağlıklı ve konforlu bir ortam sunmak endüstriyel işletmelerdeki ürünlerin korunması için havanın sıcaklık, nem, temizlik ve hava hareketlerini kontrol altında tutmaya iklimlendirme denmektedir. Isıl konfor ise, insanın bulunduğu ortamdan duyduğu memnuniyettir. Bir kişinin ısıl konforu özneldir ve kişiden kişiye değişmektedir [18].

Ortamın ısı konforunu etkileyen kişisel faktörler aşağıda sıralanmıştır.

- Aktivitel durum
- Giysi direnci
- Oturarak dinlenmekte olan bir insanın birim vücut yüzeyinden birim zamanda üretilen enerji miktarı. 1met= 58.2 W/m² dir.
- Hava sirkülasyonu: Konfor hissi sağlamak için ortalama hava hızı 0,5m/sn' de tutulmalıdır. .
- Konfor alanı: Mevsimlerin sıcaklık ve nem oranları farklılık göstermektedir. Kış aylarında 22-24ºC sıcaklık, %35-40 izafi nem iken; yaz aylarında 24-26ºC sıcaklık,%50-55 izafi nemdir [18].

Tablo 2.3 Konfor Koşulu için Sıcaklık / Nem Değerleri [19]

Koşullar	Bağıl Nem	Kabul Edilebilir İşletme Sıcaklıkları °C
Yaz	% 30	24.5° - 28°
Yatma	% 60	23° – 25.5°
Oturma	% 30	20.5° – 25.5°
Ayakta Durma	% 60	20° - 24°

2.2 Yapı Kabuğunda Sürdürülebilir Ekolojik Alternatifler

Bu tez çalışması kapsamında, yapı kabuğunda iyileştirme alternatifleri iki başlık altında toplanmıştır.

- Opak yüzeylerde iyileştirme alternatifleri olarak altı farklı seçenek geliştirilmiştir.
- Saydam yüzeylerde iyileştirme alternatifleri olarak üç farklı pencere seçeneği geliştirilmiştir.

2.2.1 Opak Yüzeylerde İyileştirme İçin Malzeme Alternatifleri

- **Toprak Duvar**

İnsanoğlunun varoluşundan buyana barınmak için kullandığı temel malzemelerden biridir toprak. Toprağın ulaşılabilirliğinin kolay olması, ekonomik olması ve doğal bir malzeme olması tercih edilmesi için önemli özelliklerindendir. Günümüzde tercih edilmese de Türkiye'nin kırsal bölgelerinde ekonomik yetersizlikler nedeniyle eskiden toprak yapılar inşa edilirdi.

Toprak yapının ısı geçişine direnci yüksektir böylece ısının bir taraftan diğer tarafa geçişi uzun sürmektedir. Toprak duvarların ısı tutuculuk değerleri yüksek olduğundan ısı kayıpları betonarmeye göre düşüktür. Bu da yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Ayrıca toprak yapılar rutubet regülatörü gibi çalışmaktadırlar. Rutubetli bir ortamda nemi içine hapsederken, rutubet azalmışsa geri vermektedir [20].



Şekil 2.3 Toprak Duvar Örneği [21]

Ülkemizde Prof. Mimar Ruhi Kafesçioğlu' nun toprak üzerine yaptığı araştırmalar sonucunda alker isimli yapı malzemesi ortaya konmuştur. Alker, alçı ve kerpiçin kısaltmasıdır. Bu tez çalışmasında, alker yapı malzemesi opak duvar alternatifleri içersinde uygulanmıştır.

Tablo 2.4 Alkerin Fiziksel Özellikleri [22]

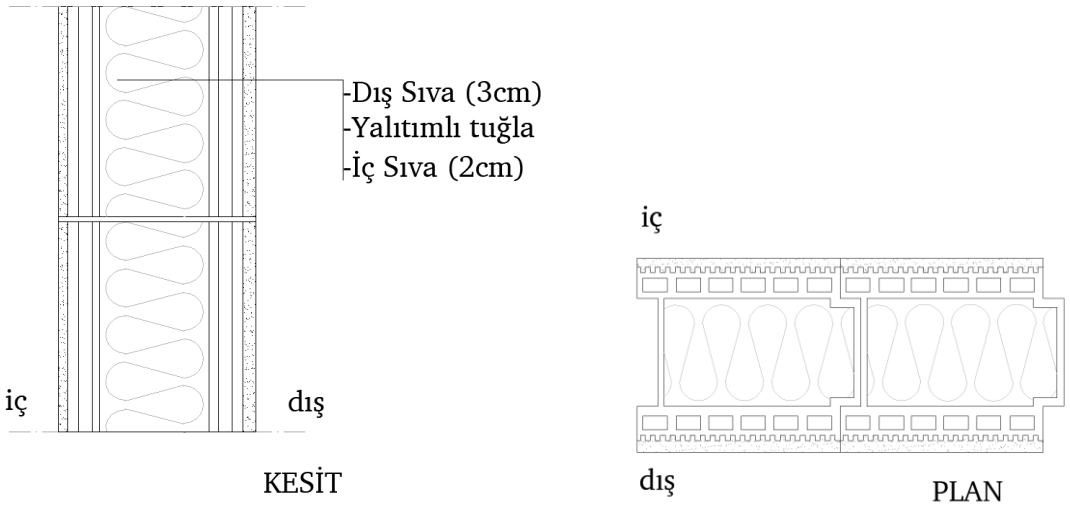
Özellik	Değer
Rötre (%)	1.0 - 1,5
Su emme (%)	Çok düşük
Isı geçiş katsayısı (W/mK)	0,4
Isı depolama (kj/kgK)	1
Uzun süreli su etkisi (yüzey darbesi hariç)	-

- **Kendinden Yalıtımlı Düşey Delikli Yapı Elemanı**

Kendinden yalıtımlı tuğlalar, binalarda yüksek ısı izolasyonu sağlamak amacıyla tasarlanan mineral yün dolgulu düşey delikli yapı elemanlarıdır. Kendi bünyesinde yalıtımı barındırdığı için ilave yalıtımlara ihtiyaç duyulmamaktadır. Düşey delikli tuğla kil esaslıdır ve farklı yoğunluklarda üretilebilmektedir. Isı köprülerinin önüne geçmek için cephelerdeki kolon ve kirişlerde yalıtım panelleri kullanılmaktadır. Geleneksel duvar tiplerine göre daha ince olduğundan geniş mekanlar tasarlanmasına imkan vermektedir.

Tablo 2.5 Yalıtımlı Tuğla Teknik Detayları [23]

	Isıl iletkenlik değeri	Isıl geçirgenlik katsayısı	Isıl geçirgenlik değeri	Birim hacim kütlesi
	λ (W/mK)	U (W/m^2K)	R (m^2k/W)	p(kg/m^3)
Yalıtımlı tuğla (15cm)	0,094	0,547	1,659	576
Yalıtımlı tuğla (20cm)	0,09	0,42	2,383	530



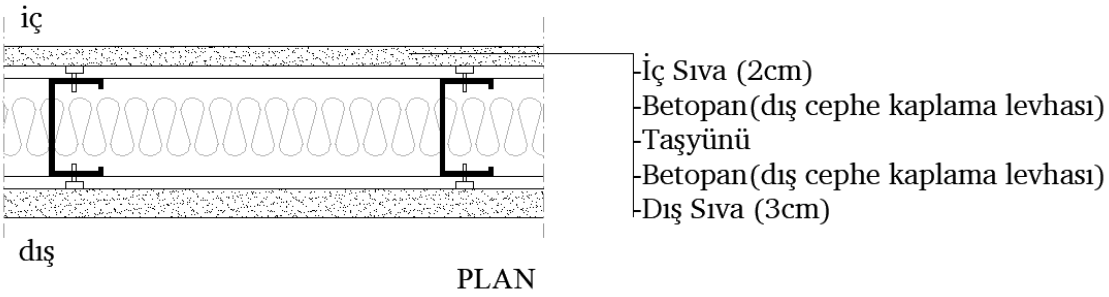
Şekil 2.4 Kendinden Yalıtımlı Düşey Delikli Yapı Elemanının Kesiti-Planı

- **Kuru Duvar Sistemleri**

Kuru duvar sistem uygulamaları, levhalar ve iskeleti oluşturan profillerden meydana gelmektedir. İskelet sistemi galvanizli ya da ahşap profillerden oluşabilmektedir. Ülkemizde yaygın olarak galvanizli profiller kullanılmaktadır. Bazı uygulamalarda karşımıza rijit bir sistem oluşturan kutu sac profiller de çıkabilmektedir. Bu kutu profiller çinko kaplı olmadığından astar boya ile boyanarak pastan korunmak amaçlanır ama yeterli olmamaktadır. Zaman içersinde yoğuşma ile vida yerleri paslanmaya başlamaktadır. Çelik sac profiller galvanizlenebildikleri için uzun ömürlü ve dayanıklı olmaktadır.

Kullanılan alçı levhalar, suya ve neme karşı güçlendirilmiş cam elyaf şilte ile kaplanmaktadır. A1 sınıfı yanmaz yapı malzemesidir. Nefes alan bir malzeme olduğundan yüzeyinde küf oluşmamaktadır. Hafif, taşınması ve işlenmesi kolay bir malzemedir [24]. Sistem betonarmeyi dışarıdan kapladığı için yapıların kullanım alanı artmaktadır. Uygulandığı yüzeyde dış hava koşullarında uzun süre (12 aya kadar) üzerine herhangi bir kaplama yapmaya gerek kalmadan, yüzeyi açıkta bırakılabilmektedir. Böylece eş zamanlı olarak iç mekanların ince işçiliğinin başlamasına olanak vermektedir.

Bu tez çalışmasında, tek iskeletli dış cephe kuru duvar sistemi, opak duvar alternatifleri içersinde uygulanmıştır.



Şekil 2.5 Tek İskeletli Dış Cephe Sistemi Örneği [24]

2.2.2 Saydam Yüzeylerde İyileştirme İçin Malzeme Alternatifleri

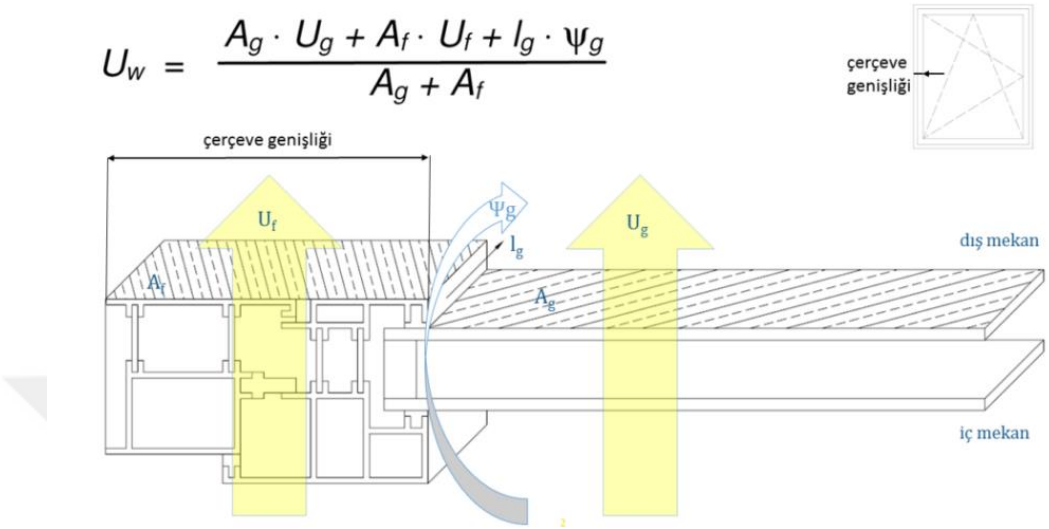
Pencerelerin, binanın ısıtma ve soğutma yüklerine etkisi büyüktür. Pencerenin saydam bileşeni olan camın yansıtıcılık özelliği, renk farklılıkları ve saydamlık oranları camın ısı iletim katsayısını etkilemektedir. Pencerelerde yalıtımı arttırabilmek için iki veya üç tabaka cam arasında 6mm, 9mm, 12mm, 16mm gibi hava boşluğu ya da argon gazı boşluğu oluşturulmaktadır. Pencerenin opak birleşeni olan kasa ve kanatların ise iyi yalıtılmış olması, istenmeyen hava akımının önüne geçmektedir.

Pencere sistemine karar verilirken;

- maliyet,
- enerji performansı,
- güneş kontrolü sağlaması,
- akustik kontrol,
- yoğuşma direnci,
- hava ve su sızdırmazlık,
- güvenlik ve
- dayanıklılık gibi gereksinimler dikkate alınmalıdır [25].

Mimari cam performansını etkileyen kriterleri sıralayacak olursak;

Pencerenin ısı yalıtım değeri Uw: çerçevenin U değerine (Uf: Uframe) ve camın U değerine (Ug: Uglazing) bağlıdır.



Şekil 2.6 Pencerenin U Değerinin Hesaplaması [26]

Ag: cam alanı (m^2)

Ug: camın toplam ısı geçirme katsayısı ($W/m^2.K$)

Af: çerçeve alanı (m^2)

Uf: çerçevenin toplam ısı geçirme katsayısı ($W/m^2.K$)

Lg: camın görünür çevresi (m)

Ψg: yalıtımlı cam kenar çıtasının doğrusal ısı iletimi (W/m.K)

Aw = Ag + Af (m^2)

Uw: pencerenin toplam ısı geçirme katsayısı ($W/m^2.K$)

Pencerenin ısı yalıtımını arttırmak için yapılması gerekenler;

- Isı geçirme katsayısı az olan camı kullanmak,
- Isı geçirme katsayısı az olan çerçeve kullanmak,
- Yalıtımlı camların ısı yalıtım katsayıları çoğu durumda çerçevenin ısı yalıtım katsayısından yüksektir. Böyle durumlarda çerçevenin cama göre alanca oranını düşürmek gerekmektedir [26].

Gün Işığı Geçirgenlik (VT): Cama gelen gün ışığının yaklaşık 380 – 720 nanometers arasındaki gözle görünen dalgaboyunda olan kısmının camdan geçen yüzdesine denmektedir.

Güneş Isısı Kazanç Katsayısı (Güneş Enerjisi Toplam Geçirgenlik, Solar Faktör) (SHGC): Cam üzerine gelen toplam güneş enerjisinin içeriye giren yüzdesidir. Binamızdaki enerji performansının yüksek olmasını istiyorsak, güneş enerjisinden sıcak iklim bölgelerinde korunmak (soğutma yüklerini azaltmak için), soğuk iklim bölgelerinde ise faydalanmamız (ısıtma yüklerini azaltmak için) gerekmektedir. Solar low-e camlar gün ışığı geçirgenliği değerini düşürmeden güneş ısısı kazanç katsayısını düşürmeyi ve böylece soğutma masraflarını düşürmeyi hedeflemektedir.

Renk dönüşüm endeksi: Ra % :1 ila 100 arasında bir değer olup, endeks ne kadar yükselirse renkler de o kadar doğal görünüyor demektir. Düşük demir içeren camlarla renk sadakati yüksektir. Ultra Clear camlarda gün ışığı geçirgenliği %91 seviyesindedir. Camın rengi berraktır. UV geçirgenliği: Ultraviyole dalga boylarındaki solar enerjinin geçirilen yüzdesidir.

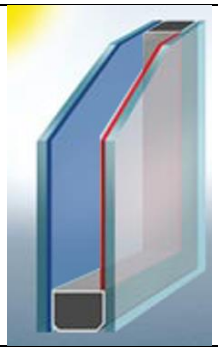
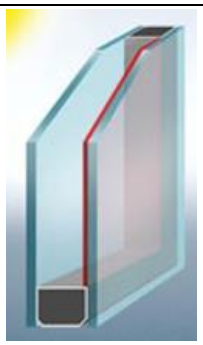
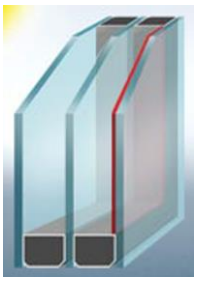
Gürültü kontrolü (Rw): Çift camlı yada üç camlı pencereleri oluşturan cam panellerin birini yada daha fazlasını akustik lamine seçerek 50 dB'ye kadar gürültü yalıtımı sağlanmaktadır [27].

2.2.2.1 Pencerelerin Saydam Bileşeni Camlar

Saydam yüzeylerin gruplandırılması aşağıdadır.

- Güneş denetimi penceresi (S1): Çift cam; yansıtıcılı(tentesol)+Low-e
- Pasif ısıtma, ısı korunumu (S2): Çift cam; düz cam+Low-e
- Enerji korunumlu, ısı yalıtımlı (S3): Üçlü cam; düz cam+ düz cam+ Low-e

Tablo 2.6 Saydam Yüzey Bina Kabuğu Alternatiflerinin Teknik Detayları [28]

		Çift Cam; Yansıtıcılı(tentesol) +Low-e	Çift Cam; Düz cam+ Low-e	Üçlü Cam; Düz Cam+ Düz Cam+ Low-e
		S1	S2	S3
				
Gün ışığı değerleri	Gün ışığı geçirgenliği	28%	78%	72%
	Gün ışığı dışa yansıtma	19%	12%	17%
	Gün ışığı içe yansıtma	30%	12%	17%
Gün enerjisi değerleri	Güneş enerjisi direkt geçirgenliği	14%	50%	46%
	Güneş enerjisi dışa yansıtma	11%	25%	28%
	Güneş enerjisi soğurma	74%	25%	26%
	Güneş enerjisi toplam geçirgenlik	20%	60%	56%
	Gölgeleme katsayısı	0.23	0.69	0.64
	UV Geçirgenlik	%3.7	26%	23%
Isı geçirgenlik katsayısı	U Değerleri	1,30	1,30	1,00

- **S1 – Çift Cam; Yansıtıcılı(tentesol)+Low-e**

Tentesol camlar, reflektif özelliği nedeniyle ayna etkisi göstermektedir. Güneşin aşırı parlaklığını denetleyip, iç ortamda kamaşma oluşmasının önüne geçmektedir. Bu durum aydınlatma için harcanan enerjiinin artmasına sebep olmaktadır. İç camların low-e camlar olarak tasarlanması gün ışığı geçirgenliği düşürmeden güneş ısısı kazanç katsayısını düşürmektedir. Böylece soğutma giderleri düşmektedir, tasarruf sağlamaktadır [29].

- **S2 – Çift Cam; Düz cam+Low-e**

Renksiz düzcam, güneşin aşırı parlaklığını renkli yada reflekte cam kadar etkin denetleyememektedir. Dolayısıyla aydınlatma için harcanan enerji düşüktür. İç camların low-e camlar olarak tasarlanması soğutma giderlerinin düşmesini sağlamaktadır.

- **S3 – Üçlü Cam; Düz Cam+ Düz Cam+Low-e**

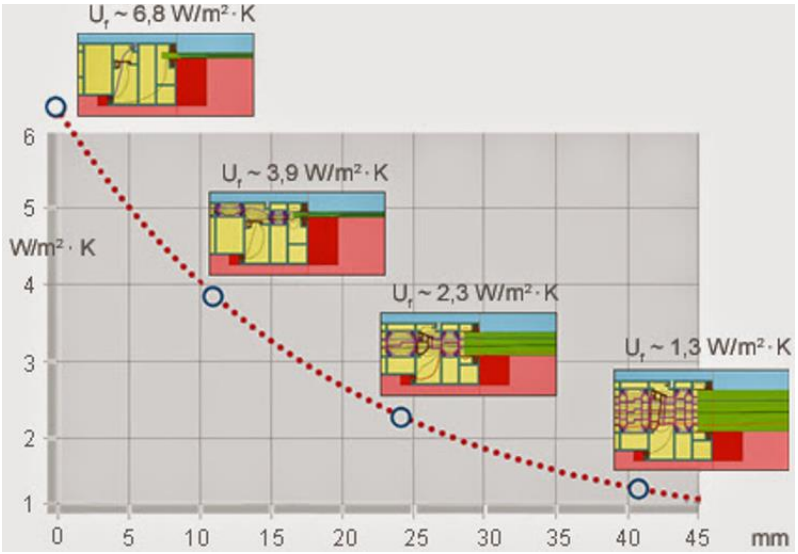
Maksimum ısı yalıtımı sağlayan üçlü cam sistemidir. Üç sıra camın birleşiminden oluşmaktadır. Sistemde dış ve orta cam renksiz düz cam iken iç cam low-e camdır. Sıradan çift cama göre dört kat ısı yalıtımı yapmaktadır. Yalıtımsız bir tuğla duvara eş değer ısı kontrolü sağlamaktadır. Isı ve güneş kontrolü sağlarken, doğal gün ışığından ödün vermemektedir [29].

Üçlü sistemin ısı iletim katsayısı düşük olduğu için özellikle soğuk iklim bölgelerinde tercih edilmesi daha doğru olacaktır.

2.2.2.2 Pencerelerin Opak Bileşeni Çerçeveler

Alüminyum çerçevenin dış ortama ve iç ortama bakan yüzeylerinin birbirleri ile bağlantısını ısı yalıtım bariyerleri ile keserek ısı yalıtım değerlerini iyileştirebiliriz. Bu ısı yalıtım bariyeri, ısı köprülerini ortadan kaldırdığından pencerenin ısı iletim katsayısı düşmektedir [30]. Isı yalıtım bariyerinin kalınlığı pencerenin U değerini önemli ölçüde etkilemektedir.

Aşağıdaki grafikte yalıtımsız ve farklı kalınlıklardaki (12mm, 24mm, 42mm) bariyerlerin, ısı yalıtım değerleri görülmektedir. Isı yalıtım bariyerinin kalınlığı arttıkça U değerinin iyileştiği görülmektedir. Yalıtımlı alüminyum pencere, yalıtımsıza göre dört kat daha fazla ısı yalıtımı sağlayabilmektedir. Yani yalıtımlı alüminyum çerçevenin enerji verimliliği, ısı yalıtımsız alüminyum çerçeveli pencereye göre %80' den fazladır [30].



Şekil 2.7 Isı Yalıtım Değerleri Farklı olan Alüminyum Çerçeveler [30]



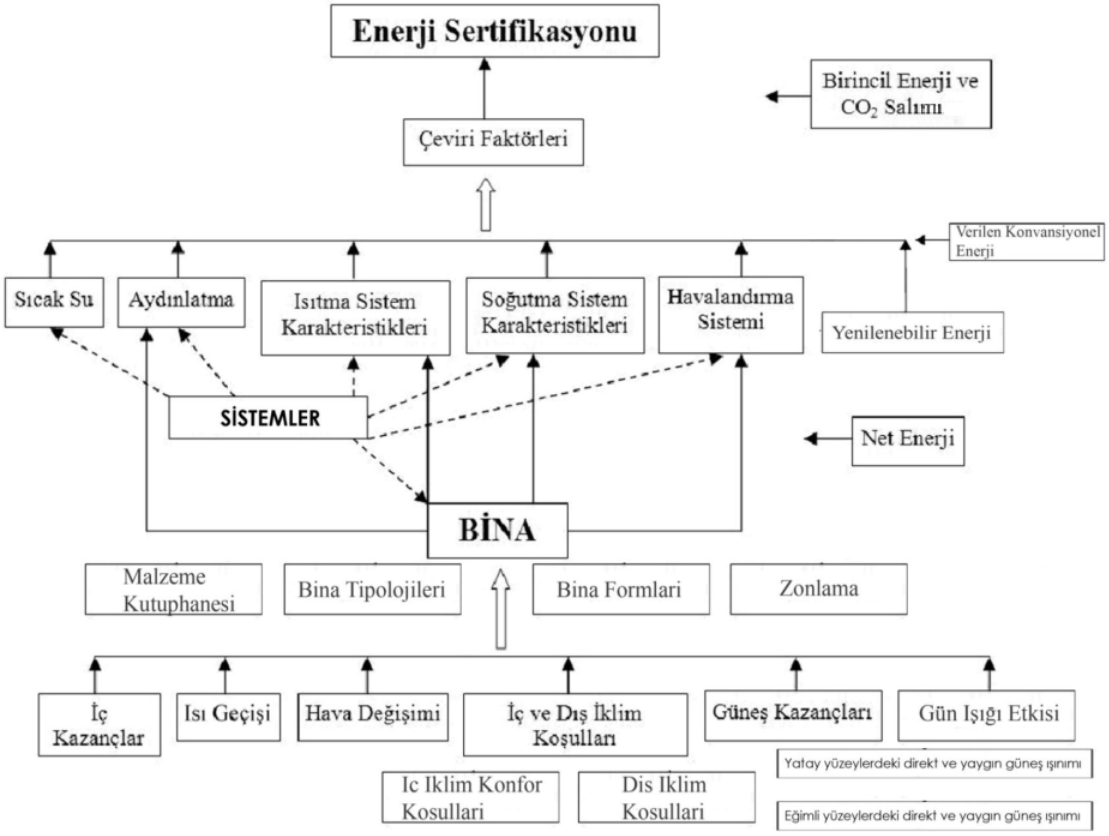
Şekil 2.8 Uygulanan 70 mm Yalıtımlı Alüminyum Çerçeve [31]

Uygulama çalışmalarımızda yukarıdaki şekil 2.8'deki alüminyum profil kullanılmıştır. Türkiye' de en yaygın kullanım, PVC materyalden 14.8 mm yüksekliğindeki ısı bariyerleri (ortalama Uf: 2.3W/m²K) olan alüminyum çerçevelerdir.

2.3 Enerji Kimlik Belgesi (EKB)

Yapıları harcadıkları karbondioksit ve enerji tüketimlerine göre sınıflandıran belgedir. "*5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu*" ve "*Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği*" ne göre yapıları değerlendirmektedir. Amaç, yapılarda enerji

kaynaklarının etkin, verimli kullanılmasını sağlamak; çevreyi korumak ve etkin bir yalıtım sağlamaktır [32].



Şekil 2.9 Enerji Kimlik Belgesi Akış Diyagramı [32]

Bina performansını etkileyen parametreler ve bu parametrelerin birbiri ile ilişkileri şekil 2.9' da verilmiştir.

Binaların yıl içersindeki soğutma, ısıtma, aydınlatma ve sıcak su tüketimleri birincil enerji olarak belirlenmektedir. Hesaplamalarda ilk olarak; binanın m^2 başına düşen yıllık enerji tüketim miktarı belirlenir. Kullanılan enerjinin kaynağına göre birim alana düşen enerji yükleri (aydınlatma, soğutma, ısıtma, sıcak su) ile Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde verilen dönüşüm katsayıları çarpılmaktadır. Dönüşüm katsayıları kullanılan yakıt cinsine göre değişim göstermektedir. Çizelgeler tablo A-1' de sunulmuştur.

EP =(ısıtma için m^2 başına düşen yıllık enerji tüketim miktarı) x 1,36+

(aydınlatma+soğutma için m^2 başına düşen yıllık enerji tüketim miktarı) x 3,31

SEG = (ısıtma için m^2 başına düşen yıllık enerji tüketim miktarı) x 0,234 +

(aydınlatma+soğutma için m^2 başına düşen yıllık enerji tüketim miktarı)x 0,617

Bu tüketim değerine bağlı olarak CO_2 salımı bulunmaktadır.

Hesaplama yönteminin adı, "basit saatlik dinamik yöntem"dir. AB standartları ile, gerekli görülen durumlarda ASHRAE ve Türk standartlarından yararlanılarak oluşturulmuştur.

Tablo 2.7 Birincil enerji cinsinden enerji performansı göstergesi

Nihai enerji tüketimine göre sera gazları emisyonu göstergesi [33]

Enerji Sınıfı	Birincil Enerji Tüketimlerine Göre Enerji Sınıfı Endeksi - EP (kWh/m^2-yıl)	Nihai Enerji Tüketimlerine Göre Sera Gazı Emisyonu Sınıfı Endeksi – SEG (kg eşd. CO2/m^2.yıl)
A	EP<0,4*RG	SEG<0,4*SRG
B	0,4*RG≤EP<0,8*RG	0,4*SRG≤SEG>0,8*SRG
C	0,8*RG≤EP<RG	0,8*SRG≤SEG<SRG
D	RG≤EP<1,20*RG	SRG≤SEG<1,20*RG
E	1,20*RG≤EP<1,40*RG	1,20*SRG≤SEG<1,40*SRG
F	1,40*RG≤ EP<1,75*RG	1,40*SRG≤ SEG<1,75*SRG
G	1,75*RG≤EP	1,75*SRG≤SEG

RG: Birincil enerji cinsinden mevcut göstergesidir.

SRG: Sera gazı cinsinden mevcut göstergesidir.

RG ve SRG değeri iklim bölgelerine ve yapının fonksiyonuna göre değişim göstermektedir (bakınız tablo A-2, tablo A-3).

Enerji kimlik belgesi verilirken izlenen adımlar aşağıdadır.

- Binaların sistem verimliliği de göz önüne alarak ısıtılması, soğutulması ve sıhhi

sıcak su için binanın ihtiyacı olan yıllık birim metrekareye düşen enerji miktarının hesaplanmasını,

- Havalandırma enerjisi tüketiminin belirlenmesini,
- Binalarda akşam saatlerinde ve saydam yüzeyli cephesi olmayan alanlar için aydınlatma enerjisi tüketiminin hesaplanmasını,
- Yıllık birim metrekareye düşen enerji değerlerinden CO2 salımının bulunması,
- Metrekareye düşen enerjinin referans bir binanınki ile karşılaştırılması,
- Kıyaslamanın sonucu olarak binanın A-G bandında bir sınıfa yerleştirilmesidir [34].

2.4 Kamu Binası Tanımı, Kapsamı ve Enerji Etkin Yaklaşımın Önemi: Belediye Binası Örneği

2.4.1 Kamu Binası Tanımı

"Kamu" kelimesi devlete yakın bir anlamda kullanılmaktadır. Bu yüzden "Kamu yapıları" dendiğinde devlete ait yapılar düşünülebilmektedir. "Kamusal yapılar" dediğimizde ise bu yapıların özel sektöre ait olabilme ihtimali vardır. Kamu terimi her zaman yapıları ifade etmemektedir. Bazen de açık/kentsel alanlarlar için kullanılabilmektedir. Kamu kavramı ile kamusal kavramı birbirinden ayırmamız gerekmektedir. Erişilebilirliği olmasa da bir yapı, kamu için inşa edildiğinden "kamu yapısı" olarak adlandırılmaktadır. Örneğin; MİT (Milli İstihbarat Teşkilatı) yapısı, kamusal olmayan bir kamu malıdır [35]. Örneğin özel mülkiyete ait alışveriş merkezleri de kamusal mekân olarak ele alınmalıdır. Çünkü bu mekânlar toplumda hiç bir ayrım yapılmaksızın her bireyin erişimi düşünülerek yapılmış açık veya kapalı mekanlardır. Genellikle erişilebilirliği olan mekanların sahibi ve işleticisi devlet veya yerel yönetimler olduğu için de (adliyeler, belediyeler, tren istasyonları, okullar vb.) yanlış bir ifade ile bu mekanlar kamusal alan olarak adlandırılmaktadırlar.

Erişilebilirliği olan sermaye egemenliğinin olmadığı, devlet baskısının hissedilmediği, toplumsal faliyetlerin sınırlandırılmadan özgürce etkinliklerin yaşandığı ortamlara kamusal alan denmektedir [36].

2.4.2 Kamu Binalarında Enerji Etkin Yaklaşımın Önemi

Kamu yapıları uzun vadedeki yaşam döngüsü düşünülerek planlanmalıdır. Gelişmiş ülkeler kamu yapılarını ülkeleri için bir prestij noktası olarak görmektedirler. Örneğin Berlin' deki Reichstag Berlin Hükümet binası bir kamu yapısı olmasının yanı sıra turistlerin ziyaret noktadır. Birçok kamu binasında görüldüğü gibi bu yapının da restorayon projesi yarışmayla belirlenmiştir.



Şekil 2.10 Reichstag Hükümet Binası

Norman Foster' ın binanın orjinal tasarımında yer alan kubbeye gönderme yaparak çatısına devasa büyüklükteki cam kubbeyi eklemiştir. Kubbeden içeri giren doğal ışık parlamento katına doğru yayılmaktadır. Geniş bir güneş kalkanı güneşin hareketine göre elektronik olarak hareket ederek ve alt kattakileri rahatsız edebilecek olan güneş ışınımlarını engellemektedir. Kubbenin etkileyici mimarisinin yanısıra ve 360 derecelik Berlin manzarasına sahip olmasıyla şehrin en çok ziyaret edilen turistik yerlerinden biri haline gelmiştir [37].

Reichtag Hükümet Binası örneğinden de anlaşılacağı gibi hükümetler sürdürülebilir, prestij sahibi kamu binaları için ciddi bir bütçe ayırmaktadır. Ülkemizde ise daha çok kısa vadeli düşünülmektedir. İlk yatırım maliyeti düşük ve hızlı inşa edilebilecek tasarımlar tercih edilmektedir. Yapının yaşam döngüsü

içersinde işletme giderlerinin ne kadar yüksek olacağı ön görülmemektedir. Mimarlara ayrılan kısıtlı zaman ve bütçeyle, ilerleyen teknolojiden ve mimari gelişmelerden yoksun yaklaşımlarla gelecek nesillere örnek teşkil edebilecek yapılara sahip olmak mümkün değildir.

Ülkemizde kamu yapılarının projelerini oluşturmada izlenen üç farklı yöntem aşağıda verilmiştir.

- Tip proje yöntemi
- İhale yöntemi
- Mimari proje yarışmalarıdır.

Son dönemde ülkemizde prestij sahibi kamu binalarına sahip olmanın gerekliliği anlaşılmıştır. Bu yüzden yarışma ile yapılan kamu binalarının sayısı oldukça artmıştır. Bu da ülke mimarisi için umut verici bir yaklaşımdır.

Tip projelerde ise, kamu yapısının ihtiyaç programı kurum bünyesindeki mimarlar tarafından hazırlanmaktadır. Projeler, müşavir firmaya yönlendirilmektedir. Hazırlanan tip projeler, uygulanacağı bölgenin zemin ve iklim özelliklerine göre revize edilmektedir. Hızlı çözümler üretebilmek için devletin başvurduğu proje modelleridir.

Kamu binalarının yapımında mimarlara düşen en önemli sorumluluk, enerji kaynaklarındaki problemler göz önünde bulundurup enerji tüketimini minimize etmektir. Bunun için yapılarda doğal aydınlatma, doğal havalandırma ve güneş kontrolü sağlayan sistemler geliştirilmelidir. Gerekirse kendi enerjisini, kendi elektriğini üreten sistemler kullanılmalıdır. Çevreye ve doğaya uyumlu sıfır atık üreten, çevre karnesi yüksek olan binaları, yerel malzemeler kullanılarak inşa etmek amaçlanmalıdır.

2.4.3 Belediye Binası Kapsamı

Belediye, mevcut yasaya göre her il ve ilçe merkezinde, nüfusu beş bini aşan yerleşmelerde, kanunlarla belirlenmiş hizmetlerini yerine getirmek amacıyla kurulmuş yerel yönetim birimleridir [38].

Devlet tarafından bulunduğu çevreye ve insanlarına en iyi hizmeti götürmekle görevlendirilen belediyelerin, yapısal olarak da çevreye duyarlı ve saygılı, insan sağlığını önemseyen bir yaklaşımlarla oluşturulması son derece önemlidir.

Belediyelerin görevleri aşağıda kısaca sıralanmıştır.

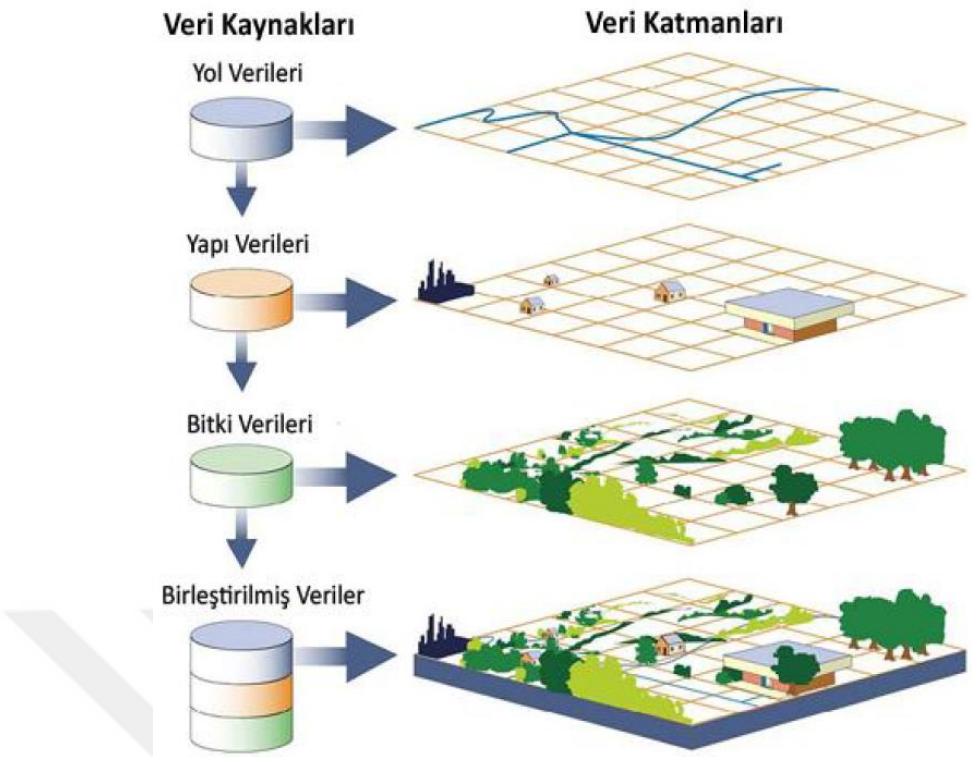
- Cografi bilgi sistemlerini (CBS) ve kent bilgi sistemlerini (KBS) kurmak,
- Kentsel alt yapı; bunun içerisinde su, şebeke ve doğalgaz dağıtımı, kanalizasyon, şehiriçi yollar vs.
- Çevre ve çevre sağlığı; çöp toplama, yolların temizlenmesi, ağaçlandırma, park ve yeşil alanlar, itfaiye ve zabıta hizmetleri, cadde ve sokak temizliği ve halk sağlığını koruma ve kurtarma, ambulans vb. gibi görevler.
- Şehir içi trafik; şehir içerisindeki ulaştırma alanındaki işler.
- Sosyal hizmet ve yardım; defin ve mezarlıklar, sağlık hizmetleri, nikah işleri, gibi görevleri
- İmar; şehir içerisinde imar ile ilgili izin ve belgeler, yurt açma, ucuz konut yapma, eski tarihi eserleri koruma, kültür merkezi açma, spor alanları yaratma, tiyatro müze ve sinema salonları açma vb. gibi görevler
- Şehir içerisinde eğitim; okul öncesi eğitim verme, mesleki eğitim kursları düzenleme ve kütüphane açma vs. gibi görevler
- Ekonomi ve ticaretin geliştirilmesi hizmetleri; fiyat ve ücret tespit etme, haller açma, pazar yerleri ve sanayi bölgeleri kurma vs. gibi görevler yapar veya yaptırır.
- Büyükşehir belediyeleri ve nüfusu 50.000' i geçen belediyeler, kadınlar ve çocuklar için koruma evleri açmaktadır [39].

2.4.4 KBS ve CBS Kavramı

Kimlik Bilgi Sistemi (KBS), kentsel faaliyetlerin uygulanmasında gerekli olan, sağlık hizmetleri, altyapı, mimarlık-mühendislik, temel hizmetler, planlama ve yönetimsel bilgileri vatandaşa ulaştırabilmek için oluşturulmuştur. CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) destekli bir mekânsal bilgi sistemidir [40].

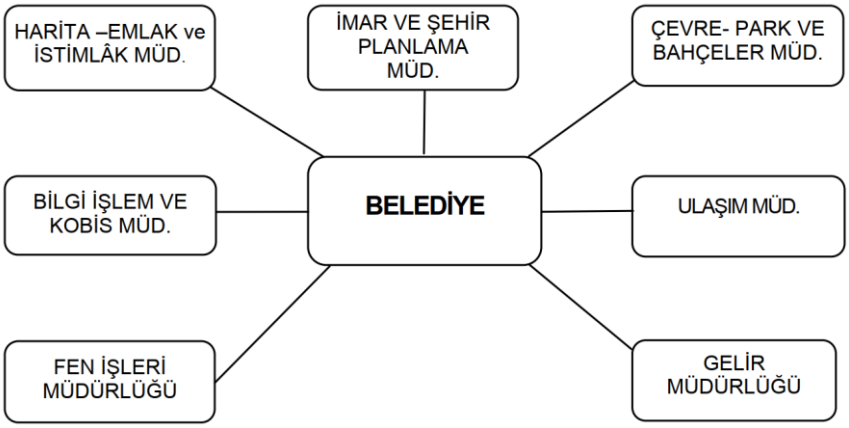
CBS ve YBS (yönetimsel bilgi sistemi) veritabanları coğrafi ve sözel olarak aynı kaynakta eşleştirilip, KBS çatısı altında toplanmaktadır. İhtiyaç duyulan hesaplamalar, incelemeler ve analizler bu bilgi sistemi içersinden yapılabilmektedir. Örneğin, CBS'de kayıtlı konumsal bilgi (ör: mahalle haritası) ile YBS'de kayıtlı sözel bilgi (ör: abonelik) adres temel bilgisi üzerinden ilişkilendirilerek coğrafi görünüme aktarılmaktadır. İşlemlerde harita ve belge üzerinden doğrulanarak yol alınmaktadır. Herhangi bir kaydın düzeltilmesi, yapım durumunun belirlenmesi, istatistiksel amaçlı bilgi alma işlemi vb. işlemlerin yapımı artık çok hızlı, güvenli ve kolay olmaktadır [41].

Kente ait verilerin, sayısal ortama aktarılarak depolanması ve paylaşıma açılmasıyla kurum içinden veya dışından erişim sağlanmaktadır. Kente dair verilerin değerlendirilmesi, analizlerde kullanılması mümkün hale gelmekte, inceleme ve uygulama alanlarında daha detaylı ve rasyonel çalışmaların yapılması mümkün olmaktadır. KBS ile kente ait altyapıların tesisi ve yönetimi, imar ve planlama çalışmaları, ulaşım çözümlemeleri, kentteki tarihi ve kültürel değerlerin envanteri ve analizi gibi çözüm bekleyen birçok soruna cevap bulunabilmektedir. [43].



Şekil 2.11 CBS sistemine şematik yaklaşım [42]

Kent bilgi sistemi (KBS), belediyelerin bir çok yasal görevini yerine getirilmesinde katkısı büyüktür. Kent bilgi sistemleri sadece belediyeler için değil, kentte yaşayan herkes için servis verebilen teknolojik bir sistem olarak görülmelidir. KBS kurguları, yerel yönetimlerce bu algıyla tasarlanıp geliştirilmelidir. KBS' deki amaç, harita bilgilerinin görselleştirilerek, internet üzerinden her türlü sektöre hizmet sunabilecek web tabanlı bir sistem kurmak olmalıdır [44].



Şekil 2.12 Belediye Bünyesinde Konumsal Bilgiyi Aktif Şekilde Kullanacak Olan Birimler [45]

Gelişen ve hızla nüfusun arttığı şehirlerimizde değişimin kontrol altında tutalabilmesi, doğru kentleşme planlarının oluşturulması ve düzenli bir kent yaşamı sağlayabilmek adına hızlı ve yerinde kararlar alabilmek için CBS ve KBS sistemlerinin günümüz teknolojiyle geliştirilip, etkin bir biçimde kullanılması gerekmektedir.

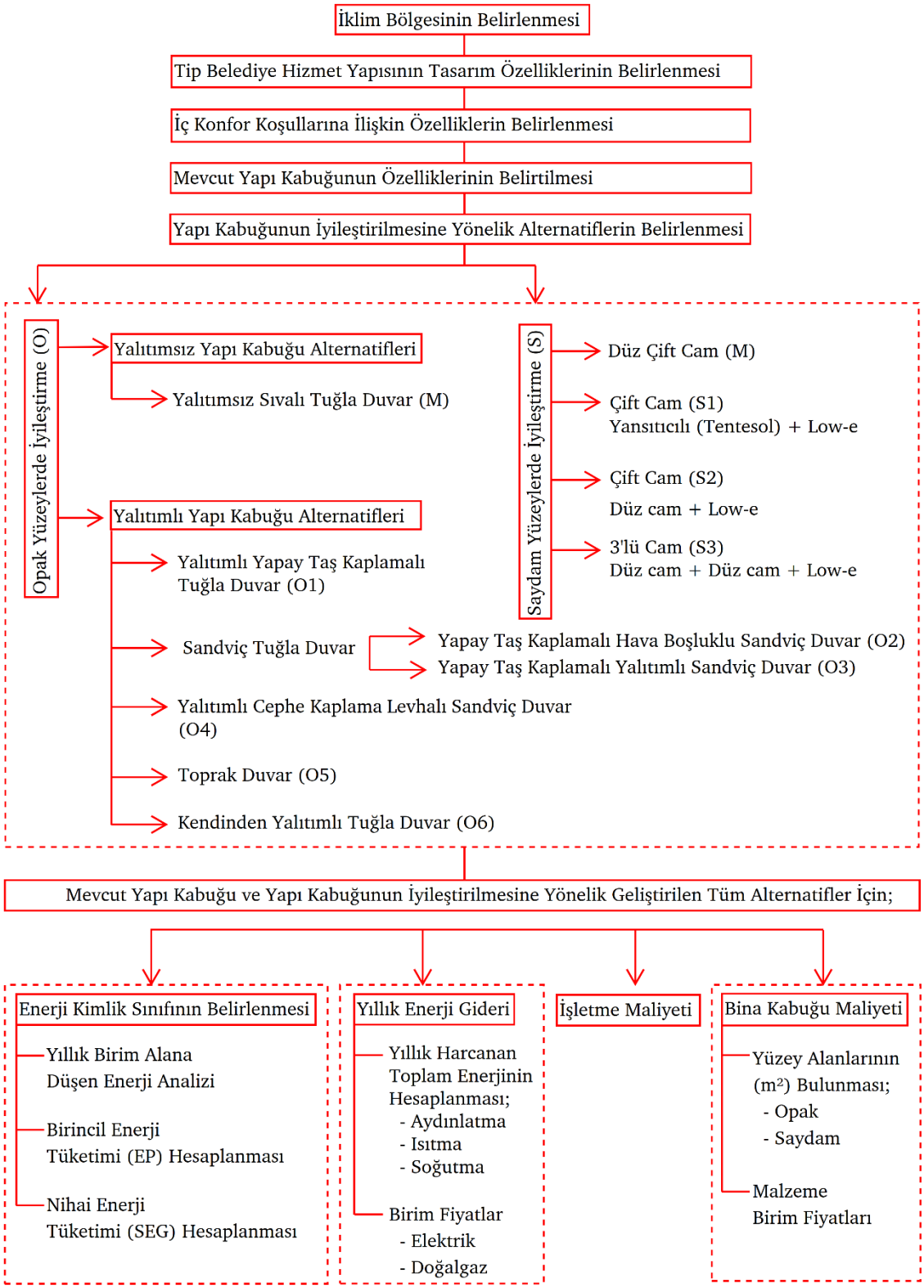
3
Farklı İklim Bölgelerinde Yapı Kabuğunun Enerji Etkin İyileştirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım ve Uygulaması

Bu tez çalışmasında uygulama örneği olarak; İller Bankası Yapı İşleri Daire Başkanlığının TİP 05.3 belediye hizmet tip projesinin mevcut yapı kabuğu ve geliştirilen yapı kabuğu alternatiflerinin, farklı iklim bölgelerinden seçilen pilot illerdeki enerji performansları ve enerji tüketim maliyetleri incelenmiştir.

Çalışmada kullanılan yaklaşımın adımları aşağıda sıralanmıştır.

- İklim bölgesinin belirlenmesi: Yapının uygulanacağı iklim bölgesinin iklimsel verileri elde edilmiştir.
- Tip belediye hizmet binasının tasarım özelliklerinin aktarılması: Referans yapının yönlendirilişi, formu ve mekanları tanımlanmıştır.
- İç konfor koşullarına yönelik kabullerin belirlenmesi: Yapının kullanım amacı, kullanım saatleri ve günleri, kullanıcı sayısı, ısıtma, soğutma ve aydınlatma sistemlerine dair veriler belirlenmiştir.
- Tip belediye hizmet binasının, mevcut yapı kabuğunun ve yapı kabuğunun iyileştirilmesine yönelik geliştirilmiş opak ve saydam yüzey alternatifleri için;
  - optik ve termofiziksel özelliklerinin belirlenmesi
  - enerji yüklerinin hesaplanması ve karşılaştırılması
  - enerji kimlik sınıfının belirlenmesi ve giderlerin hesaplanması;
    - EP sınıfı
    - SEG sınıfı
    - ilk yatırım maliyetlerinin belirlenmesi
    - işletme giderlerinin hesaplanması
  - pilot iller için optimum alternatiflerin değerlendirilmesi

Tip belediye hizmet yapısının enerji etkin yapı kabuğu tasarlanmasında izlenen adımların şematik aktarımı şekil 3.1' de verilmiştir.



Şekil 3.1 Enerji Etkin Bina Kabuğu Belirleme Adımları

3.1 İklim Bölgesinin Belirlenmesi ve İklimsel Veriler

Bu tez çalışması kapsamında incelemek üzere ilk olarak farklı iklim bölgelerinden pilot iller seçilmiştir. Bunlar İstanbul, Ankara ve İzmir' dir. Nüfus yoğunluğu toplamı Türkiye' nin yüzde 30,35' i kadardır [46].

- İzmir: Sıcak nemli iklim bölgesi

Denize kıyısı olması ve orta enlemde bulunması nedeniyle akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Ege bölgesinde dağların denize dik uzanmasıyla denizin iklimsel özellikleri iç kesimlere kadar ulaşmaktadır [47]. Tüm yıl boyunca güneşlenme süresi kısa değildir. Rüzgar potansiyeli yüksektir. Aşağıda T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü resmi sitesinden alınan iklimsel veriler şekil 3.2 belirtilmiştir.

Tablo 3.1 İklimsel veriler - İzmir [48]

	Ölçüm Periyodu (1938-2018)											
İzmir	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	8,70	9,5	11,6	15,8	20,8	25,5	28	27,6	23,6	18,7	14,1	10,4	17,9
Ort. Max. Sıcaklık (°C)	12,4	13,6	16,2	20,9	26,1	30,7	33,2	32,9	29,1	23,9	18,5	14	22,6
Ort. Min. Sıcaklık (°C)	5,7	6,2	7,6	11,1	15,4	19,8	22,4	22,3	18,6	14,5	10,7	7,5	13,5
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	4,3	5,2	6,4	7,9	9,8	11,6	12,3	11,9	10,1	7,6	5,6	4,2	96,9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12,6	10,8	9,3	7,9	5,4	2,2	0,4	0,5	2	5,4	8,8	12,7	78
Aylık Top. Yağış Mik. Ort. (mm)	132,7	102,2	76,1	45,4	31,1	9,9	1,7	2,9	13,6	43,8	92,9	143,1	695,4
En Yüksek Sıcaklık (°C)	22,4	27	30,5	32,5	37,6	41,3	42,6	43	40,1	36	30,3	25,2	43
En Düşük Sıcaklık (°C)	-8,2	-5,2	-3,8	0,6	4,3	9,5	15,4	11,5	10	3,6	-2,9	-4,7	-8,2

- İstanbul: Ilımlı nemli iklim bölgesi

Denize kıyısı olan İstanbul' da akdeniz iklimi görülmektedir. Yaz ayları sıcak, kış ayları da ılıman geçmektedir. Marmara Denizi'nin ve İstanbul Boğazı'nın denizsel etkisi altındadır. Karadeniz'den gelen soğuk-kuru, Balkanlardan gelen soğuk-yağışlı hava kütlesi kış aylarında İstanbul' da etkisini göstermektedir. Akdeniz'den gelen ılık ve yağışlı güneşli hava kütleleri ise iklimi yumuşatmaktadır. Karadeniz'in soğuk ve yağışlı (poyrazlı) havasıyla, Akdeniz'in ılık (lodoslu) havası görülmektedir. Yaz-kış, gece-gündüz arasında büyük ısı farkları görülmemektedir [49].

Aşağıda T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü resmi sitesinden alınan iklimsel veriler şekil 3.3 belirtilmiştir.

Tablo 3.2 İklimsel veriler – İstanbul [48]

	Ölçüm Periyodu (1938-2018)												
İstanbul	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	6,0	6,1	7,7	12,0	16,7	21,4	23,8	23,8	20,1	15,7	11,7	8,2	14,4
Ort. Max. Sıcaklık (°C)	8,5	9,0	11,0	15,5	20,1	24,7	26,7	26,9	23,8	19,2	14,9	10,9	17,6
Ort. Min. Sıcaklık (°C)	3,2	3,1	4,3	7,7	12,2	16,6	19,5	20,2	16,9	13,0	9,0	5,5	10,9
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2,9	3,6	4,6	6,4	8,7	10,5	11,4	10,5	8,2	5,6	4,0	2,7	79,1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	17,3	15,0	13,7	10,2	8,0	6,2	4,3	5,0	7,7	11,2	12,9	16,9	128,4
Aylık Top. Yağış Mik. Ort. (mm)	105,5	77,8	71,9	45,6	34,4	36,3	34,1	39,6	64,6	87,1	102,2	123,9	823,0
En Yüksek Sıcaklık (°C)	22,0	24,7	29,3	33,6	34,5	40,2	41,5	40,5	39,5	34,2	27,8	25,5	41,5
En Düşük Sıcaklık (°C)	-13,9	-16,1	-11,1	-2,0	1,4	7,1	10,5	10,2	6,0	0,6	7,2	-11,5	-16.1

- Ankara: Ilımlı kuru iklim bölgesi

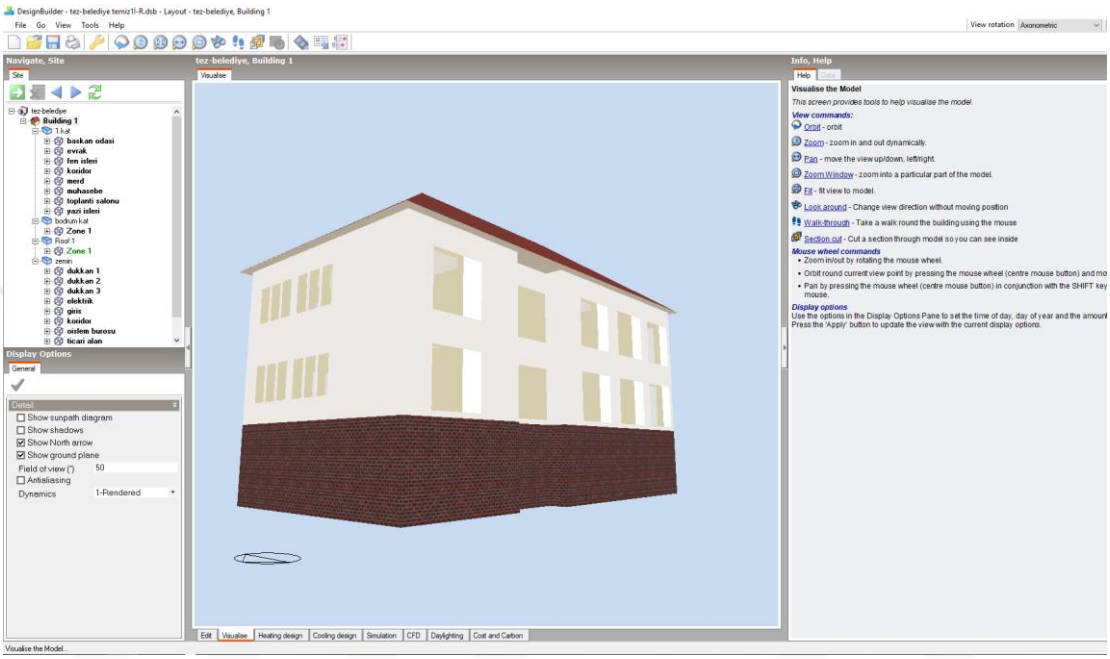
Ankara'nın yüzölçümü geniş olduğundan, bölgesel olarak farklı iklimler görülmektedir. Güneyde, İç Anadolu iklimi olan step; kuzeyde ise, Karadeniz ikliminin ılıman ve yağışlı etkisindedir. Genel olarak karasal iklim hakimdir. Kış ayları soğuk, yaz ise sıcak geçmektedir. Gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı fazladır. Kış aylarında sis olayı oldukça fazla görülmektedir [50]. Aşağıda T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü resmi sitesinden alınan iklimsel veriler şekil 3.3 belirtilmiştir.

Tablo 3.3 İklimsel veriler –Ankara [48]

	Ölçüm Periyodu (1938-2018)											
Ankara	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	0,2	1,7	5,8	11,3	16,1	20,1	23,5	23,4	18,8	13,0	7,1	2,5	12,0
Ort. Max. Sıcaklık (°C)	4,2	6,4	11,5	17,4	22,4	26,6	30,3	30,4	26,0	19,9	13,0	6,4	17,9
Ort. Min. Sıcaklık (°C)	-3,3	-2,4	0,6	5,3	9,6	12,9	15,8	15,9	11,8	7,0	2,5	-0,9	6,2
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2,7	3,9	5,2	6,6	8,5	10,2	11,4	10,8	9,2	6,7	4,6	2,6	82,4
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12,2	11,3	10,7	11,1	12,3	8,6	3,5	2,7	4,0	6,9	8,2	11,7	103,2
Aylık Top. Yağış Mik. Ort. (mm)	39,7	35,1	39,1	41,9	51,8	34,3	13,5	11,4	17,6	27,9	31,7	44,1	388,1
En Yüksek Sıcaklık (°C)	16,6	21,3	27,8	31,6	34,4	37,0	41,0	40,0	37,7	33,3	24,7	20,4	41,0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-24,9	-24,2	-19,2	-7,2	-1,6	3,8	4,5	5,5	-1,5	-9,8	-17,5	-24,2	-24.9

3.2 Tip Belediye Hizmet Binasının Tasarım Özellikleri

Bu tezin amacına yönelik olarak seçilen, İller Bankası Yapı İşleri Daire Başkanlığı tarafından projelendirilip uygulananan Tip 05.3 Belediye Hizmet Binası, bir bodrum+zemin+bir katı olan kırma çatılı bir yapıdır. Bakanlık tarafından ülkenin gerekli görülen bölgelerinde uygulanan projenin yapı alanı 720 m² 'dir.

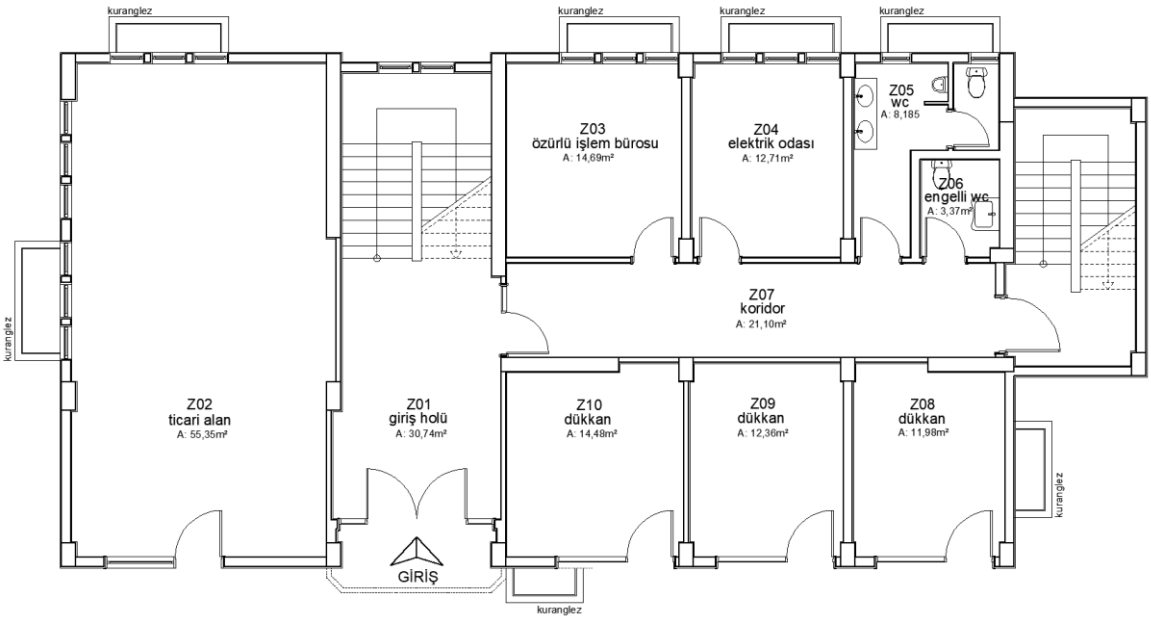


Şekil 3.2 Belediye Hizmet Binası Formu

- **Planları**

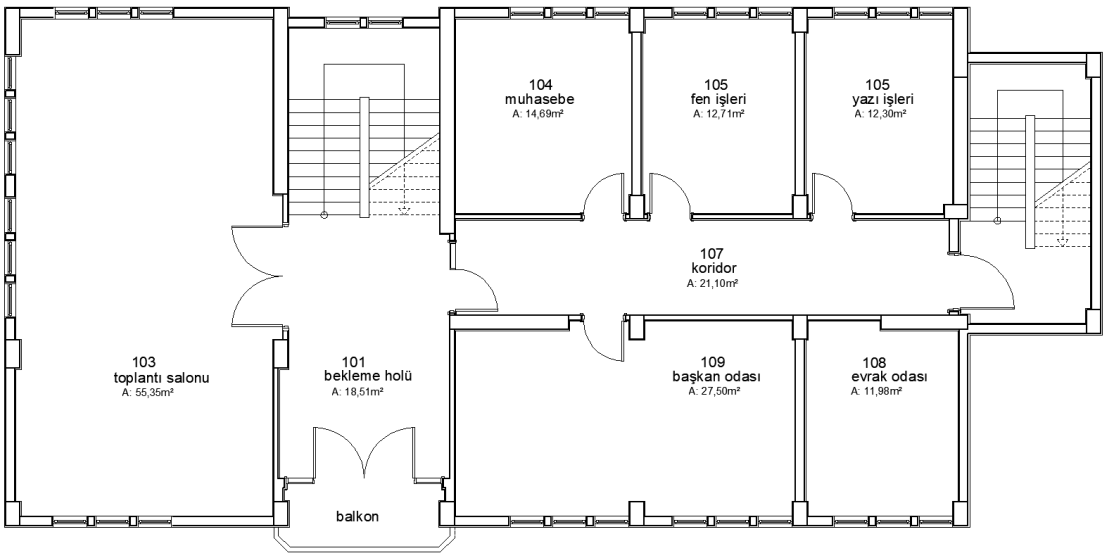
Binanın bodrum katında; arşiv-sığınak, wc+lavabo, mutfak nişi, iki depo ve kazan dairesi bulunmaktadır. Tamamen toprak altında kalan bodrum katta kuranglezlerle doğal havalandırma sağlanmıştır. Bodrum duvarları 30cm, arşiv-sığınak duvarları ise 50cm olarak projelendirilmiştir.

Binanın zemin katında; 30 m²'lik giriş holünün tam karşısında merdiven konumlandırılmıştır. Merdivenlerin sahanlığında bulunan pencereler sayesinde doğal ışıktan yararlanılmaktadır. Sol koldaki mekan 55 m²'lik ticari alan olarak kullanılırken; sağ kolda, koridor etrafında sıralanmış özürlü işlem bürosu, elektrik odası, wc, engelli wc ve üç dükkan bulunmaktadır. Binanın sağ yan cephesinde, koridorun sonuna yangın merdiveni konumlandırılmıştır.



Şekil 3.3 Belediye Hizmet Binası - Zemin Kat Planı

Binanın birinci katında; giriş holünün tam üstünde kalan alan balkonlu bir bekleme holü olarak düzenlenmiştir. Sol kolda toplantı odası, sağ kolda ise koridor etrafında sıralanmış muhasebe, başkan odası, fen işleri, yazı işleri ve evrak büroları bulunmaktadır. Merdiven sahanlığı arka cepheye dayandırılmış ve açılan pencerelerle doğal ışık alması sağlanmıştır. Dikdörtgen planlı yapının uzun kenarı ortalama 23m, kısa kenarı 11m' dir.



Şekil 3.4 Belediye Hizmet Binası – 1. Kat Planı

- **Cepheleri**

Tüm mahaller doğal ışık alacak şekilde düzenlenmiştir. Birinci kattaki mahallede 70x160' lık pencereler ortalama 20cm aralıklarla konumlandırılmıştır. Zemin kattaki bürolarda da 70x160'lık pencereler, dükkanlarda 250x250 cm 'lik cam cepheler, tuvalaletlerde 70x50 pencereler bulunmaktadır. Binayı doluluk ve boşluk oranlarını inceleyecek olursak, saydam yüzeyler binanın %30'nu kapsamaktadır.

Bina girişinin üzerindeki saçak, birinci katta balkon olarak düzenlenmiştir. Bina koridorunun bitiminde betonarme yangın merdiveni bulunmaktadır.

Binanın kat yükseklikleri 3m'dir. Bina kabuğu 1. ısı bölgesinde 19 cm' lik tuğla duvar iken, diğer ısı bölgelerinde 19cm tuğla+2cm EPS+9cm tuğla duvar olarak detaylandırılmıştır. Binanın saçak kotu 8.28m' dir. Binaya %30 eğilimli kırma ahşap çatı uygulanmıştır. Çatı örtüsü marsilya tipi kiremittir. Çok karlı bölgelerde %20-25 eğimli trapez alüminyum levhalarla kaplanacaktır. Çatı yalıtımında kullanılan cam yünü 1. ısı bölgesinde 5cm iken diğer ısı bölgelerinde 8cm' dir.

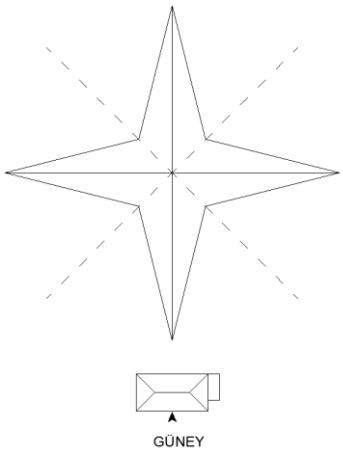


Şekil 3.5 Belediye Hizmet Binası – Ön Görünüş

- **Yönlenişi**

İklimsel veri farklılıklarının, binanın harcadığı enerjiyi nasıl etkilerdiğini ortaya koymak amaçlanmıştır. Bunun için mevcut binanın, farklı iklim bölgelerinde düz bir arazide inşa edildiği ve etrafında yapı olmadığı kabul edilmiştir. Binanın

yönlenişinin de aynı olduğu varsayılmıştır. Giriş kapısının her iklim bölgesi için güney yönünden olduğu kabul edilmiştir.



Şekil 3.6 Belediye Hizmet Binası Yönlenişi

3.3 İç Konfor Koşullarına İlişkin Özelliklerin Belirlenmesi

Uygulamamızda, TS 825' in ön gördüğü ısıtma-soğutma eşik değerleri simulasyon yaptığımız programa aktarılarak belediye binasının iç iklimsel değerleri oluşturulmuştur. Referans binaya ait değerler ve kabuller aşağıda sıralanmıştır.

- Kullanım türü ofis olan binanın, ofis olarak kullanılan zonları tanımlanmıştır. Her zonun kullanım saatleri, amacı, iç mekan sıcaklıkları ayrı ayrı tanımlanmıştır. Örneğin wc, bodrum gibi iklimlendirme yapılmayan ya da iklimlendirme verilerinin farklı olduğu bölgeler ayrılmıştır.
- Isıtma için enerji kaynağı doğalgaz seçilmiştir. Sıcak sulu radyatör sistemi kullanılmıştır. Soğutma sisteminde ise elektrik enerji ile çalışan klimalar tercih edilmiştir. İç iklim verileri, ASHRAE standartları ve TS 825'in ön gördüğü değerlere göre belirlenmiştir. Isıtma dönemi için iç hava sıcaklığı 20°C, ayar ısıtma sıcaklığı 12°C, soğutma döneminde ise iç hava ayar sıcaklığı 24°C, ayar soğutma sıcaklığı 28°C olarak kabul edilmiştir.
- Binanın kullanıcı kişi yoğunluğu odaların metrekarelerine ve kullanıcı niteliğine göre hesaplanmıştır. Kişi sayısı 0,15 kişi/m² ön görülmüştür.

Aktivite tipi hafif ofis işi, aktivite düzeyi 0,90 met, kışlık giysi yalıtım değeri 1,00 clo ve yazlık giysi yalıtım değeri 0,5 clo' dur.

- Ofis içi ısı kazanımlarının sebebi olan bilgisayarlar ve ofis ekipmanları, kullanıcı sayısı ve kullanım saatlerine göre belirlenip simulasyona dahil edilmiştir.
- Aydınlatma için LED kabul edilmiştir. Mekan içi aydınlatma değeri ortalama 400 lüx olduğu varsayılmıştır. Fakat koridor, wc, merdiven gibi alanların aydınlatma değerleri 150 lüx olduğu varsayılmıştır.
- Doğal aydınlatma ve doğal havalandırma açık olarak değerlendirilmiştir.
- Resmi tatil günleri tablo 3.4'de belirtildiği gibi simülasyon programına girilmiştir. Resmi kurumlarda haftasonu çalışılmadığı ve 09.00-17.00 mesai saatleri olduğu belirtilmiştir.

Tablo 3.4 2019 yılı resmi tatil günleri

2019 YILI RESMİ TATİL GÜNLERİ		
TATİL GÜNÜNÜN İSMİ	BAŞLANGIÇ TARİHİ	GÜN SAYISI
Yılbaşı	1.Oca	1
Ulusal Egemenlik Ve Çocuk Bayramı	23.Nis	1
Emek Ve Dayanışma Günü*	1.May	1
Atatürk'ü Anma Gençlik Ve Spor Bayramı	19.May	1
RAMAZAN BAYRAMI Arefesi	3.Haz	0,50
Ramazan Bayramı	4.Haz	3
Demokrasi Ve Milli Birlik Günü*	15.Tem	1
KURBAN BAYRAMI Arefesi	10.Ağu	0,5
Kurban Bayramı	11.Ağu	4
Zafer Bayramı	30.Ağu	1
Cumhuriyet Bayramı	28.Eki	1,5

3.4 Mevcut Yapı Kabuğunun ve Yapı Kabuğu Alternatiflerinin İncelenmesi

Tip belediye hizmet binasının, mevcut yapı kabuğu ve yapı kabuğunun iyileştirilmesine yönelik geliştirilmiş opak ve saydam yüzey alternatifleri için aşağıdaki basamaklar izlenmiştir.

- Optik ve termofiziksel özelliklerinin belirlenmesi
- Enerji yüklerinin hesaplanması ve karşılaştırılması
- Enerji kimlik sınıfının belirlenmesi, ilk yatırım maliyetlerinin ve işletme giderlerinin hesaplanması
- en uygun yapı kabuğu seçeneğinin belirlenmesi

3.4.1 Mevcut Yapı Kabuğu ve Yapı Kabuğu Alternatiflerinin Optik ve Termofiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

3.4.1.1 Mevcut Yapı Kabuğunun Özellikleri

Tip 05.3 Belediye Hizmet Binasının opak ve saydam yüzeylerinin özellikleri aşağıdadır.

- Saydam yüzeyler; 6mm' lik düz çift camlı, 12mm hava dolgulu, yalıtımsız alüminyum doğramalı pencereler olarak belirlenmiştir.
- Opak yüzeyler; 1-2. bölge için yalıtımsız, diğer bölgeler için çift duvar arası yalıtımlı sandviç duvar olarak belirlenmiştir.

Mevcut binanın yapı kabuğunun, çatı ve zemin döşemesinde yapılan yalıtım ve malzeme detaylarının optik ve termofiziksel özellikleri aşağıdaki tablo 3.5'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde yapı kabuğu, zemin döşemesi ve çatı kaplamasının tüm iklim bölgelerinde TS 825'in öngördüğü azami U değerini sağlamadığı görülmektedir.

Tablo 3.5 Mevcut bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri

1-2-3-4. BÖLGE	ZEMİN DÖŞEMESİ	Kalınlık	Birim hacim kütlesi	Isıl iletkenlik hesap değeri	Isı geçirgenlik katsayısı
		d(m)	p(kg/m³)	λ (W/mK)	U (W/m²K)
Mevcut Opak Yüzey	Mermer	0,02	2800	3,5	1,377
	Düzeltme şapı	0,04	1800	1,35	
	Grobeton	0,1	2050	0,52	
	Blokaj	0,15	2050	0,52	

	ÇATI	Kalınlık		Birim hacim kütlesi	Isıl iletkenlik hesap değeri	Isı geçirgenlik katsayısı	
		d(m)		p(kg/m³)	λ (W/mK)	U (W/m²K)	
Mevcut Opak Yüzey	Çatı kaplaması	1-2-3-4.Bölge	0,025	2000	1	1-2.Bölge	0,643
	Ahşap oturtma çatı						
	Cam yünü	1-2.Bölge	0,05	12	0,04		
		3-4.Bölge	0,08	12	0,04	3-4.Bölge	0,434
	Düzeltme şapı	1-2-3-4.Bölge	0,04	1800	1,35		
	Betonarme döşeme	1-2-3-4.Bölge	0,15	2400	2,5		
	Alçı sıva	1-2-3-4.Bölge	0,02	1000	0,4		

1-2-3-4. BÖLGE	SAYDAM YÜZEY	LT	SHGC	Uh	Uf	Birim fiyat
		Gün ışığı geçirgenlik	Güneş enj. geçirgenlik	Isı geçirgenlik	Isı geçirgenlik	(m²/tl) (mt/tl)
Mevcut Saydam Yüzey	Düz cam 6mm AGC Flat Glass P.	0,78	0,63	2,68		
	12mm hava					
	Düz cam 6mm AGC Flat Glass P.					100
	Yalıtımsız Alüminyum doğrama				5,8	160

	OPAK YÜZEY	Kalınlık		Birim hacim kütlesi	Isıl iletkenlik hesap değeri		Isı geçirgenlik katsayısı	Birim fiyat
		d(m)		p(kg/m³)	λ (W/mK)		U (W/m²K)	(m²/TL)
Mevcut Opak Yüzey	Dış sıva	1-2-3-4.Bölge	0,03	1300	0,5	1-2.Bölge	1,976	157
	Tuğla	1-2-3-4.Bölge	0,19	1700	0,84			
	EPS	1-2.Bölge	-	-	-			
		3-4.Bölge	0,02	25	0,035			
	Tuğla	1-2.Bölge	-	-	-	3-4.Bölge	0,848	242
		3.-4.Bölge	0,085	1700	0,84			
	Alçı sıva	1-2-3-4.Bölge	0,02	1000	0,4			

3.4.1.2 Yapı Kabuğu Alternatiflerinin Özellikleri

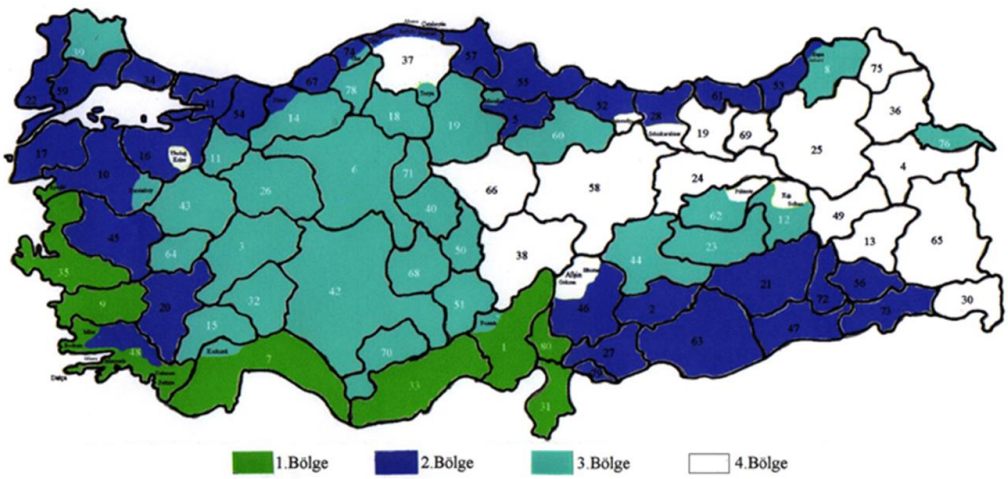
Yapı kabuğunun iyileştirilmesinde aşağıdaki iki tip senaryo geliştirilmiştir.

- Senaryo 1 (O): Opak yüzeylerde yapı kabuğu alternatifleri
- Senaryo 2 (O+S): Opak+Saydam yüzeylerde yapı kabuğu alternatifleri

Opak ve saydam yüzeyler için geliştirilen yapı kabuğu alternatifleri TS 825' in öngördüğü azami U değerleri (tablo 3.6'ya bakınız) dikkate alınarak hazırlanmıştır.

Tablo 3.6 TS 825' e göre Türkiye' deki Farklı İklim Bölgelerindeki Yapıların Azami Kabukları için U Değerleri

İklim Bölgesi	U duvar (W/m²K)	U tavan (W/m²K)	U taban (W/m²K)
1.Bölge	0,70	0,45	0,70
2.Bölge	0,60	0,40	0,60
3.Bölge	0,50	0,30	0,50
4.Bölge	0,40	0,25	0,40



01- ADANA	10- BALIKESİR	19- ÇORUM	28- GİRESUN	37- KASTAMONU	46- K.MARAŞ	55- SAMSUN	64- UŞAK	73- ŞIRNAK
02- ADIYAMAN	11- BİLECİK	20- DENİZLİ	29- GÜMÜŞHANE	38- KAYSERİ	47- MARDİN	56- SİİRT	65- VAN	74- BARTIN
03- AFYON	12- BİNGÖL	21- DİYARBAKIR	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- IĞDIR
05- AMASYA	14- BOLU	23- ELAZIĞ	32- ISPARTA	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- KARABÜK
07- ANTALYA	16- BURSA	25- ERZURUM	34- İSTANBUL	43- KÜTAHYA	52- ORDU	61- TRABZON	70- KARAMAN	79- KİLİS
08- ARTVİN	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 3.7 TS 825' te İklim Bölgelerine göre İllerimiz [51]

- **Zemin ve Çatı Detaylarının Belirlenmesi**

1.-2.-3. bölge için geliştirilen alternatiflerin, zemin döşemesi ve çatı kaplama detayları için aşağıdaki değerler kabul edilmiştir.

Tablo 3.7 Zemin Döşemesi ve Çatı Malzemesi

ZEMİN DÖŞEMESİ	Kalınlık		Birim hacim kütlesi	Isıl iletkenlik hesap değeri	Isı geçirgenlik katsayısı	
	d(m)		p(kg/m³)	λ (W/mK)	U (W/m²K)	
Mermer	1-2-3.Bölge	0,02	2800	3,5	1.bölge	0,641
Düzeltme şapı	1-2-3.Bölge	0,04	1800	1,35		
Taş yünü	1.Bölge	0,03	100	0,036	2.bölge	0,544
	2.Bölge	0,04				
	3.Bölge	0,05			3.bölge	0,473
Grobeton	1-2-3.Bölge	0,1	2050	0,52		
Blokaj	1-2-3.Bölge	0,15	2050	0,52		

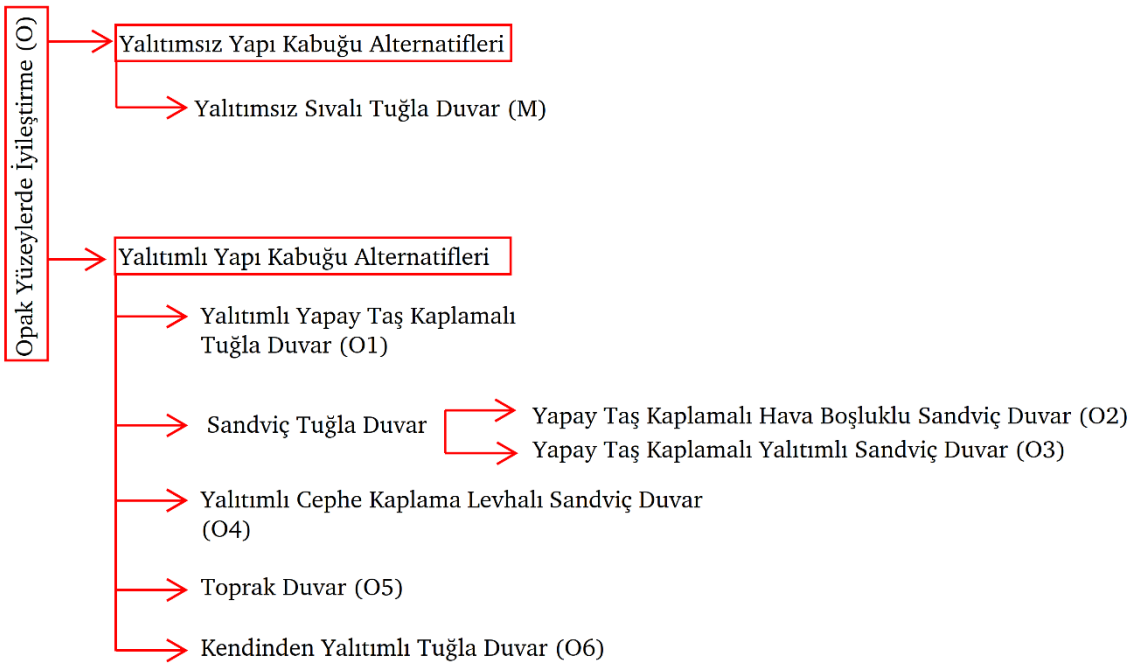
ÇATI	Kalınlık		Birim hacim kütlesi	Isıl iletkenlik hesap değeri	Isı geçirgenlik katsayısı	
	d(m)		p(kg/m³)	λ (W/mK)	U (W/m²K)	
Çatı kaplaması	1-2-3.Bölge	0,025	2000	1	1.bölge	0,445
Ahşap oturtma çatı						
Düzeltme şapı	1-2-3.Bölge	0,04	1800	1,35		
Taş yünü	1.Bölge	0,07	100	0,036	2.bölge	0,396
	2.Bölge	0,08				
	3.Bölge	0,11				
Betonarme döşeme	1-2-3.Bölge	0,15	2400	2,5	3.bölge	0,298
Alçı sıva	1-2-3.Bölge	0,02	1000	0,4		

- **Opak Yüzeylerde İyileştirme İçin Yapı Kabuğu Alternatifleri**

Senaryo 1 (O): Opak yüzeylerde yapı kabuğu kesitleri geliştirilirken;

- piyasada ulaşılabilirliği rahat olan,
- enerji tasarrufu yüksek,
- ilk yatırım ve kullanım maliyetleri düşük,
- uygulama kolaylığı olan malzemeler tercih edilmiş,
- TS 825'deki azami U değerleri dikkate alınmıştır.(O2 alternatifini kapsamamaktadır)

Opak yüzeyler için 4 farklı duvar örgü malzemesi (tuğla, kendinden yalıtımlı tuğla, cephe kaplama levhası, toprak duvar) ve yalıtım malzemesi (taş yünü) ile 6 farklı alternatif üretilmiştir.



Şekil 3.8 Enerji Etkin Opak Yüzey Yapı Kabuğu Alternatifleri

Geliştirilen opak yüzey alternatiflerinin özellikleri aşağıdaki tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8 Geliştirilen Opak Yüzey Alternatifleri

	OPAK YÜZEY	Kalınlık		Birim hacim kütlesi	Isıl iletkenlik hesap değeri	Isı bölgesi	Isı geçirgenlik katsayısı	Birim fiyat
		d(m)		p(kg/m³)	λ (W/mK)		U (W/m²K)	(m²/TL)
O1	Yapay taş kaplama	1-2-3.Bölge	0,01	1750	1,3	1.Bölge	0,639	310
	Taş yünü	1.Bölge	0,04	100	0,036			
		2.Bölge	0,05			2.Bölge	0,543	312
		3.Bölge	0,06					
	Tuğla	1-2-3.Bölge	0,19	1700	0,84	3.Bölge	0,472	316
	Alçı sıva	1-2-3.Bölge	0,02	1000	0,4			

	OPAK YÜZEY	Kalınlık		Birim hacim kütlesi	Isıl iletkenlik hesap değeri	Isı geçirgenlik katsayısı	Birim fiyat
		d(m)		p(kg/m³)	λ (W/mK)	U (W/m²K)	(m²/TL)
O2	Yapay taş kaplama	1-2-3.Bölge	0,01	1750	1,3	1,372	310
	Tuğla		0,135	1700	0,84		
	Hava		0,03				
	Tuğla		0,135	1700	0,84		
	Alçı sıva		0,02	1000	0,4		

	OPAK YÜZEY	Kalınlık		Birim hacim kütlesi	Isıl iletkenlik hesap değeri	Isı bölgesi	Isı geçirgenlik katsayısı	Birim fiyat
		d(m)		p(kg/m³)	λ (W/mK)		U (W/m²K)	(m²/TL)
O3	Yapay taş kaplama		0,01	1750	1,3	1.Bölge	0,625	355
	Tuğla		0,135	1700	0,84			
	Taş yünü	1.Bölge	0,04	100	0,036	2.Bölge	0,532	360
		2.Bölge	0,05	100	0,036			
		3.Bölge	0,06	100	0,036	3.Bölge	0,464	363
	Tuğla		0,085	1700	0,84			
	Alçı sıva		0,02	1000	0,4			

Tablo 3.8 Geliştirilen Opak Yüzey Alternatifleri (devam)

	OPAK YÜZEY	Kalınlık		Birim hacim kütlesi	Isıl iletkenlik hesap değeri	Isı bölgesi	Isı geçirgenlik katsayısı	Birim fiyat
		d(m)		p(kg/m³)	λ (W/mK)		U (W/m²K)	(m²/TL)
O4	Dış sıva		0,03	1300	0,5	1.Bölge	0,671	300
	Dış cephe kap.levhası		0,0125	1000	0,25			
	Taş yünü	1.Bölge	0,04	100	0,036	2.Bölge	0,565	303
		2.Bölge	0,05					
		3.Bölge	0,06					
	Dış cephe kap. levhası		0,0125	1000	0,035	3.Bölge	0,489	305
	Alçı sıva		0,02	1000	0,4			

	OPAK YÜZEY	Kalınlık		Birim hacim kütlesi	Isıl iletkenlik hesap değeri	Isı geçirgenlik katsayısı	Birim fiyat
		d(m)		p(kg/m³)	λ (W/mK)	U (W/m²K)	(m²/TL)
O5	Toprak duvar	1-2-3.Bölge	0,5	1550	0,25	0,461	-

	OPAK YÜZEY	Kalınlık		Birim hacim kütlesi	Isıl iletkenlik hesap değeri	Isı bölgesi	Isı geçirgenlik katsayısı	Birim fiyat
		d(m)		p(kg/m³)	λ (W/mK)		U (W/m²K)	(m²/TL)
O6	Dış sıva		0,03	1300	0,5	1-2. Bölge	0,534	220
	Yalıtımlı tuğla	1-2.Bölge	0,15	576	0,094			
		3.Bölge	0,2	602	0,075			
	Alçı sıva		0,02	1000	0,4	3.Bölge	0,416	235

Tablo 3.8'de geliştirilen yapı kabuğu alternatiflerinin maliyetlerine bakıldığında; O1, O2, O3 alternatifleri: Günümüzün mimari estetik yaklaşımıyla, mekanik askı sistemi kullanılarak dış cephesi yapay taş kaplanmıştır. Mekanik askı sistemi pahalı bir uygulama olduğundan bu alternatiflerin birim fiyatları diğer alternatiflere göre yüksek çıkmıştır.

O4 alternatifi: Cephe kaplama levhaları, galvaniz iskelet sistemi ile taşıtıldığından dolayı birim maliyeti yüksektir.

O5 alternatifi: Toprak duvar fabrikasyon olmadığından maliyeti belirtilememiştir.
O6 alternatifi: Kendinden yalıtımlı tuğla duvar oluşturulurken taşıyıcı iskelet sistemi gerekmediğinden ve cephe kaplama malzemesi kullanılmadığından yapım maliyeti diğer alternatiflere oranla düşük seviyede kalmıştır.

Tablo 3.8'de geliştirilen yapı kabuğu alternatiflerinin simulasyonunda saydam yüzey malzemesi olarak; yalıtımsız 70mm kalınlığında alüminyum doğramalı, 12mm hava dolgulu, 6mm'lik düz çift camlı pencere tanımlanmıştır.

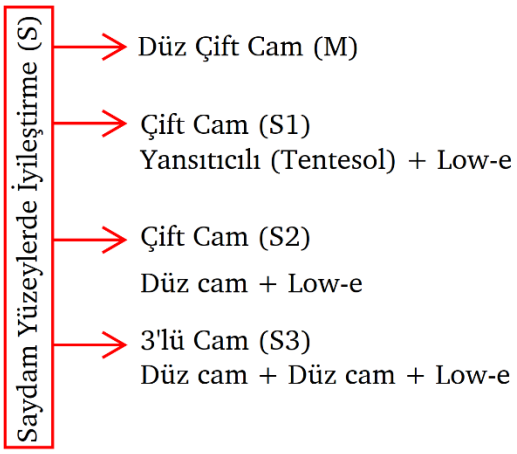
- **Saydam Yüzeylerde İyileştirme İçin Yapı Kabuğu Alternatifleri**

Senaryo 2 (O+S): Opak yüzeyler için geliştirilen yapı kabuğu kesitlerine ilave olarak saydam yüzeyler için enerji etkin alternatifler oluşturulmuştur. Cam tercihlemizi yaparken;

- piyasada ulaşılabilirliği rahat olan,
- enerji tasarrufu yüksek,
- ilk yatırım ve kullanım maliyetleri düşük,
- uygulama kolaylığı olan malzemeler olmasına dikkat edilmiştir.

Tüm saydam yüzey alternatiflerinde 70mm kalığında, ısı yalıtımlı alüminyum doğrama kullanılmıştır.

Aşağıdaki şekil 3.9'da saydam yüzeyler için geliştirilen üç farklı alternatif verilmiştir.



Şekil 3.9 Enerji Etkin Saydam Yüzey Yapı Kabuğu Alternatifleri

Tablo 3.9 Saydam Bileşen Alternatifleri

1-2-3-4 BÖLGE	Güneş denetimi penceresi	LT Gün ışığı geçirgenlik	SHGC Güneş enj.toplam geçirgenlik	Uh Isı geçirgenlik katsayısı	Uf Isı geçirgenlik katsayısı	Birim fiyat (m²/tl) (mt/tl)
S1	Tentesol yeşil(Reflektif)6mm	0,28	0,14	1,3		
	16mm hava					
	Low-E Cam 6mm					165
	Yalıtımlı Alüminyum doğrama				2,1	170

1-2-3-4. BÖLGE	Pasif ısıtma, Isı korunumu	LT Gün ışığı geçirgenlik	SHGC Güneş enj.toplam geçirgenlik	Uh Isı geçirgenlik katsayısı	Uf Isı geçirgenlik katsayısı	Birim fiyat (m²/tl) (mt/tl)
S2	Renksiz Düzcam 6mm	0,78	0,5	1,3		
	16mm hava					
	Low-E Cam 6mm					130
	Yalıtımlı Alüminyum doğrama				2,1	170

1-2-3-4. BÖLGE	Enerji korunumlu, yüksek ısı yalıtımlı	LT Gün ışığı geçirgenlik	SHGC Güneş enj. toplam geçirgenlik	Uh Isı geçirgenlik katsayısı	Uf Isı geçirgenlik katsayısı	Birim fiyat (m²/tl) (mt/tl)
S3	Renksiz Düzcam 4mm	0,72	0,46	1		
	16mm hava					
	Renksiz Düzcam 4mm					
	16mm hava					
	Low-E Cam 4mm					230
	Yalıtımlı Alüminyum doğrama				2,1	170

Tablo 3.6'da geliştirilen saydam yapı kabuğu alternatiflerinin maliyetlerine bakıldığında;

S2: Düz cam+Low-e camın kombinasyonu ile oluşturulan pencere en ekonomik alternatiftir.

S3: Düz cam+düz cam+Low-e camın kombinasyonunda, üç cam kullanıldığı için maliyeti en yüksek alternatiftir.

3.4.2 Mevcut Yapının ve Yapı Kabuğu Alternatifleriyle Oluşturulan Yapıların Enerji Yüklerinin Hesaplanması

Mevcut yapı kabuğunun ve yapı kabuğu alternatifleriyle oluşturulan yapıların enerji yüklerinin hesaplanmasında izlenen adımlar aşağıda sıralanmıştır.

- Yapının harcadığı toplam yıllık enerji giderlerinin hesaplanması
- Yıllık metrekareye düşen enerji giderlerinin belirlenmesi
- Yıllık enerji giderlerinin maliyetinin hesaplanması:

  Yıllık enerji yüklerinin elektrik ve doğalgaz birim fiyatları ile çarpılarak toplam enerji gideri(TL) hesaplanmıştır. Farklı iklim bölgeleri için birim fiyatların aynı olduğu varsayılmıştır. Tablo 3.10 ve tablo 3.11'de elektrik birim fiyatının doğalgazınkinin yaklaşık 5 katı olduğu görülmektedir.

Tablo 3.10 Doğalgaz Satış ve Sistem Kullanım Bedeli Fiyat Bildirim Tablosu [52]

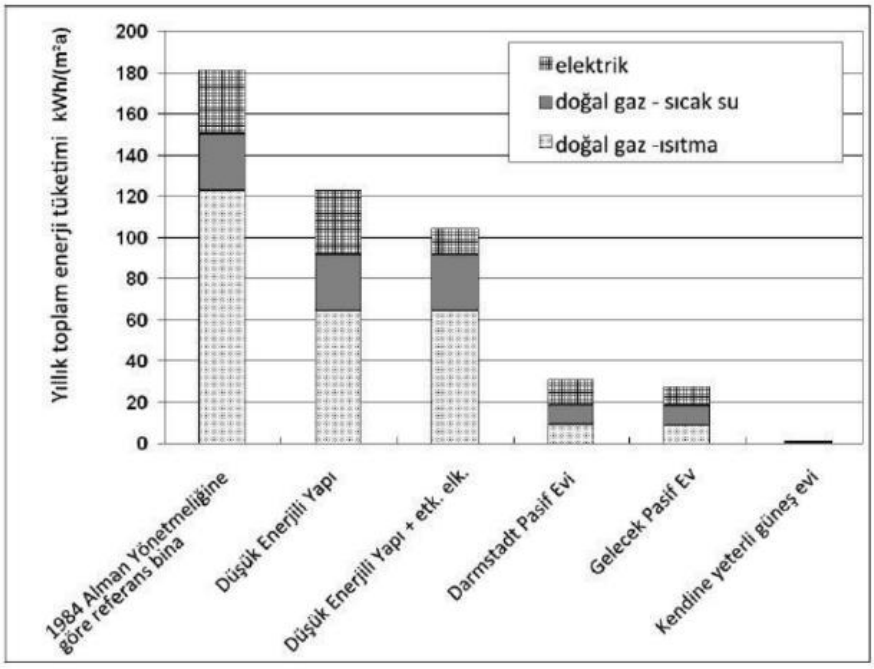
Doğalgaz satış ve sistem kullanım bedeli fiyat bildirim tablosu (TL KDV hariç / kWh)	
0-100.000 (0,023 TL ÖTV dahil)	0,128

Tablo 3.11 Elektrik Bedeli Fiyat Bildirim Tablosu [53]

Elektrik	dağıtım bedeli birim fiyatı (TL KDV hariç /kWh)	birim enerji fiyatı (TL KDV hariç /kWh)	toplam
Ticarethane	0,157	0,415	0,572

- Düşük enerjili yapı sınıfına dahil olup olmadığının belirlenmesi:

  Şekil 3.10' de görüldüğü üzere düşük enerjili yapılarda yıllık enerji tüketimi ortalama 120kwh/m²-yıl' dır. Bu değer elektrik ve doğalgaz (sıcak su ve ısıtma) enerjisinin toplamıdır. Belediye binalarının kullanım özellikleri dikkate alınarak, düşük enerjili yapının enerji hesaplamasını yaparsak; sıcak su kullanımının normal konut yapılarına oranla düşük seviyede kalacağı öngörülmektedir. Şekil 3.10'de "doğalgaz_ sıcak su" giderlerini hesaba katmazsak yıllık enerji tüketiminin ortalama 95 kwh/m²-yıl olduğu görülmektedir. Uygulamamızda, geliştirilen yapı kabuğu alternatiflerinde sıcak su kaynağı olarak doğalgaz seçilmiştir ve sadece tuvalatlerde kullanılmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında konutlarda 120 kwh/m²-yıl olan yıllık enerji tüketiminin, kamu yapısı için %15 oranında düşeceği öngörülerek ortalama 105 kwh/m²-yıl'ın altında kalan alternatifler, düşük enerjili yapı sınıfında yeraldığı kabulü yapılmıştır.



Şekil 3.10 Yapı Sınıflamaları ve Enerji Tüketim Sınırları [54]

3.4.2.1 Mevcut Yapının Enerji Yüklerinin Hesaplanması

Farklı iklim bölgelerinde yapı kabuğunun enerji etkin iyileştirmesine yönelik yaklaşımımızda; örnek yapımız belediye binası tip projesinin yapı kabuğu, projesinde belirtilen malzemelere ve kalınlıklara sadık kalınarak yıllık enerji giderleri hesaplanmıştır. İzmir, İstanbul ve Ankara için mevcut binanın yıllık enerji giderleri tablo 3.12'da belirtilmiştir.

Tablo 3.12 Mevcut Binanın Yıllık Enerji Giderleri

MEVCUT BİNA	AYDINLATMA (kWh)	SOĞUTMA (kWh)	ISITMA (kWh)	TOPLAM (kWh)
İzmir	7911,24	16289,3	5762,2	37128,97
İstanbul	8043,48	14459,14	13344,04	43012,89
Ankara	7895,08	6829,82	18574,81	40198,65

Örnek olarak İstanbul'u inceleyecek olursak;

- Isıtma için enerji kaynağı doğalgaz seçilmiştir.

İstanbul için toplam ısıtma yükü 13344,04 kWh ' tır.

Yıllık ortama ısıtma maliyeti(TL): 13344,04 x 0,128=1708,03 TL 'dir.

- Aydınlatma ve soğutma için enerji kaynağı olarak elektrik kullanılmıştır.

İstanbul için toplam elektrik yükü: 8043,48+14459,14=22502,62 kWh ' tır.

Yıllık ortama elektrik maliyeti(TL): Aydınlatma için 8043,48 x 0,572=4600,87 TL,

Soğutma için 14459,14 x 0,572=8270,62 TL

Toplam 22502,62 x 0,572=12871,49 TL 'dir.

İstanbul'da ısıtma ve soğutma için harcanan enerjinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Mali açıdan bakılırsa; elektrik birim ücretlerinin pahalı olmasından dolayı, soğutma için ödenen ücret ısıtmanınkinin yaklaşık 5 katı kadardır.

Ekonomik çözümler sunan alternatifler üretmek için elektrik giderlerinin minumuma düşürülmesi hedeflenmelidir. Elektrik enerjinin kaynak olarak kullanıldığı soğutma işlemine olan ihtiyacın en aza indirgenmesi gerekmektedir.

3.4.2.2 Yapı Kabuğu Alternatifleriyle Oluşturulan Yapıların Enerji Yüklerinin Hesaplanması

Enerji etkin iyileştirmede, opak ve saydam bileşenler için geliştirilen alternatiflerin binanın ısıtma, soğutma ve aydınlatma yüklerine etkisini görebilmek için binanın enerji performansını etkileyen diğer sistemler sabit tutulmuştur. Bunlar;

- ısıtma-soğutma sistemleri,
- kullanıcı sayısı,
- iç kazançlar vb. parametrelerdir.

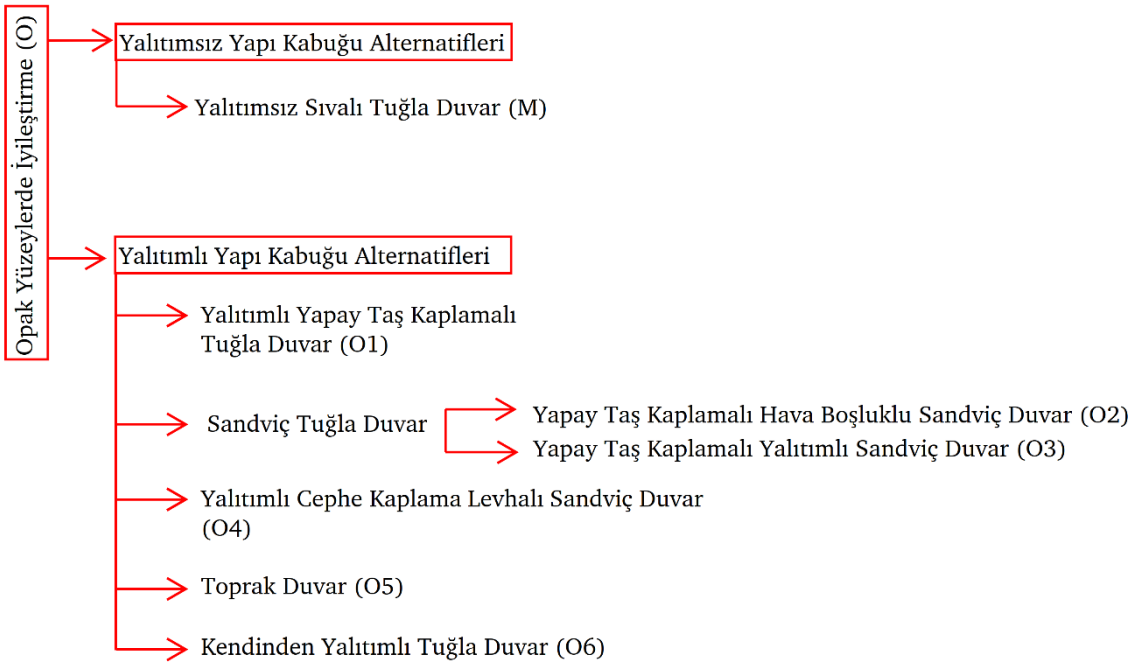
Çalışmanın amacı, yeni inşa edilecek belediye hizmet binası tip projelerinin daha tasarım aşamasındayken verilecek doğru kararlarla, enerji ve maliyet etkinliği açısından optimum performans göstermesidir.

- **Opak Yüzeylerde İyileştirme Alternatiflerinin Enerji Yüklerinin Hesaplanması**

Senaryo 1 : (O) Sadece opak yüzeylerde yapılan iyileştirmeleri kapsamaktadır.

Tuğla, cephe kaplama levhası, kendinden yalıtımlı tuğla, toprak ve taşyünü gibi yapı malzemeleri kullanılarak altı farklı yapı kabuğu alternatifi geliştirilmiştir.

Enerji etkin opak yüzey yapı kabuğu tasarım alternatiflerinin şematik gösterimi şekil 3.11’de verilmiştir.



Şekil 3.11 Enerji Etkin Opak Yüzey Yapı Kabuğu Tasarım Alternatifleri

Elektronik cihazların tükettiği enerji miktarı tüm alternatifler için aynı olduğundan kıyaslamaya dahil edilmemiştir.

Aydınlatma için harcanan enerji yüklerine bakıldığında, bina kabuğu alternatiflerinde belirgin bir fark bulunmamaktadır. Çünkü yapıda kullanılan cam türü (Saydam yüzey malzemesi olarak; yalıtımsız 70mm kalınlığında alüminyum doğramalı, 12mm hava dolgulu, 6mm'lik düz çift camlı pencere tanımlanmıştır) değiştirilmemiştir. Dolayısıyla yapının penceresinden içeriye girerek ortamın aydınlık düzeyini etkileyen; gün ışığı geçirgenliği, gün ışığını dışa yansıtma, gün ışığını içe yansıtma gibi cama ait değerlerin tüm alternatiflerde aynı olması aydınlık düzeylerinin yakın olmasına dolayısıyla kıyaslamada etkin rol oynamamasına sebep olmuştur.

İzmir için bina kabuğunun opak yüzey alternatiflerinin yıllık birim alana düşen enerji analizi tablo 3.10'da; İstanbul ve Ankara için tablo 3.11'de verilmiştir.

Tablo 3.13 Bina Kabuğunun Opak Yüzey Alternatiflerinin Yıllık Birim Alana Düşen Enerji Analizi - İzmir

İZMİR	AYDINLATMA (kWh/m²-yıl)	SOĞUTMA (kWh/m²-yıl)	ISITMA (kWh/m²-yıl)	TOPLAM (kWh/m²-yıl)
M	21,20	43,45	15,37	99,14
O1	21,10	50,44	8,70	99,34
O2	21,22	50,16	12,15	102,59
O3	21,15	50,81	8,82	99,86
O4	20,87	48,81	9,17	98,04
O5	21,59	52,88	8,21	101,62
O6	21,02	49,32	8,47	97,95

Tablo 3.14 Bina Kabuğunun Opak Yüzey Alternatiflerine Göre Birim Alana Düşen Enerji Analizi - İstanbul

İSTANBUL	AYDINLATMA (kWh/m²-yıl)	SOĞUTMA (kWh/m²-yıl)	ISITMA (kWh/m²-yıl)	TOPLAM (kWh/m²-yıl)
M	21,46	38,57	35,59	114,74
O1	21,45	46,61	23,17	110,33
O2	21,56	45,27	31,59	117,48
O3	21,50	46,85	23,60	111,03
O4	21,22	45,36	22,48	108,25
O5	21,93	48,60	23,33	112,80
O6	21,36	45,37	22,76	108,63

Tablo 3.15 Bina Kabuğunun Opak Yüzey Alternatiflerine Göre Birim Alana Düşen Enerji Analizi – Ankara

ANKARA	AYDINLATMA (kWh/m²-yıl)	SOĞUTMA (kWh/m²-yıl)	ISITMA (kWh/m²-yıl)	TOPLAM (kWh/m²-yıl)
M	21,80	18,86	51,28	110,99
O1	21,56	27,97	43,24	111,86
O2	21,65	26,47	57,98	125,19
O3	21,62	28,17	43,43	112,29
O4	21,33	27,06	41,56	109,13
O5	22,01	29,20	44,88	115,03
O6	21,53	27,56	41,60	109,80

Değerlendirme:

Sadece opak alan iyileştirmeleri için;

- İzmir'deki tüm alternatifler (mevcut yapı dahil), yıllık enerji tüketimi açısından 105 kwh/m²-yıl'ın altında kalarak düşük enerjili bina sınıfındadır. Sonuç olarak, yapının opak cephesinde yalıtım yapılmaksızın iyi bir çatı yalıtımıyla düşük enerjili yapı oluşturmak mümkündür.
- İstanbul ve Ankara için mevcut yapı ve geliştirilen tüm alternatiflerin yıllık enerji tüketimi 105 kwh/m²-yıl' ın üzerinde kalarak düşük enerjili yapı sınıfında yer alamamıştır.
- Tüm illerimizde geliştirilen opak yüzey cephe alternatiflerinin hepsinde ısıtma yükü değerleri düşmüştür ancak soğutma yüklerinde artış olmuştur (Yalıtımsız olarak geliştirilen O2 alternatifi dışında). Çünkü yalıtımlı duvarların ısı tutuculuğundan dolayı iç mekanda ısı birikimi olmuştur.

- Elektrik birim fiyatlarının doğalgazın beş katı kadar olduğu düşünülürse, soğutma yükünün artması mali açıdan olumsuz bir durumdur. Sadece opak yüzeylerde yapılan yalıtımın ekonomik bir çözüm sunmadığı görülmektedir. Bunun için saydam yüzeylerde yapılan iyileştirmeler ve doğal havalandırmalarla soğutma giderlerinin azaltılması gerekmektedir.
- Yıllık toplam enerji tüketimi açısından bakıldığında opak yüzeylerde yapılan iyileştirmelerle, etkin bir verimlilik sağlanamamıştır.
- Yıllık enerji tüketimi bakımından en iyi performansı gösteren alternatifler;
    - O4 (yalitimli cephe kaplama levhali sandviç duvar),
    - O6 (kendinden yalıtımlı tuğla) 'dir.

- **Opak+Saydam Yüzeylerde İyileştirme Alternatiflerinin Enerji Yüklerinin Hesaplanması**

Senaryo 2 : (O+S) Opak yüzeylerde yapılan iyileştirmelere ek olarak saydam yüzeylerde yapılan iyileştirmeleri kapsamaktadır.

Mevcut yapıda kullanılan düz çift cam yerine 3 farklı cam alternatifi oluşturulmuştur. Bu saydam yüzey alternatifleriyle daha önce geliştirilen altı opak yüzey alternatifinin kombinasyonu ile onsekiz farklı olasılık oluşturulmuştur.



Şekil 3.12 Enerji Etkin Opak+Saydam Yüzey Yapı Kabuğu Alternatifleri

İzmir' deki alternatifler için;

Tablo 3.16 Opak+Saydam Yüzey Alternatiflerine Göre Birim Alana Düşen Yıllık Enerji Analizi - İzmir

İZMİR	AYDINLATMA (kWh/m²-yıl)	SOĞUTMA (kWh/m²-yıl)	ISITMA (kWh/m²-yıl)	TOPLAM (kWh/m²-yıl)
M	21,20	43,45	15,37	99,14
O1+S1	25,23	32,08	14,91	91,32
O1+S2	21,11	40,22	10,08	90,51
O1+S3	21,21	39,04	10,21	89,56
O2+S1	25,34	33,54	19,15	97,09
O2+S2	21,23	40,81	14,03	95,13
O2+S3	21,33	39,73	14,22	94,34
O3+S1	25,27	32,33	15,06	91,74
O3+S2	21,17	40,58	10,2	91,03
O3+S3	21,26	39,38	10,33	90,05
O4+S1	25	31,56	14,76	90,51
O4+S2	20,88	39,16	10,46	89,69
O4+S3	20,97	38,06	10,58	88,8
O5+S1	25,98	32,42	14,65	91,99
O5+S2	21,61	41,49	9,53	91,57
O5+S3	21,71	40,17	9,65	90,47
O6+S1	25,29	31,3	14,29	90,02
O6+S2	21,03	39,21	9,74	89,12
O6+S3	21,13	38,02	9,86	88,15

İstanbul' daki alternatifler için;

Tablo 3.17 Opak+Saydam Yüzey Alternatiflerine Göre Birim Alana Düşen Yıllık Enerji Analizi – İstanbul

İSTANBUL	AYDINLATMA (kWh/m²-yıl)	SOĞUTMA (kWh/m²-yıl)	ISITMA (kWh/m²-yıl)	TOPLAM (kWh/m²-yıl)
M	21,46	38,57	35,59	114,74
O1+S1	25,06	25,56	28,48	98,20
O1+S2	21,47	36,02	23,91	100,5
O1+S3	21,57	34,7	23,78	99,15
O2+S1	25,16	26,53	37,31	108,06
O2+S2	21,57	35,62	32,74	108,99
O2+S3	21,67	34,46	32,68	107,87
O3+S1	25,11	25,68	28,85	98,72
O3+S2	21,52	36,2	24,3	101,1
O3+S3	21,62	34,89	24,15	99,74
O4+S1	24,84	25,39	27,1	96,52
O4+S2	21,23	35,24	23,11	98,77
O4+S3	21,34	33,99	22,98	97,5
O5+S1	25,77	25,79	29,19	99,69
O5+S2	21,95	37,13	24,13	102,15
O5+S3	22,06	35,72	23,98	100,7
O6+S1	25,70	23,25	27,59	95,68
O6+S2	21,37	34,98	23,44	98,93
O6+S3	21,48	33,72	23,31	97,65

Ankarada' daki alternatifler için;

Tablo 3.18 Opak+Saydam Yüzey Alternatiflerine Göre Birim Alana Düşen Yıllık Enerji Analizi – Ankara

ANKARA	AYDINLATMA (kWh/m²-yıl)	SOĞUTMA (kWh/m²-yıl)	ISITMA (kWh/m²-yıl)	TOPLAM (kWh/m²-yıl)
M	21,80	18,86	51,28	110,99
O1+S1	24,92	12,03	53,94	109,98
O1+S2	21,58	19,67	45,31	105,65
O1+S3	21,67	18,73	45,12	104,61
O2+S1	25	12,67	69,23	125,99
O2+S2	21,66	19,11	60,77	120,6
O2+S3	21,75	18,31	60,73	119,85
O3+S1	24,97	12,16	54,07	110,27
O3+S2	21,63	19,83	45,44	105,97
O3+S3	21,72	18,92	45,24	104,95
O4+S1	24,7	12,04	51,36	107,28
O4+S2	21,34	19,23	43,51	103,26
O4+S3	21,43	18,35	43,34	102,3
O5+S1	25,6	12,14	56,4	113,08
O5+S2	22,03	20,26	47,11	108,34
O5+S3	22,12	19,27	46,91	107,24
O6+S1	25,01	11,83	51,97	107,92
O6+S2	21,55	19,33	43,6	103,59
O6+S3	21,64	18,42	43,42	102,59

Değerlendirme:

Tablo 3.16'da pilot illerimizde geliştirilen alternatiflerin birim alana düşen yıllık enerji aralığı belirtilmiştir. Birim alana düşen yıllık enerji tüketimi 105 kwh/m²-yıl'ın altında olan yapılar düşük enerjili yapı olarak kabul edilmiştir.

Tablo 3.19 Birim alana düşen yıllık enerji analizi

	Birim alana düşen yıllık enerji miktarları (kwh/m²-yıl)	Düşük enerjili yapı sınıfında yer alan alternatifler (max:105 kwh/m²-yıl)
İzmir	88,15 kwh/m²-yıl - 97,09 kwh/m²-yıl	Geliştirilen tüm alternatifler
İstanbul	95,68 kwh/m²-yıl - 108,99 kwh/m²-yıl	O2 seçeneğiyle oluşturulan alternatiflerin dışında kalan tüm alternatifler
Ankara	102,3 kwh/m²-yıl - 125,99 kwh/m²-yıl	O1+S3, O3+S3, O4+S2, O4+S3, O6+S2, O6+S3 alternatifleri

- Toplam harcanan yıllık enerji bakımından; İzmir ve İstanbul'da geliştirilen tüm alternatiflerde tasarrufa gidilmiştir. Ankara'daki mevcut yapı Bayındırlığın tip projesine göre duvarları yalıtımlı olduğundan O5+S1 ve O2 ile oluşturulan seçeneklerinlerin dışında kalan tüm alternatiflerde tasarrufa gidilmiştir.
- Aydınlatma enerjisi için; S1 (yansıtıcılı+low-e çift cam) alternatifi ile oluşturulan kombinasyonların enerji giderlerinde artış görülmektedir. Bunun nedeni reflekte camların doğal ışık geçirgenliğinin düşük olmasıdır. Yeterli iç konfor koşullarını sağlayabilmek için yapay aydınlatma değerinde artış olmuştur. S2 (düzcam+low-e) ve S3 (üçlü cam: düzcam+düzcam+low-e) alternatifleri ile oluşturulan kombinasyonların, aydınlatma için harcadığı enerjide etkin bir farklılık görülmemektedir. Çünkü mevcut yapıda da düz cam kullanılmıştır. Bundan dolayı iç ortama giren gün ışığı değerleri birbirine yakındır. Toplam enerji giderleri bakımından en verimli seçenekler sırasıyla S3, S2, S1 tipi camlarla oluşturulmuştur.
- Isıtma enerjisi bakımından; İzmir ve İstanbul'da O2+S1 alternatifi (sıvalı hava boşluklu sandviç tuğla duvar ve yansıtıcılı +low-e çift cam) dışında kalan tüm alternatiflerde düşüş yaşanmıştır. O2 alternatifinde, yalıtım için

sadece hava boşluğu kullanılmıştır bu da yeterli olmamıştır. Ankara'da S1 (çift cam yansıtıcılı +low-e) ve O2 seçenekleri ile oluşturulan alternatiflerde ısıtma enerji artmıştır. Çünkü S1 seçeneği ile yapılan kombinasyonda güneş ısısının iç ortama girişi azalmıştır bu durum ısıtma giderlerini arttırmıştır.

- Soğutma enerjisi için, İzmir ve İstanbul'daki tüm alternatiflerde düşüş yaşanmıştır. Saydam yüzeylerde yapılan iyileştirmelerle güneşin istenmeyen enerjisinin iç ortama girişi kontrol altına alınmıştır. Ankara'da ise S1 seçeneği ile oluşturulan alternatiflerde soğutma enerjisi düşerken diğer tüm alternatiflerde etkin bir değişiklik olmamıştır.

Tablo 3.20'de pilot illerimizde yıllık enerji tüketimi bakımından en iyi performansı gösteren alternatifler sıralanmıştır.

Tablo 3.20 Yıllık enerji tüketimi bakımından en iyi performansı gösteren alternatifler

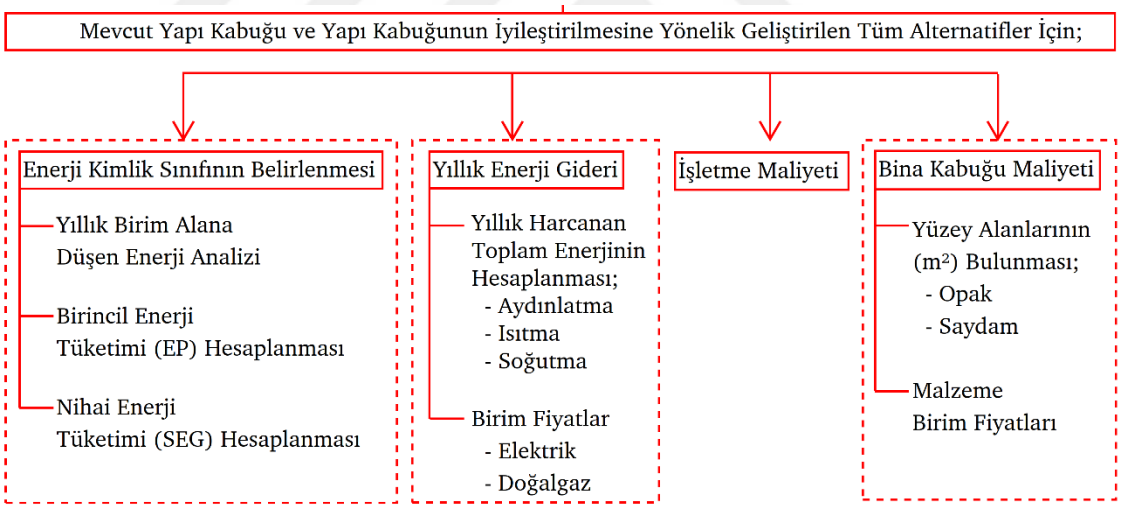
	Yıllık enerji tüketimi bakımından en iyi performansı gösteren alternatifler
İzmir	O6+S3 (kendinden yalıtımlı tuğla ve 3'lü cam)
	O4+S3 (yalıtımlı cephe kaplama levhali sandviç duvar ve 3'lü cam)
	O6+S2 (kendinden yalıtımlı tuğla ve düzcam+low-e)
İstanbul	O6+S1 (kendinden yalıtımlı tuğla ve yansıtıcılı cam+low-e)
	O4+S1 (yalıtımlı cephe kaplama levhalı sandviç duvar ve yansıtıcılı cam+low-e)
	O4+S3 (yalıtımlı cephe kaplama levhalı sandviç duvar ve 3'lü cam)
Ankara	O4+S3 (yalıtımlı cephe kaplama levhalı sandviç duvar ve 3'lü cam)
	O6+S3 (kendinden yalıtımlı tuğla ve 3'lü cam)
	O4+S2 (yalıtımlı cephe kaplama levhalı sandviç duvar ve düzcam+low-e)

3.4.3 Mevcut Yapının ve Yapı Kabuğu Alternatifleriyle Oluşturulan Yapıların Enerji Kimlik Sınıfının Belirlenmesi, Yatırım Maliyetinin ve İşletme Giderlerinin Hesaplanması

Mevcut yapı kabuğunun ve yapı kabuğu alternatiflerinin enerji kimlik sınıfı ve enerji giderlerinin hesaplanmasında izlenen adımlar aşağıda sıralanmıştır.

- Enerji kimlik sınıfının bulunması: EP, SEG sınıfı
- Yapı kabuğunun maliyet hesabı: Proje üzerinden yapının opak ve saydam alanları çıkarılmıştır. Metrajları belirlenen yüzeylerin, güncel piyasa tabanlı birim fiyatları kullanılarak yaklaşık maliyetler hesaplanmıştır.
- Yapı kabuğunun maliyeti+40 yıllık enerji harcaması

Mevcut yapının ve geliştirilen yapı kabuğu alternatifleriyle oluşturulan yapıların enerji yüklerinin hesaplanmasında izlenilen adımlar şekil 3.13'da akış olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.13 Mevcut Yapının ve Geliştirilen Yapı Kabuğu Alternatifleriyle Oluşturulan Yapıların Enerji Yüklerinin Hesaplanmasında İzlenilen Adımlar

3.4.3.1 Mevcut Yapı

İzmir, İstanbul ve Ankara'daki mevcut binanın yıllık metrekareye düşen enerji giderleri tablo 3.21 görülmektedir.

Tablo 3.21 Mevcut Binanın Yıllık Metrekareye Düşen Enerji Giderleri

MEVCUT BİNA	AYDINLATMA (kWh/m²-yıl)	SOĞUTMA (kWh/m²-yıl)	ISITMA (kWh/m²-yıl)	TOPLAM (kWh/m²-yıl)
İzmir	21,20	43,45	15,37	99,14
İstanbul	21,46	38,57	35,59	114,74
Ankara	21,73	24,10	49,06	113,94

Birim alana düşen enerji yükleri (aydınlatma, soğutma, ısıtma, sıcak su) ile ekte sunulmuş olan Enerji Performas Yönetmenliğinde verilen dönüşüm katsayıları (tablo A-1) çarpılarak; EP ve SEG sınıfları hesaplanır.

İzmir;

$$EP = (\text{aydınlatma} + \text{soğutma}) \times 3{,}31 + \text{ısıtma} \times 1{,}36$$

$$EP = (21{,}20 + 43{,}45) \times 3{,}31 + 15{,}37 \times 1{,}36 = 234{,}89 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl}$$

$$SEG = (\text{aydınlatma} + \text{soğutma}) \times 0{,}617 + \text{ısıtma} \times 0{,}234$$

$$SEG = (21{,}20 + 43{,}45) \times 0{,}617 + 15{,}37 \times 0{,}234 = 43{,}49 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl}$$

İstanbul;

$$EP = (21{,}46 + 38{,}57) \times 3{,}31 + 35{,}59 \times 1{,}36 = 247{,}10 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl}$$

$$SEG = (21{,}46 + 38{,}57) \times 0{,}617 + 35{,}59 \times 0{,}234 = 45{,}37 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl}$$

Ankara;

$$EP = (21{,}73 + 24{,}10) \times 3{,}31 + 49{,}06 \times 1{,}36 = 218{,}42 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl}$$

$$SEG = (21{,}73 + 24{,}10) \times 0{,}617 + 49{,}06 \times 0{,}234 = 39{,}76 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl}$$

İllere göre verilen RG değerleri tablo 3.22'de, SEG değeri tablo 3.23'de 1.sütunda çarpan olarak kullanılarak illere göre enerji sınıfı sınır değerleri oluşturulmuştur.

Tablo 3.22 Birincil Enerji Cinsinden Enerji Performansı Göstergesi

Enerji Sınıfı	Birincil Enerji Tüketimlerine Göre Enerji Sınıfı Endeksi EP(kWh/m²-yıl)	1.ISITMA BÖLGESİ (İZMİR) RG=240	2.ISITMA BÖLGESİ (İSTANBUL) RG=300	3.ISITMA BÖLGESİ (ANKARA) RG=360
A	EP<0,4*RG	EP<96	EP<120	EP<144
B	0,4*RG≤EP<0,8*RG	96≤EP<192	120≤EP<240	144≤EP<288
C	0,8*RG≤EP<RG	192≤EP<240	240≤EP<300	288≤EP<360
D	RG≤EP<1,20*RG	240≤EP<288	300≤EP<360	360≤EP<432
E	1,20*RG≤EP<1,40*RG	288≤EP<336	360≤EP<420	432≤EP<504
F	1,40*RG≤EP<1,75*RG	336≤ EP<420	420≤ EP<525	504≤ EP<630
G	1,75*RG≤EP	420≤EP	525≤EP	630≤EP

Tablo 3.23 Nihai Enerji Tüketimine Göre Sera Gazları Emisyonu Göstergesi

Enerji Sınıfı	Nihai Enerji Tüketimlerine Göre Sera Gazı Emisyonu Sınıfı Endeksi – SEG (kg eşd. CO2/m².yıl)	1.ISITMA BÖLGESİ (İZMİR) SRG=40	2.ISITMA BÖLGESİ (İSTANBUL) SRG=50	3.ISITMA BÖLGESİ (ANKARA) SRG=60
A	SEG<0,4*SRG	SEG<16	SEG<20	SEG<24
B	0,4*SRG≤SEG>0,8*SRG	16≤SEG<32	20≤SEG<40	24≤SEG>48
C	0,8*SRG≤SEG<SRG	32≤SEG<40	40≤SEG<50	48≤SEG<60
D	SRG≤SEG<1,20*RG	40≤SEG<60	50≤SEG<60	60≤SEG<72
E	1,20*SRG≤SEG<1,40*SRG	60≤SEG<84	60≤SEG<70	72≤SEG<84
F	1,40*SRG≤ SEG<1,75*SRG	84≤ SEG<70	70≤ SEG<87,5	84≤ SEG<105
G	1,75*SRG≤SEG	70≤SEG	87,5≤SEG	105≤SEG

Tablo 3.22 ve tablo 3.23'e bakılarak pilot iller için hesaplanan EP ve SEG değerlerinin sınıfları bulunmuş ve sonuçlar tablo 3.24'da verilmiştir.

Tablo 3.24 Pilot İllerin Enerji Kimlik Sınıfları

	İzmir	İstanbul	Ankara
EP sınıfı	C	C	B
SEG sınıfı	D	C	B
Yıllık metrekareye düşen toplam enerji giderleri (kWh/m²-yıl)	99,14	114,74	113,94

Belediye binaları için, yıllık enerji tüketiminin 105 kwh/m²-yıl' ın altında kalan alternatifler düşük enerjili yapılar olarak kabul yapılmıştır.

Değerlendirme;

- İzmir' deki mevcut yapının yapı kabuğunda ve pencerelerinde yalıtım bulunmamaktadır (Tablo 3.8'e bakılabilir). Sadece çatıda uygulanan yalıtımla bina yıllık 99,14 kWh/m²-yıl enerji harcayarak düşük enerjili yapı sınıfına girmesine rağmen EP ve SEG açısından C ve D sınıfındadır.
- İstanbul'daki mevcut yapının kabuğunda ve penceresinde yalıtım bulunmamaktadır (Tablo 3.8'e bakılabilir). Sadece çatıda uygulanan yalıtım EP ve SEG açısından yeterli sınıfa (C) girmesini sağlamıştır ama düşük enerjili yapı sınıfına girememiştir.
- Ankara'daki mevcut yapının çatısındaki ve kabuğundaki yalıtım, binanın EP ve SEG açısından B sınıfına yükselmesini sağlamıştır ama düşük enerjili yapı sınıfına girememiştir.
- Mevcut yapının, Bayındırlığın tip projesine göre İstanbul ve İzmir'deki duvarlarında yalıtım yokken, Ankara'daki duvarlarında yalıtım vardır. Bundan dolayı İstanbul ve Ankara'daki binanın yıllık metrekareye düşen enerji giderleri birbirine yakındır ama SEG ve EP değerleri bakımından sınıf farkları bulunmaktadır.

3.4.3.2 Opak Yüzeylerde İyileştirme Alternatifleri

Tablo 3.25 Opak Yüzey Alternatifleri için EP-SEG Değerleri ve Yapım Maliyeti-Yıllık Enerji Tüketimi Hesabı – İzmir

İZMİR	EP değeri (kWh/m²-yıl) / Sınıfı	SEG değeri (kWh/m²-yıl) / Sınıfı	Opak bina kabuğu maliyeti(TL)	Yıllık enerji harcaması(TL)
M	234,89 / C	43,49 / D	142711,00	14580,27
O1	248,63 / D	46,18 / D	192871,00	15656,89
O2	252,79 / D	46,88 / D	192244,00	15428,81
O3	250,18 / D	46,46 / D	208199,50	15598,54
O4	243,11 / D	45,14 / D	190330,00	16010,24
O5	257,66 / D	47,87 / D	BELİRSİZ	15009,99
O6	244,34 / D	45,38 / D	162280,00	15691,69

Tablo 3.26 Opak Yüzey Alternatifleri için EP-SEG Değerleri ve Yapım Maliyeti-Yıllık Enerji Tüketimi Hesabı - İstanbul

İSTANBUL	EP değeri (kWh/m²-yıl) / Sınıfı	SEG değeri (kWh/m²-yıl) / Sınıfı	Opak bina kabuğu maliyeti(TL)	Yıllık enerji harcaması(TL)
M	247,10 / C	45,37/ C	142711,00	14579,54
O1	256,79/ C	47,41/ C	193861,00	15554,19
O2	264,17/ C	48,63/ C	192244,00	15385,24
O3	258,33/ C	47,69/ C	209189,50	15483,63
O4	250,95/ C	46,34/ C	190990,00	15933,77
O5	265,18/ C	48,98/ C	BELİRSİZ	14899,35
O6	251,83/ C	46,50/ C	162280,00	15603,22

Tablo 3.27 Opak Yüzey Alternatifleri için EP-SEG Değerleri ve Yapım Maliyeti-Yıllık Enerji Tüketimi Hesabı - Ankara

ANKARA	EP değeri (kWh/m²-yıl) / Sınıfı	SEG değeri (kWh/m²-yıl) / Sınıfı	Opak bina kabuğu maliyeti(TL)	Yıllık enerji harcaması(TL)
M	204,33/ B	37,09/ B	170761,00	10800,22
O1	222,75/ B	40,68/ B	195181,00	12532,92
O2	238,13/ B	43,26/ B	192244,00	12721,05
O3	223,87/ B	40,88/ B	210509,50	12470,54
O4	216,69/ B	39,58/ B	191650,00	12795,97
O5	230,54/ B	42,10/ B	BELİRSİZ	12048,31
O6	219,06/ B	40,02/ B	167560,00	12482,40

Yukarıdaki tablo 3.25, 3.26, 3.27'de pilot illerde geliştirilen opak yüzey bina kabuğu alternatiflerinin;

- EP-SEG değerleri ve sınıfı,
- yapım maliyetleri,
- yıllık enerji harcaması(TL) hesaplanmıştır.

Değerlendirme;

- Seçilen pilot illerimizde geliştirilen opak yapı kabuğu alternatiflerinin yapım maliyeti ve yıllık kullanım maliyetleri mevcut yapıya oranla daha yüksektir. Çünkü ısıtma yüklerinde tasarrufa gidilse de, yalıtımlı duvarların ısı tutuculuk değerinin yüksek oluşu özellikle sıcak mevsimlerde soğutma giderlerinin artmasına sebep olmuştur. Soğutma için kullanılan elektrik enerjisinin birim fiyatının pahalı olması (doğalgaz birim fiyatının yaklaşık 5 katı), geliştirilen yapı kabuklarının işletim maliyetlerinin artmasına sebep olmuştur. İşletim giderlerini düşürmek ancak soğutma için harcanan enerji giderlerini minimuma indirmekte mümkündür. Bunun için güneş enerjisinin iç ortama girişini kontrol altına alacak saydam yüzeyler geliştirilmelidir.

Pilot ilerde uygulanan mevcut yapı dahil tüm alternatif yapı kabuklarının EP-SEG değerlerinin kıyaslanması tablo 3.28'de verilmiştir.

Tablo 3.28 Opak yüzey alternatiflerinin karşılaştırılması

	İzmir	İstanbul	Ankara
EP sınıfı	D (mevcut yapı C)	C	B
SEG sınıfı	C	C	B
Birim alana düşen enerji aralığı (kWh/m²-yıl)	97,95 – 102,59	108,25 – 117,48	109,13 – 125,19

Değerlendirme;

- İzmir 'deki tüm alternatifler (mevcut yapı dahil) yıllık enerji tüketimi açısından düşük enerjili bina sınıfındadır.(Bakınız tablo 3.13) Buna

rağmen birincil enerji tüketimi ve sera gazları emisyonu bakımından yetersiz sınıfta (D) yer almaktadır.

- İstanbul ve Ankara' daki mevcut yapı ve geliştirilen opak yüzey alternatiflerinin yıllık enerji tüketimi 105 kwh/m²-yıl' ın üzerinde kalarak, düşük enerjili yapı sınıfında yer alamamaktadır.(Bakınız tablo 3.14, tablo 3.15) Buna rağmen birincil enerji tüketimi ve sera gazları emisyonu bakımından, İstanbul C (yeterli) sınıfında, Ankara ise B (yeterli) sınıfındadır.

Bu tezatlığın sebebi tablo A-1'de görüldüğü üzere elektrik enerjisinin dönüşüm katsayısının 3,31 iken doğalgaz katsayısının 1,36 olmasıdır. Bundan dolayı elektrik enerjisi tüketiminde tasarrufa gitmek birincil enerji tüketimi ve sera gazları emisyonu sınıfları bakımından daha iyi sonuç verecektir.

3.4.3.3 Opak+Saydam Yüzeylerde İyileştirme Alternatifleri

Tablo A-4, A-5, A-6'da pilot illerde geliştirilen opak+saydam yüzey bina kabuğu alternatiflerinin;

- EP-SEG değerleri ve sınıfı,
- yapım maliyetleri,
- yıllık enerji harcaması(TL),
- yapım maliyeti+işletim maliyeti hesaplanmıştır.

Betonarme yapı ömrü 40-50 yıl arasında değiştiğinden, hesaplamalarımız 40 yıla kadar yapılmıştır. Mevcut ve geliştirilen yapı kabuğu alternatiflerinin ilk olarak yıllık enerji harcaması (TL) hesaplanmıştır. Daha sonra yapı ömrü olarak kabul edilen 40 yılla çarpılarak işletme maliyeti bulunmuştur.

İlk yapım maliyeti, kullanılan malzemelerin piyasa fiyatlarına bakılarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, yapım maliyet ve işletim giderleri açısından optimum performansı sunan enerji tasarrufu yüksek alternatifler tercih edilmiştir.

İzmir için değerlendirme;

- Tablo A-4'ye bakıldığında İzmir ili için yıllık enerji harcaması(TL) bakımından, geliştirilen tüm yüzey alternatifleri mevcut yapıdan daha ekonomiktir.
- Geliştirilen tüm alternatiflerin yapım maliyeti mevcut yapıdan daha fazladır.
- O1 alternatifinde, O6 alternatifinde olduğu gibi yapay taş kaplama yapılmaksızın sadece dış sıva yapılsaydı yapım maliyeti olarak en ekonomik seçenek olacağı öngörülmektedir.
- Geliştirilen tüm alternatifler enerji perforamansı yönetmeliğine göre yeterli sınıfta yer almaktadır.
- S1 seçeneği ile geliştirilen alternatiflerin İzmir için optimum çözüm sunan alternatifler olduğu tablo 3.29'da görülmektedir.

Yapım maliyeti+40 yıllık enerji harcaması(TL) ve yıllık enerji harcaması(TL) bakımından mevcut yapıdan daha ekonomik olan alternatifler 3.24'de belirtilmiştir.

Tablo 3.29 Yıllık Enerji Harcaması(TL) Bakımından En Ekonomik Olan Opak+Saydam Yüzey Alternatifleri - İzmir

İZMİR	Opak+saydam bina kabuğunun malzeme açılımı	EP Sınıfı	SEG Sınıfı	Opak ve saydam bina kabuğu maliyeti(TL)	Yıllık enerji harcaması (TL)	Maliyet+40 Yıllık enerji harcaması (TL)
M	Yalıtımsız sıvalı tuğla duvar+ düz çift cam	C	D	142711,00	14580,27	725921,82
O1+S1	Yalıtımlı yapay taş kaplamalı tuğla duvar+ çiftcam (yansıtıcılı+low-e)	C	C	202621,00	12919,03	719382,07
O5+S1	Toprak duvar+ çiftcam (yansıtıcılı+low-e)	C	C	BELİRSİZ	12132,10	-
O6+S1	Kendinden yalıtımlı tuğla duvar+ çiftcam (yansıtıcılı+low-e)	C	C	172030,00	12987,36	691524,47
O6+S2	Kendinden yalıtımlı tuğla duvar+ çiftcam (düz cam+low-e)	C	C	168780,00	13560,69	711207,57
O6+S3	Kendinden yalıtımlı tuğla duvar+ 3'lü cam (düz cam+düz cam+low-e)	C	C	178530,00	13328,06	711652,45

İstanbul için değerlendirme;

- Tablo A-5'e bakıldığında geliştirilen tüm yüzey alternatiflerinin yıllık enerji harcaması mevcut yapıya oranla daha ekonomiktir.
- Geliştirilen tüm alternatifler enerji performansı yönetmeliğine göre yeterli sınıfta yer almaktadır.
- S1 seçeneği ile geliştirilen alternatiflerin İstanbul için optimum çözüm sunan alternatifler olduğu tablo 3.30'da görülmektedir.

Yapım maliyeti+40 yıllık enerji harcaması(TL) ve yıllık enerji harcaması(TL) bakımından mevcut yapıdan daha ekonomik olan alternatifler 3.25'de belirtilmiştir.

Tablo 3.30 Yıllık Enerji Harcaması(TL) Bakımından En Ekonomik Olan Opak+Saydam Yüzey Alternatifleri - İstanbul

İSTANBUL	Opak+saydam bina kabuğunun malzeme açılımı	EP Sınıfı	SEG Sınıfı	Opak ve saydam bina kabuğu maliyeti(TL)	Yıllık enerji harcaması (TL)	Maliyet+40 Yıllık enerji harcaması(TL)
M	Yalıtımsız sıvalı tuğla duvar+ (yalıtımsız düz çift cam)	C	C	142711,00	14579,54	725892,43
O1+S1	Yalıtımlı yapay taş kapl. tuğla duvar+(yansıtıcılı+low-e)	B	B	203611,00	12101,82	687683,86
O2+S1	Sıvalı hava boşluklu yapay taş kaplamalı sandviç tuğla duvar+ çift cam (yansıtıcılı+low-e cam)	B	C	201994,00	12500,11	701998,29
O3+S1	Yalıtımlı yapay taş kaplamalı sandviç tuğla duvar+ (yansıtıcılı+low-e)	B	B	218939,50	12038,28	700470,79
O4+S1	Yalıtımlı cephe kaplama levhalı sandviç duvar+ (yansıtıcılı+low-e)	B	B	200740,00	12526,18	701787,24
O4+S3	Yalıtımlı cephe kaplama levhalı sandviç duvar+ (düz cam+düz cam+low-e)	B	B	207240,00	13454,74	745429,56
O5+S1	Toprak duvar+ çiftcam (yansıtıcılı+low-e)	B	B	BELİRSİZ	11427,18	-
O6+S1	Kendinden yalıtımlı tuğla duvar+ (yansıtıcılı+low-e)	B	B	172030,00	11974,03	650991,26
O6+S2	Kendinden yalıtımlı tuğla duvar+(düz cam+low-e)	B	C	168780,00	13382,53	704081,00
O6+S3	Kendinden yalıtımlı tuğla duvar+ (düz cam+düz cam+low-e)	B	B	178530,00	13123,36	703464,58

Ankara için değerlendirme;

- Tablo A-6'da, O6+S1'den başka hiçbir alternatif maliyet+40 yıllık enerji harcaması(TL) bakımından tasarruf sağlamamıştır (uygulanan mekanik sistemlerden dolayı).
- Geliştirilen tüm alternatifler enerji performansı yönetmeliğine göre yeterli sınıfta (B) yer almaktadır.
- Tablo 3.31'a bakıldığında Ankara için optimum cam seçiminin S1 ve S3 alternatiflerinin olduğu görülmektedir.

Tablo 3.13'de yıllık enerji harcaması(TL) bakımından mevcut yapıdan daha ekonomik olan alternatifler sıralanmıştır.

Tablo 3.31 Yıllık Enerji Harcaması(TL) Bakımından En Ekonomik Olan Opak+Saydam Yüzey Alternatifleri – Ankara

ANKARA	Opak+saydam bina kabuğunun malzeme açılımı	EP Sınıfı	SEG	Opak ve saydam bina kabuğu maliyeti(TL)	Yıllık enerji harcaması (TL)	Maliyet+40 Yıllık enerji harcaması(TL)
M	Yalıtımsız sıvalı tuğla duvar+ düz çift cam	B	B	170761,00	10800,22	602769,73
O1+S1	Yalıtımlı yapay taş kapl.tuğla duvar+(yansıtıcılı+low-e)	B	B	204931,00	10375,96	619969,28
O1+S3	Yalıtımlı yapay taş kaplamalı tuğla duvar+ (düz cam+düz cam+low-e)	B	B	211431,00	10688,74	638980,52
O3+S1	Yalıtımlı yapay taş kapl. sandviç tuğla duvar+ çiftcam (yansıtıcılı+low-e)	B	B	220259,50	10317,82	632972,48
O3+S3	Yalıtımlı yapay taş kaplamalı sandviç tuğla duvar+ (düz cam+düz cam+low-e)	B	B	226759,50	10639,88	652354,57
O4+S1	Yalıtımlı cephe kaplama levhalı sandviç duvar+ çiftcam (yansıtıcılı+low-e)	B	B	201400,00	10698,24	629329,57
O5+S1	Toprak duvar+ çiftcam (yansıtıcılı+low-e)	B	B	BELİRSİZ	9905,81	-
O5+S2	Toprak duvar+ çiftcam (düz cam+low-e)	B	B	BELİRSİZ	10391,76	-
O5+S3	Toprak duvar+ 3'lü cam (düz cam+düz cam+low-e)	B	B	BELİRSİZ	10207,10	-
O6+S1	Kendinden yalıtımlı tuğla duvar+ çiftcam (yansıtıcılı+low-e)	B	B	177310,00	10358,40	591645,93
O6+S3	Kendinden yalıtımlı tuğla duvar+ (yansıtıcılı+low-e)	B	B	183810,00	10638,32	609342,87

3.4.4 Pilot İller İçin Optimum Alternatiflerin Değerlendirilmesi

Optimum değer gösteren alternatiflerin bulunmasında,

- birincil enerji cinsinden enerji performansı (EP) ve nihai enerji tüketimine göre sera gazları emisyonu (SEG) göstergesinden en az C sınıfında yeralmasına,
- yıllık toplam enerji giderlerinin, ilk yatırım maliyetlerinin ve işletim giderlerinin düşük olmasına dikkat edilmiştir.

Bu bağlamda, farklı iklim bölgelerini temsil eden üç pilot il (İstanbul, Ankara, İzmir) için geliştirilen bina kabuklarının enerji performansı, maliyet etkinliği ve işletim giderleri açısından optimum performansı gösteren alternatiflerin yorumları aşağıdaki gibidir.

İzmir İçin Alternatiflerin Değerlendirmesi

Opak yapı kabuğu iyileştirme alternatifleri;

- Tüm alternatifler düşük enerjili yapı sınıfındadır (Bakınız tablo 3.13).
- Tablo 3.25'e bakıldığında tüm alternatifler Sera Gazı Emisyonu Sınıfı Endeksi (SEG) ve birincil enerji tüketimini (EP) bakımından D sınıfında (yetersiz sınıf) olduğu görülmektedir.
- Yapım maliyeti ve yıllık kullanım giderleri(TL) mevcut yapıya oranla daha yüksektir (Bakınız tablo 3.25). Çünkü yalıtımlı duvarların ısı tutuculuk değerinin yüksek oluşu özellikle sıcak mevsimlerde soğutma giderlerinin artmasına sebep olmuştur. Soğutma yükünü karşılamak için kullanılan elektriğin birim ücretlerinin yüksek oluşu yıllık giderlerIeri(TL) arttırmıştır.
- Isıtma yükleri açısından tasarrufa gidilse de yıllık toplam enerji tüketimi bakımından yeterli verimlilik sağlanamamıştır. Bu nedenle İzmir bölgesi için opak yüzeylere iyileştirme yapılmaksızın, saydam yüzeylerde iyileştirme yaparak ve güneş kırıcılar kullanılarak birim alana düşen enerji giderleri hesaplanmıştır.

Mevcut opak yapı kabuğu+saydam yüzey iyileştirme+güneş kırıcı alternatifleri;

- Mevcut yapının çatısında yapılan iyi bir yalıtımla (duvarlarında ve saydam yapı kabuğunda yalıtım yapılmaksızın), yıllık enerji tüketimi 105 kwh/m²-yıl'ın altında kalınarak düşük enerjili yapı oluşturulmuştur. Fakat EP (C sınıfı) ve SEG (D sınıfı) değerleri açısından sınıfı düşüktür.

Tablo 3.32 'de ilk olarak mevcut opak yapı kabuğu geliştirilen S1, S2 ve S3 saydam yüzeyleri ile çalışılmıştır. Daha sonra bu seçeneklere her pencere için 60 cm derinliğindeki güneş kırıcılar ilave edilerek yeni alternatifler oluşturulmuştur.

Tablo 3.32 Mevcut Yapı Kabuğu+Saydam Yüzey Alternatifleri+Güneş Kırıcı – İzmir

İZMİR	AYDINLATMA (kWh/m²-yıl)	SOĞUTMA (kWh/m²-yıl)	ISITMA (kWh/m²-yıl)	TOPLAM (kWh/m²-yıl)
Mevcut opak alan+S1	24,93	29,56	18,19	91,68
Mevcut opak alan+S2	22,57	35,13	14,77	91,47
Mevcut opak alan+S3	22,64	34,39	14,73	90,76
Mevcut yapı+G	22,80	37,73	14,82	94,35
Mevcut opak alan +S1+Güneş kırıcı	25,70	29,21	18,31	92,22
Mevcut opak alan +S2+ Güneş kırıcı	22,82	33,26	15,36	90,44
Mevcut opak alan +S3+ Güneş kırıcı	22,92	32,71	15,27	89,90

Sonuçlara bakılacak olursa;

- İzmir'de sadece saydam yüzeylerde iyileştirme yapılarak ve/veya güneş kırıcı kullanarak yıllık enerji tüketiminde yüksek oranda tasarruf sağlanabilmektedir. Bu yüzden İzmir gibi sıcak dönem koşullarının baskın olduğu iklim bölgesinde cam yüzeylerde yapılacak iyileştirmeler önem taşımaktadır.

Opak+saydam yüzeyler için geliştirilen alternatifler;

- Tüm alternatifler düşük enerjili yapı sınıfındadır (Bakınız tablo 3.13). Buna rağmen tablo A-4'e bakıldığında Sera Gazı Emisyonu Sınıfı Endeksi (SEG) bakımından bazı alternatiflerin D sınıfında (yetersiz sınıf) olduğu görülmektedir.

Nihai enerji tüketimlerine göre sera gazı emisyonu sınıfını (SEG), bulmamızda rolü olan SRG katsayısının (Bakınız tablo A-3) ve birincil enerji tüketimini (EP), bulmamızda etkin olan RG katsayısının (Bakınız tablo A-2) İzmir ili için tekrar değerlendirilmesi önerilmektedir.

- Tüm alternatifler, mevcut yapıyla kıyasandığında enerji tasarrufu sağlamaktadır. Yıllık enerji harcaması(TL) bakımından ekonomik çözümler sunmaktadır.
- Mevcut opak yapı kabuğu+saydam yüzeylerde iyileştirme seçeneğiyle oluşturulan alternatiflerle kıyaslandığında yıllık harcanan toplam enerji birbirine çok yakındır. Fakat duvar yalıtımlarından dolayı daha maliyetlidir.

Sıcak nemli iklim bölgesinde yer alan İzmir'de opak yüzeylerde yalıtım yapılmaksızın, sadece saydam yüzeylerde yapılan iyileştirmelerle optimum çözüm üretilmektedir. Bu bölgede tentesol camların kullanılması önerilmektedir. Çünkü reflektif özelliği nedeniyle ayna etkisi göstererek güneşin aşırı parlaklığını denetleyeyip güneş ısısının iç ortama girişini sınırlamaktadır. Böylece sıcak iklim bölgesinde en çok ihtiyaç duyulan soğutma enerjisi tüketimi azaltmaktadır.

İzmir için optimum çözüm sunan saydam yüzey alternatifinin açılımı :

- S1:Tentesol yeşil(Reflektif)cam 6mm+16mm hava+ Low-E cam 6mm ve 70mm kalınlıkta yalıtımlı alüminyum doğramadır.

Geliştirilen alternatifler arasında optimum çözüm sunan ve yıllık enerji harcaması (TL) bakımından en ekonomik olan alternatiflerin bir çoğunda S1 (yansıtıcılı+low-e) saydam yüzeyi kullanılmıştır (Bakınız tablo 3.29).

İstanbul İçin Alternatiflerin Değerlendirmesi

Opak yapı kabuğu iyileştirme alternatifleri;

- Yıllık harcanan toplam enerji giderlerinde tasarrufa gidilse de alternatiflerin hiçbirinde 105 kwh/m^2-yıl'ın altına inilerek düşük enerjili yapı oluşturulamamıştır (Bakınız tablo 3.14).

- Düşük enerjili bir yapı oluşturulamasa da Tablo 3.26'ya bakıldığında tüm alternatifler Sera Gazı Emisyonu Sınıfı Endeksi (SEG) ve birincil enerji tüketimini (EP) bakımından C sınıfında (yeterli sınıf) olduğu görülmektedir.
- Yapım maliyeti ve yıllık kullanım giderleri(TL) mevcut yapıya oranla daha yüksektir (Bakınız tablo 3.26). Fakat yıllık toplam enerji giderlerinde etkin bir tasarruf sağladığı için uygulanması gerekmektedir.

Opak yüzeylere ilave saydam yüzeylerde de iyileştirme yapılarak enerji tüketimi düşük daha ekonomik alternatifler oluşturmak amaçlanmıştır.

En yüksek enerji tasarrufunu sağlayan opak yüzey alternatifleri maddi açıdan kıyaslanacak olursa,

- Yıllık enerji giderleri (TL) birbirine çok yakındır.
- Yapım maliyeti açısından en ekonomik olan O6 alternatifidir. Bunun nedeni herhangi bir mekanik sistem (yapım maliyeti pahalı sistemlerdir) kullanılmadan tuğla örülerek yapılıyor olmasıdır.

Sonuç olarak; İstanbul ilinde opak yüzeyimiz için malzeme tercihi yaparken şantiye koşullarının dikkate alınması en doğru kararı vermemizi sağlayacaktır. Eğer kısıtlı bir süremiz ve donanımlı ustalarımız var ise O4 alternatifi daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Çünkü dış cephe kaplamaları yapılırken iç mekanların ince işlerine başlanabilmektedir. Böylece şantiyede zaman kazanılmaktadır. Ayrıca sistem, betonarmeye dışardan bağlanacağı için iç mekan alanlarının da daha geniş olması sağlanmaktadır. Zaman problemimiz yada iç mekanların metrekaresiyle ilgili kaygılarımız yoksa daha klasik bir yöntem olan O1 alternatifi yada O6 alternatifi kullanılabilir. O6 alternatifi, yalıtımlı hazır tuğla olduğundan O1 alternatifine göre uygulama kolaylığı sunarak daha hızlı bir yapım süreci avantajı sunmaktadır.

Opak+saydam yüzeyler için geliştirilen alternatifler;

- Opak+saydam yüzey alternatifleri (TS 825'in azami U değerini sağlayan) yıllık harcanan toplam enerji giderleri 105 kwh/m²-yıl'ın altında kalarak düşük enerjili yapı sınıfına girebilmiştir.
- Tablo A-5'e bakıldığında tüm alternatifler Sera Gazı Emisyonu Sınıfı Endeksi (SEG) ve birincil enerji tüketimini (EP) bakımından sınıfının yükseldiği ve en az C sınıfında (yeterli sınıf) olduğu görülmektedir.
- Mevcut yapıyla kıyaslandığında, tüm alternatiflerin yıllık enerji harcaması (TL) bakımından tasarruf edilmiştir (Bakınız tablo A-5).

Sonuç olarak İstanbul'da yapının opak+saydam yüzeylerinde yapılan iyileştirmelerle; hem düşük enerjili yapı sınıfına, hem de enerji performansı yönetmeliğine göre yeterli sınıfa girmesi sağlanmaktadır.

Bu tez kapsamında incelenen kesitler içersinde; İstanbul için optimum çözüm sunan opak+saydam yüzey alternatifleri tablo 3.25'de yeşil renkte belirtilmiştir.

Ankara İçin Alternatiflerin Değerlendirmesi

Opak yapı kabuğu iyileştirme alternatifleri;

- Mevcut yapı ve geliştirilen opak yüzey alternatiflerinin yıllık enerji tüketimi 105 kwh/m²-yıl'ın üstünde kalarak düşük enerjili yapı sınıfına girememiştir. Opak yüzey alternatiflerinin yıllık enerji harcaması mevcut yapı ile kıyaslandığında etkin bir verimlilik sağlanamamıştır hatta bazı alternatiflerin yıllık enerji tüketimi daha fazladır. Çünkü mevcut yapı Bakanlığın tip projesine göre duvarları yalıtımlıdır.
- Tüm alternatiflerin yapım maliyeti ve yıllık kullanım giderleri(TL) mevcut yapıya oranla daha yüksektir (Bakınız tablo 3.27).

Opak yüzey alternatifleri enerji tüketimi açısından etkin bir verimlilik sağlamamıştır. Ekonomik açıdan da tasarruflu olmamıştır. Bu yüzden opak yüzeylere ilaveten saydam yüzeylerde de iyileştirme yapılmalıdır.

Opak+saydam yüzeyler için geliştirilen alternatifler;

- Geliştirilen alternatiflerin bazıları yıllık enerji tüketimi 105 kwh/m²-yıl'ın üstünde kalarak düşük enerjili yapı sınıfına girememiştir (Bakınız tablo 3.18). Buna rağmen tablo A-6'ya bakıldığında tüm alternatifler Sera Gazı Emisyonu Sınıfı Endeksi (SEG) ve birincil enerji tüketimi (EP) bakımından B sınıfında olduğu görülmektedir.

Nihai enerji tüketimlerine göre sera gazı emisyonu sınıfını (SEG), bulmamızda rolü olan SRG katsayısının (Bakınız tablo A-3) ve birincil enerji tüketimini (EP), bulmamızda etkin olan RG katsayısının (Bakınız tablo A-2) Ankara ili için tekrar değerlendirilmesi önerilmektedir.

Yapım maliyeti+işletme maliyetleri açısından mevcut yapı ile kıyaslandığında tasarrufa geçiren alternatif O6+S1'dir ama yıllık toplam enerji tüketimi 107,92 kwh/m²-yıl'ın olduğundan düşük enerjili yapı sınıfına girememektedir.

Sonuç olarak Ankara'da yapının opak+saydam yüzeylerinde yapılan iyileştirmelerle; hem düşük enerjili yapı sınıfına, hem de enerji performansı yönetmeliğine göre yeterli sınıfa girmesi sağlanmaktadır.

Bu tez kapsamında incelenen kesitler içersinde; Ankara için optimum çözüm sunan opak+saydam yüzey alternatifleri tablo 3.31'da mavi renkte belirtilmiştir.

4
Sonuç ve Öneriler

Yapılar, dünya üzerindeki enerjinin büyük bir kısımını harcamaktadır. Yüksek enerji tüketimine bağlı olarak CO_2 salınımları da artmaktadır. Nüfusla birlikte gidererek artan enerji talebini de göz önüne aldığımızda enerjiyi her alanda verimli kullanmamız gerekmektedir. Türkiye' nin sürdürülebilir kalkınma planlanlarını gerçekleştirebilmesi için yapılarda enerji tasarrufu yapılmalıdır. Bunun için;

- enerji üreten sistemleri yapıya kazandırabilmek,
- enerji tüketimini minimize edebilmek,
- yapım ve yapının yaşam döngüsü içersinde işletim maliyetlerini düşük tutabilmek gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında amaç yeni inşa edilecek tüm kamu binalarının tasarım aşamasındayken verilecek doğru kararlarla, çağımızın mimari ve estetik anlayışına uygun, enerji verimliliğini artıracak yapı kabuğu çözümleri üretmektir. Bu bağlamda, örnek olarak incelenen belediye hizmet binası tip projesi için yapım teknolojileri ve malzeme seçimi açısından yerli ve yaygın kullanımı olan, kolay uygulanan bina kabuğu alternatifleri geliştirilmiştir. Tasarlanan binanın çevre karnesinin de yüksek olması hedeflenmiştir.

Yapının farklı iklim bölgelerini temsil eden üç ilde(İstanbul, Ankara, İzmir) mevcut olduğu varsayılarak, opak ve saydam yüzeyler için ayrı ayrı geliştirilen yapı kabuğu alternatiflerinin;

- Yıllık harcadığı birim enerji bakımından
- Yıllık CO_2 salınımı ve birincil enerji sınıfı açısından
- Yıllık enerji giderleri ve maliyetleri yönünden
- Yapım maliyetleri açısından

- 40 yıllık yaşam döngüsündeki işletim giderleri bakımından analizleri yapılmıştır.

Kamu binasının yıl içerisinde ısıtma, aydınlatma, soğutma ve sıcak su için harcadığı enerji, birincil enerji olarak belirlenmiştir. Hesaplamalarda ilk olarak; binanın m^2 başına düşen yıllık enerji tüketim miktarı hesaplanıp, bu değere bağlı olarak CO2 salınımı hesaplanmıştır. EP ve SEG sınıfı belirlenmiştir.

Yapı kabuğunun enerji etkin iyileşmesine yönelik geliştirilen alternatiflerin; ilk yatırım maliyetlerin hesaplanmasında güncel piyasa tabanlı birim maliyetler kullanılmıştır. Kullanım maliyetlerinin hesaplanmasında; yıllık enerji tüketim miktarları, birim enerji fiyatları (şebeke satış tarifesi) ile çarpılarak kullanım maliyetleri hesaplanmıştır. İşletim giderlerinin hesaplanmasında; yapı ömrünün 40 yıl olduğu kabul edilerek, yıllık kullanım maliyetleri 40 ile çarpılmıştır. Geliştirilen bina kabuğu alternatiflerin ilk yatırım maliyetleri ve işletim giderlerinin toplanarak ekonomik performansları karşılaştırılmıştır.

4.1 Bulguların Pilot İllere Göre Değerlendirilmesi

<u>İzmir için ,</u>

Mevcut dahil geliştirilen tüm alternatifler yıllık enerji giderleri bakımından 105 kwh/m^2-yıl' ın altında kalarak düşük enerjili yapı sınıfına girmiştir. Fakat enerji performans yönetmeliğine göre yeterli sınıfa (min. C sınıfı) girememiştir. Çünkü enerji kimlik sınıfı belirlenmesinde, soğutma yükünü karşılamak için kullanılan elektriğin birincil enerji dönüşüm katsayısının yüksek değerde olmasından dolayı (bakınız Tablo A-1), EP ve SEG sınıfı bakımından bu bölge için belirlenen enerji kimlik sınıfı düşük olmaktadır. Enerji kimlik sınıfını yükseltmek için sıcak iklim bölgelerindeki elektrik enerjisi tüketimini düşürmek gerekmektedir.

İzmir'de sıcak iklim koşulları yıl içinde uzun bir döneme yayılmaktadır. Baskın enerji tüketimi, soğutma yüküdür. Sadece opak yüzeylerde yapılan yalıtımlar soğutma giderlerini arttığından dolayı, yıllık enerji giderleri (TL) ve ilk yatırım maliyetleri artmıştır. Bununla birlikte yıllık enerji tüketiminde de etkin bir

tasarrufa gidilememiştir. Bu yüzden Bayındırlık Bakanlığı'nın tip projesine göre 1.iklim bölgesinde duvarlarda yalıtım yapılmaması doğru bir yaklaşımdır.

Enerji Performans Yönetmeliği açısından yeterli sınıfa girmesi için yapılması gerekenler;

- Saydam yüzeylerde iyileştirmelerle (camlarda yansıtıcı yüzeyler ve gölgelemeler) güneş ışınımları denetlenmelidir.
- Pasif havalandırma ile iç ortam soğutulmalıdır.

<u>İstanbul ve Ankara için ,</u>

Mevcut ve opak yüzey iyileştirme alternatiflerinin tümü enerji performans yönetmeliğine göre yeterli sınıftadır (min. C sınıfı) ama yıllık enerji tüketiminde 105 kwh/m^2-yıl' ın altına inemediği için düşük enerjili yapı sınıfına girememektedir.

Bayındırlık Bakanlığı'nın tip projesine göre;

- 3.iklim bölgesindeki yapıların duvarları yalıtımlı sandiviç duvar olması gerekmektedir.

Bu yaklaşım enerji performans yönetmeliğine göre yeterli gibi görünse de düşük enerjili yapı olma kriterini sağlamamaktadır. Bu yüzden İstanbul ve Ankara'da opak yüzeylere ek olarak saydam yüzeylerde de iyileştirme yapılması uygun görülmektedir.

Bu çalışmada;

- İstanbul için, TS 825'in öngördüğü azami U değerleri dikkate alınarak geliştirilen tüm opak+saydam yüzey alternatifleri; düşük enerjili yapı sınıfında yeralırken, enerji performansı yönetmeliğine göre de yeterli sınıfta yer almaktadır.
- Ankara için, TS 825'in öngördüğü azami U değerleri dikkate alınarak geliştirilen, opak+ saydam yüzey alternatiflerinin bazıları 105 kwh/m^2-yıl'ın altında kalarak düşük enerjili yapı sınıfına girebilmiştir.

4.2 Sonuçlar

Geliştirdiğimiz yapı kabuğu alternatiflerini

- Toplam yıllık enerji tüketimi bakımından karşılaştırıldığında en tasarruflu bölge sırasıyla İzmir, İstanbul ve son olarak da Ankara'dır.
- Birincil Enerji Tüketimi(EP) ve Sera Gazı Emisyonu Sınıfı Endeksi(SEG) sınıfı bakımından en başarılı bölge sırasıyla Ankara, İstanbul ve en son olarak da İzmir'dir.

Bu zıtlığın nedeni, SEG ve EP sınıflarının bulunmasında kullanılan elektrik katsayısının yüksek olmasından kaynaklandığı öngörülmektedir (Bakınız Tablo A-1).

- Yıllık enerji harcaması bakımından en tasaruflu bölge sırasıyla Ankara, İstanbul ve İzmir'dir. Soğutma yükünün enerji kaynağı olarak kullanılan elektriğin birim fiyatının yüksek olması sıcak iklim bölgelerindeki işletim giderlerini arttırmıştır.
- Kullanılan enerjinin kaynağına göre kıyaslama yapacak olursak; yapıda aydınlatma ve soğutma için harcanan enerjinin kaynağı elektrik iken ısıtma için harcanan enerjinin kaynağı doğalgazdır. Aşağıdaki tablo 4.1'de İstanbul ve İzmir'de simulasyonu yapılmış, aydınlatma ve soğutma değerleri (kaynak olarak elektrik enerjisinin kullanılmaktadır) birbirine yakın olan dört alternatif, örnek olarak incelenmiştir.

Tablo 4.1 Aydınlatma+Soğutma Değerleri Birbirine Yakın Olan Alternatiflerin Kıyaslanması

	Aydınlatma	Soğutma	Aydınlatma+ Soğutma	Isıtma	EP değeri	SEG değeri
	(kWh/m²-yıl)	(kWh/m²-yıl)	(kWh/m²-yıl)	(kWh/m²-yıl)	Sınıfı	Sınıfı
O2+S1 (İzmir)	25,34	33,54	58,88	19,15	220,94 / C	40,81 / D
O5+S2 (İstanbul)	21,95	37,13	59,08	24,13	228,37 / B	42,10 / C
O1+S1 (İzmir)	25,23	32,08	57,31	14,91	209,97 / C	38,85 / C
O2+S2 (İstanbul)	21,57	35,62	57,19	32,74	233,83 / B	42,95 / C

Aydınlatma +soğutma için harcanan enerji miktarı birbirine yakın olan O2+S1 (İzmir) ve O5+S2 (İstanbul) alternatifleri kıyaslanmıştır. İzmir'deki alternatif enerji tüketimi bakımından İstanbul'daki alternatife göre daha verimli bir yapı olmasına rağmen İstanbul'daki alternatif EP ve SEG sınıfı bakımından daha yüksek seviyededir. İzmir'deki alternatif SEG değeri açısından yetersiz sınıfta (D) bulunmaktadır. Benzer durum O1+S1 ve O2+S2 kıyaslamasında da görülmektedir.

Sonuç olarak; Türkiye'nin farklı iklimsel bölgelerindeki yapılara enerji kimlik belgesi verilirken belirlenen enerji performansı ve sera gazı emisyonu sınıflarının hesaplanmasında bölgeler arası bir farklılığın olduğu görülmektedir. Bunun nedeni farklı iklim bölgelerine göre değişen EP ve SEG sınıflarının sınır değerlerinin belirlenmesinde kullanılan, iklim bölgesine ve yapının kullanım amacına göre farklılık gösteren RG ve SRG katsayılarıdır.

Ankara ilinde ısıtma değerleri baskınsa, İzmir ilinde de soğutma yükleri baskındır. Çalışmamızda soğutma yüklerini karşılayabilmek için elektrik enerjisi kaynak olarak kullanılmıştır. Tablo A-1'de birincil enerji ve sera gazları emisyonu dönüşüm katsayısı tablosunda elektrik enerjinin katsayı değerinin yüksek olması sebebiyle, İzmir ili için geliştirilen alternatiflerin enerji kimlik belgesinin B sınıfına yükselmesi sağlanamamıştır. İzmir'de yapı kabuğunun iyileştirilmesine ek olarak; temiz enerji kaynakları olarak yüksek güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi potansiyelinden elektrik üretmek amaçlanmalıdır.

A
Alternatiflerin EP-SEG Değerleri ve Katsayı Tabloları

Tablo A-1 Birincil Enerji ve Sera Gazları Emisyonu Dönüşüm Katsayıları [55]

	Birincil Enerji Dönüşüm Katsayıları		SEG Dönüşüm Katsayısı
	Yenilenebilir olmayan kaynak	Toplam	[kg eşd.CO_2 /kWh]
Fuel-Oil			0,330
Doğalgaz		1,36	0,234
Gaz (propan, bütan, metan, biyogaz)			0,277
Diğer fosil yakıtlar			0,320
Antrasit			0,394
Linyit			0,433
Kok			0,467
Talaş			0,004
Kütük, biokütle			0,014
Kayın kütüğü			0,013
Köknar kütüğü			0,020
Hidrolik enerji santralinden elektrik			0,007
Nükleer enerji santralinden elektrik			0,016
Kömür enerji santralinden elektrik			1,340
Doğalgaz enerji santralinden elektrik			0,819
Karışık elektrik		3,31	0,617

Tablo A-2 Birincil Enerjiye Göre Mevcut Göstergesi (RG) [33]

BİNA TİPLERİ	KULANIM AMAÇLARI	1.ısıtma bölgesi (RG)	2.ısıtma bölgesi (RG)	3.ısıtma bölgesi (RG)	4.ısıtma bölgesi (RG)
Konutlar:	Tek ve ikiz aile evleri	165	240	285	420
	Apartman blokları	180	255	300	435
Hizmet Binaları :	Ofis ve Büro Binaları	240	300	360	495
	Eğitim Binaları (Okullar, Yurtlar, Spor Tesisleri vb.)	180	255	300	450
	Sağlık Binaları (Hastaneler, huzurevleri, yetiştirme yurtları, sağlık ocakları vb.)	600			
Ticari Binalar :	Otel, Motel,Restoran vb.	540			
	Alışveriş Ve Ticaret Merkezleri	750			

RG:Birincil Enerji cinsinden Mevcut göstergesi (kWh/m^2-yıl)

Tablo A-3 Sera Gazı Mevcut Göstergesi (SRG) [33]

BİNA TİPLERİ	KULANIM AMAÇLARI	1.ısıtma bölgesi (SRG)	2.ısıtma bölgesi (SRG)	3.ısıtma bölgesi (SRG)	4.ısıtma bölgesi (SRG)
Konutlar:	Tek ve ikiz aile evleri	28	40	47	70
	Apartman blokları	30	43	50	73
Hizmet Binaları :	Ofis ve Büro Binaları	40	50	60	80
	Eğitim Binaları (Okullar, Yurtlar, Spor Tesisleri vb.)	30	45	50	75
	Sağlık Binaları (Hastaneler, huzurevleri, yetiştirme yurtları, sağlık ocakları vb.)	120			

Tablo A-4 Opak+Saydam Yüzey Alternatifleri için EP-SEG Değerleri ve Yapım Maliyeti-Yıllık Enerji Harcaması Hesabı - İzmir

İZMİR	EP değeri (kWh/m²-yıl) / Sınıfı	SEG değeri (kWh/m²-yıl) / Sınıfı	Opak ve saydam bina kabuğu maliyeti(TL)	Yıllık enerji harcaması(TL)	Maliyet+40Yıllık enerji harcaması(TL)
M	234,89 / C	43,49 / D	142711,00	14580,27	725921,82
O1+S1	209,97 / C	38,85 / C	202621,00	12919,03	719382,07
O1+S2	216,71 / C	40,20 / D	199371,00	13547,13	741256,10
O1+S3	213,31 / C	39,56 / C	209121,00	13323,37	742055,85
O2+S1	220,94 / C	40,81 / D	201994,00	13151,89	728069,43
O2+S2	224,43 / C	41,56 / D	198744,00	13572,16	741630,23
O2+S3	221,45 / C	41,00 / D	208494,00	13375,19	743501,53
O3+S1	211,14 / C	39,06 / C	217949,50	12863,54	732490,95
O3+S2	218,26 / C	40,49 / D	214699,50	13507,36	754993,85
O3+S3	214,77 / C	39,83 / C	224449,50	13281,24	755699,25
O4+S1	207,29 / C	38,35 / C	200080,00	13361,59	734543,64
O4+S2	212,96 / C	39,49 / C	196830,00	13924,58	753813,38
O4+S3	209,78 / C	38,90 / C	206580,00	13704,41	754756,59
O5+S1	213,23 / C	39,46 / C	BELİRSİZ	12132,10	-
O5+S2	221,82 / C	41,16 / D	BELİRSİZ	12831,06	-
O5+S3	217,95 / C	40,44 / D	BELİRSİZ	12596,30	-
O6+S1	206,75 / C	38,26 / C	172030,00	12987,36	691524,47
O6+S2	212,64 / C	39,45 / C	168780,00	13560,69	711207,57
O6+S3	209,20 / C	38,80 / C	178530,00	13328,06	711652,45

Tablo A-5 Opak+Saydam Yüzey Alternatifleri için EP-SEG Değerleri Ve Yapım Maliyeti-Yıllık Enerji Harcaması Hesabı - İstanbul

İSTANBUL	EP değeri (kWh/m²-yıl) / Sınıfı	SEG değeri (kWh/m²-yıl) / Sınıfı	Opak ve saydam bina kabuğu maliyeti(TL)	Yıllık enerji harcaması(TL)	Maliyet+40 Yıllık enerji harcaması(TL)
M	247,10 / C	45,37 / C	142711,00	14579,54	725892,43
O1+S1	206,29 / B	37,90 / B	203611,00	12101,82	687683,86
O1+S2	222,81 / B	41,07 / C	200361,00	13344,54	734142,74
O1+S3	218,59 / B	40,28 / C	210111,00	13079,27	733281,99
O2+S1	221,84 / B	40,62 / C	201994,00	12500,11	701998,29
O2+S2	233,83 / B	42,95 / C	198744,00	13434,49	736123,65
O2+S3	230,24 / B	42,28 / C	208494,00	13210,86	736928,46
O3+S1	207,35 / B	38,09 / B	218939,50	12038,28	700470,79
O3+S2	224,10 / B	41,30 / C	217009,50	13280,90	748245,44
O3+S3	219,89 / B	40,52 / C	225439,50	13020,09	746243,20
O4+S1	203,12 / B	37,33 / B	200740,00	12526,18	701787,24
O4+S2	218,35 / B	40,25 / C	197490,00	13717,22	746178,98
O4+S3	214,40 / B	39,52 / B	207240,00	13454,74	745429,56
O5+S1	210,36 / B	38,64 / B	BELİRSİZ	11427,18	-
O5+S2	228,37 / B	42,10 / C	BELİRSİZ	12681,89	-
O5+S3	223,86 / B	41,26 / C	BELİRSİZ	12419,77	-
O6+S1	199,55 / B	36,66 / B	172030,00	11974,03	650991,26
O6+S2	218,40 / B	40,25 / C	168780,00	13382,53	704081,00
O6+S3	214,41 / B	39,51 / B	178530,00	13123,36	703464,58

Tablo A-6 Opak+Saydam Yüzey Alternatifleri için EP-SEG Değerleri Ve Yapım Maliyeti-Yıllık Enerji Harcaması Hesabı – Ankara

ANKARA	EP değeri (kWh/m²-yıl) / Sınıfı	SEG değeri (kWh/m²-yıl) / Sınıfı	Opak ve saydam bina kabuğu maliyeti(TL)	Yıllık enerji harcaması(TL)	Maliyet+40 Yıllık enerji harcaması(TL)
M	257,75 / B	47,05 / B	170761,00	10800,22	602769,73
O1+S1	195,66 / B	35,42 / B	204931,00	10375,96	619969,28
O1+S2	198,16 / B	36,05 / B	201681,00	10876,67	636747,62
O1+S3	195,09 / B	35,48 / B	211431,00	10688,74	638980,52
O2+S1	218,84 / B	39,44 / B	201994,00	11070,55	644815,82
O2+S2	217,60 / B	39,38 / B	198744,00	11321,82	651616,72
O2+S3	215,19 / B	38,93 / B	208494,00	11170,14	655299,40
O3+S1	196,44 / B	35,56 / B	220259,50	10317,82	632972,48
O3+S2	199,03 / B	36,21 / B	217009,50	10820,05	649811,39
O3+S3	196,04 / B	35,66 / B	226759,50	10639,88	652354,57
O4+S1	191,46 / B	34,69 / B	201400,00	10698,24	629329,57
O4+S2	193,46 / B	35,21 / B	198150,00	11157,84	644463,44
O4+S3	190,61 / B	34,69 / B	207900,00	10974,31	646872,24
O5+S1	201,62 / B	36,48 / B	BELİRSİZ	9905,81	-
O5+S2	204,05 / B	37,12 / B	BELİRSİZ	10391,76	-
O5+S3	200,80 / B	36,51 / B	BELİRSİZ	10207,10	-
O6+S1	192,62 / B	34,89 / B	177310,00	10358,40	591645,93
O6+S2	194,61 / B	35,43 / B	174060,00	10823,27	606990,87
O6+S3	191,65 / B	34,88 / B	183810,00	10638,32	609342,87

Kaynakça

[1] Manioğlu, G. ve Koçlar Oral, G., (2010). Konu Başlık No: 4. Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri, 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İzmir.

[2] Yılmaz Z. vd., (2006). Türkiye ve İrlanda Binalarin Enerji Etkin Tasaım ve Yapımı için Sürdürülebilirlik Stratejileri, İTÜ Araştırma Fonu, İstanbul.

[3] Karaca, Ö., (2011). İstanbul'da Mevcut Bir Büro Yapisinin Enerji Etkin Yenilemesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul.

[4] MANGAN, S.D., (2014). Yaşam Döngüsü Enerji ve Maliyet Etkinliği Açısından Konut Binalarının Performanslarının Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[5] Cirit A., (2012). Binalarda Güneş Kontrol Elemanlarının Soğutma Enerjisi Yüklerine Etkisinin İrdelenmesine İlişkin Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[6] Enerji Verimliliği, http://www.ibb.gov.tr/sites/aydinlatmaenerji/Pages/EnerjiVerimliligi.aspx, 02 Nisan 2019.

[7] Koramaz, E., (2016). Dünya' da ve Türkiye'de Enerji Verimliliği Oda Raporu. https://www.mmo.org.tr/merkez/basin-aciklamasi/dunyada-ve-turkiyede-enerji-verimliligi-oda-raporu-aciklandi. 06 Nisan 2019.

[8] Gürbüz, Ö. (8 Ocak 2018). Birgün Gazatesi. https://www.birgun.net/haber-detay/turkiyenin-basi-petrolle-belada-198989.html, 07 Nisan 2019.

[9] Orhon, İ., Küçükdoğu, M. Ş., Ok,V. ve diğerleri. 1985. Toplu Konut İşletmesi I: Proje Planlama Tasarım El Kitabı. CI/SfB 81. UDC:69.00:728.1.

[10] Koca, Ö. (2006).Sicak Kuru Ve Sicak Nemli Iklim Bölgelerinde Enerji Etkin Yerleşme ve Bina Tasarim Ilkelerinin Belirlenmesine Yönelik Yaklaşim, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[11] Efe, A. (2009) Pasif güneş evlerinde bina kabuğu sistemi tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

[12] Berköz, E., ve diğ., 1995, Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı, Araştırma Raporu TÜBİTAK-INTAG 201, İstanbul.

[13] Demirtaş, A., (2011). Farklı İklim Bölgelerinde Otel Yapılarının Isıtma ve Soğutma Yükleri Açısından Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[14] Dörter, C. H., (1994). Konutlarda Isıtma Enerjisi Korunumu Amaçlı Mimari Tasarıma Yön Verici İlkelerin ve Çözümlerin Belirlenmesinde Bir Yaklaşım Araştırması, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[15] Zeren, L. ve diğ. Fiziksel Çevre Kontrolü Ders Notları, Fiziksel Çevre Kontrolü Birimi, İ.T.Ü., İstanbul.

[16] Lechner, N., (1991) Heating, Cooling, Lighting Design Methods for Architects, John Wiley&Sons, Kanada.

[17] Olgyay, A., ve Olgyay, V. (1957), Solar Control and ShadingDevices, Princeton UniversityPress, ABD.

[18] İklimlendirme İşlemleri, http://iklimlendirme.blogcu.com/iklimlendirme-islemleri/4094350, 06.04.2019.

[19] Thermal comfort and wellbeing, (January 2017). Calum Maclean, Senior Research Engineer, BSRIA Sustainable Construction Group, 06.04.2019.

[20] Türküresin, İ., (2017). Toprak, Alker ve Sürdürülebilir Yapılar, http://ekoiq.com/2017/04/26/toprak-alker-surdurulebilir-yapilar/, 31 Mart 2019.

[21] Öztürk Ö., (2019) Kadın Eğitim ve Üretim Merkezi, https://www.aa.com.tr/tr/yasam/odullu-mimar-kebandaki-kadinlari-uretime-yonlendirdi/1669252.

[22] Coşkun K., (2005). Alker Teknolojisinin Püskürtme Beton Tekniği ile Uygulanabilirliğinin Basınç Dayanımı Açısından Deneysel Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[23] Ekoklinker, https://ekoklinker.com/, 31 Mart 2019.

[24] Boardex, (2019) Kuru Duvar Sistemleri Dış Cephe Sistem Kitabı.

[25] Yurttakal, Ö., (2007). Pencere Sistemlerinin Isil Performansinin Eleman ve Bina Düzeyinde Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[26] Pencere Isı İletim Katsayısı, https://www.yalitimli-aluminyum.com/pencerelerde-isi-iletim-katsayisi-hesabi, 31.03.2019.

[27] Mimari Cam Performans Kriterleri, https://www.yalitimli-aluminyum.com/mimari-cam-performans-kriterleri, 31 Mart 2019.

[28] Şişecam Performans Hesap, http://www.sisecamduzcam.com/tr/faaliyet-alanlarimiz/mimari-camlar/performans-hesaplayici , 31.03.2019.

[29] Isıcam Ürün Kataloğu, http://www.isicam.com.tr/tr/profesyoneller-icin/profesyoneller-icin-urun-katalogu#, 31 Mart 2019.

[30] Alüminyum Pencere Çerçevelerinde Isı Yalıtımını İyileştirme, https://www.yalitimli-aluminyum.com/aluminyum-pencere-cercevelerinde-isi-yalitimini-iyilestirme, 31 Mart 2019.

[31] Çuhadaroğlu, http://www.cuhadaroglu.com/kategoriler/mimari-profil-sistemleri/urunler/dograma/acilir-dograma/yalitimli-dograma/st-70/st-70-1/.

[32] TBMM Elektrik Mühendisleri Odası, Binalarda Enerji Performansı, http://www.emo.org.tr/ekler/86273eed66e4f7c_ek.pdf 21 Nisan 2019.

[33] Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, (2019). B.İ.B Yapı İşleri Genel Müdürlüğü, Binalarda Enerji Verimliliği Şube Müdürlüğü, http://www.emo.org.tr/ekler/86273eed66e4f7c_ek.pdf, 05 Mayıs 2019.

[34] Etik Enerji Verimliliği Danışmanlık Eğitim Hizmet San. Ve Tic. Ltd. Şti.

[35] Gürallar, N., (2009). Kamu - Kamusal Alan - Kamu Yapıları - Kamusal Mekân: Modernite Öncesi ve Sonrası için Bir Terminoloji Tartışması, Makale, Gazi Üniversitesi, Ankara.

[36] Güney, Z. (2007). Kamusal Alan Nedir? Kamusal Mekan Nedir? , http://v3.arkitera.com/haber_21487_kamusal-alan-nedir-kamusal-mekan-nedir.html 01 Nisan 2019.

[37] Almanya Parlamento Binası (Reichstag), (2009). www.arkitera.com, http://v3.arkitera.com/g160-meclis-binalari.html?year=&aID=2840, 01.04.2019.

[38] Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü, https://www.afad.gov.tr/tr/23792/Aciklamali-Afet-Yonetimi-Terimleri-Sozlugu?kelime=belediye, 01 Nisan 2019.

[39] Belediyenin Görevleri Nelerdir Nedir?, http://belediyenin-gorevleri-nelerdir.nedir.org/, 01 Nisan 2019.

[40] Çabuk, S.N. (2015). CBS'nin Yerel Yönetimlerde Kullanımı ve Kent Bilgi Sistemleri, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7(3) 69-87.

[41] Kent Bilgi Sistemleri, (2017). https://www.ekopangea.com/2017/09/19/cbs-ve-kent-bilgi-sistemleri/ 13 Nisan 2019.

[42] Benli, U., Cevat, F., Toprak, M.F., Taşyürek, M., Ergüneş, F. (2012), "Kayseri Kültür Yolu Projesinin Kent Bilgi Sistemine Entegre edilmesi ve Üç Boyutlu Modellerin Kullanılması: Geleneksel Kayseri Mahallesi Örneği".

[43] Erdoğan, M.A., CBS' de Veri/Kaynak Analizi Dersi, Çukurova Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, https://abs.cu.edu.tr/Dokumanlar/2017/CSS119/878121946_veri_kaynak_analizi_final_ders_notu.pdf, 14.04.2019.

[44] Yomralıoğlu, T., Belediyelerin e-devlete Açılan Coğrafi Bilgi Kapısı: Kent Bilgi Sistemleri, İTÜ Geomatik Mühendisliği.

[45] Geymen, A. ve Yomralıoğlu, T.,(2006), "Yerel Yönetimler İçin Devingen Yapılı Bir Kent Bilgi Sistemi Yazılımının Geliştirilmesi: DEVKBS", YvKB'06-Yapı ve Kentte Bilişim Kongresi, 8-9 Haziran, s.49-60, Ankara.

[46] CNN TÜRK, (2017). Türkiye nüfusunun yüzde kaçı köyde yaşıyor?, https://www.cnnturk.com/ekonomi/turkiye/turkiye-nufusunun-yuzde-kaci-koyde-yasiyor-iste-cevabi, 31 Mart 2019.

[47] İzmir İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, İzmir Genel Bilgiler, http://www.izmirkulturturizm.gov.tr/TR-77342/genel-bilgiler.html , 27 Nisan 2019.

[48] T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx, 27 Nisan 2019.

[49] İstanbul İl Kültür ve Turizm Müdürlüüğü, İstanbul Coğrafi Bilgiler, http://www.istanbulkulturturizm.gov.tr/TR-165068/cografya.html , 27 Nisan 2019.

[50] Ankara İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, Gaziantep Genel Bilgiler, http://www.ankarakulturturizm.gov.tr/TR-152389/ankara-tarihce-ve-diger-bilgiler.html , 27 Nisan 2019.

[51] Binalarda Isı Yalıtım Kuralları TS 825 (2008).

[52] https://portal.enerya.com.tr/DogalGazBirimFiyatlari/index.xhtml?city=07,» 30 03 2019.

[53] https://encazip.com/elektrik-fiyatlari,» 30 03 2019.

[54] Prof. Dr. Bo Adamson ve Prof. Dr. Wolfgang Feist, 1988, Pasif Ev Standardı, Almanya.

[55] TBMM Elektrik Mühendisleri Odası, Binalarda Enerji Performansı, http://www.emo.org.tr/ekler/86273eed66e4f7c_ek.pdf, 23 Şubat 2018.

[56] ZEREN, L. ve diğ., 1987, Türkiye'de Yeni Yerleşmeler ve Binalarda Enerji Tasarrufu Amacıyla Bir Mevzuat Modeline Đlişkin Çalışma, Çevre ve Şehircilik Uygulama-Araştırma Merkezi, İ.T.Ü., ISTANBUL.

[57] Türkiye nüfusu, (2018). https://www.nufusu.com/, 31 Mart 2019.

[58] Zeren, L., (1977). Türkiye'de iklimle dengeli mimari uygulama, TÜBİTAK VI.

[59] Deniz, A., (2018). Kamu Yapısı Yapı Kabuğunun Düşük Maliyetli Enerji Etkin İyileştirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[60] Olgyay, V. ve Olgyay A., (1992). Design with Climate, Van Nostrand Reinhold Press, Second Edition, New York.

[61] Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, (2019). B.İ.B Yapı İşleri Genel Müdürlüğü, Binalarda Enerji Verimliliği Şube Müdürlüğü, http://www.emo.org.tr/ekler/86273eed66e4f7c_ek.pdf, 05 Mayıs 2019.