

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ADA BAZLI KENTSEL DÖNÜŞÜMDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ
UYGULAMALARI VE MALİYET İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ:
ANTALYA ÖRNEĞİ**

Ender YETİM

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2021

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ADA BAZLI KENTSEL DÖNÜŞÜMDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ
UYGULAMALARI VE MALİYET İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ:
ANTALYA ÖRNEĞİ**

Ender YETİM

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ADA BAZLI KENTSEL DÖNÜŞÜMDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ
UYGULAMALARI VE MALİYET İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ:
ANTALYA ÖRNEĞİ

Ender YETİM
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez/...../2021 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Aynur KAZAZ (Danışman)

Prof. Dr. Serdar ULUBEYLİ

Doç. Dr. Okan ÖZCAN

ÖZET

ADA BAZLI KENTSEL DÖNÜŞÜMDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMALARI VE MALİYET İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ: ANTALYA ÖRNEĞİ

Ender YETİM

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Aynur KAZAZ

Haziran 2021; 188 sayfa

Kentler, ilk oluşumundan itibaren birçok sebepten yenilenme ya da dönüşüm sorunuyla karşılaşmışlardır. Yerleşim yerlerinin fiziki olarak iyileştirilmesi, sosyal ve ekonomik anlamda yaşanılabilir bir kente dönüştürülmesi kentsel planlamayla mümkündür. Dünyada her geçen gün yeni yerleşim alanlarının açılması, kentler giderek büyümesi enerji kaynakların kullanımının artmasına neden olmaktadır. Dünyada kentsel dönüşüm örnekleri incelendiğinde, özellikle enerjide dışa bağımlı olan ülkelerde, öncelikle ele alınan konuların başında bölgesel enerji verimliliğinin geldiği görülmektedir. Türkiye’de enerjiye olan talebin artması, her yıl enerji ithalatıyla milyarlarca doların harcanması, binalarda enerji verimliliğini artırmaya yönelik çalışmaların yürütülmesine neden olmuştur. Bu amaçla; gerçekleştirilen bu çalışmada örneklem olarak Antalya ili Kepez İlçesi, Gülveren Mahallesi’nde uygulanan ada bazlı kentsel dönüşüm projesinde yer alan örnek üç blok için enerji tüketim ve malzeme maliyet verilerine göre Baz Bina Modelleri oluşturulmuştur. Baz Bina Modellerinde enerjinin etkin kullanılmasına yönelik; ısı yalıtım malzemelerinde, cam ve aydınlatma sisteminde iyileştirmeler yapılarak, güneş kırıcı, hava kaynaklı ısı pompası, fotovoltaik sistem eklenerek ve optimum yönelim analizleri gerçekleştirilerek Tasarım Bina Modelleri oluşturulmuştur. DesignBuilder ve EnergyPlus termal simülasyon programları kullanılarak her bir iyileştirme ve uygulama sonrası Tasarım Bina Modellerinde elde edilen enerji tüketim sonuçları Baz Bina Modelleriyle karşılaştırılarak %32,4 ila %47,0 arasında enerji tasarrufu sağlandığı görülmüştür. Enerji verimliliğini arttırmaya yönelik yapılan iyileştirme ve uygulamaların oluşturduğu maliyet artışı hesaplanmıştır. Antalya’da bina kabuğunda uygulanacak optimum yalıtım malzemesi kalınlığı ömür maliyet analizi ve derece-gün metodu yardımıyla hesaplanmıştır. Çalışmanın bu özelliği ile Antalya özelinde enerji etkin yapı tasarım kriterleri oluşturularak belediyeler öncülüğünde gerçekleştirilen kentsel dönüşüm projelerinin sürdürülebilir, enerjide etkin tasarlanması hedeflenmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Enerji verimli bina tasarımı, Yeşil bina, Enerji verimli bina maliyeti

JÜRİ: Prof. Dr. Aynur KAZAZ

Prof. Dr. Serdar ULUBEYLİ

Doç. Dr. Okan ÖZCAN

ABSTRACT

AN INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONS AND COSTS IN ISLAND-BASED URBAN RENEWAL: A CASE OF ANTALYA

Ender YETIM

MSc. Thesis in Civil Engineering Department

Supervisor: Prof. Dr. Aynur KAZAZ

June 2021; 188 pages

Since their first appearance, cities have faced renewal or transformation problems for many reasons. Urban planning is the only way to physically improve residential areas and transform cities into socially and economically livable spaces. However, energy sources are being depleted rapidly worldwide due to the development of new residential areas and the expansion of cities. Energy-dependent countries focus primarily on regional energy efficiency when it comes to urban renewal projects. Turkish researchers have directed their attention to energy efficiency because Turkey has been facing exponential growth in energy demand and pouring billions of dollars out to meet the need. Therefore, this paper proposed Base Building Models depending on energy consumption and material cost data. The sample consisted of three blocks in an island-based urban renewal project launched in Gülviren District in Kepez/Antalya. The Base Building Models consisted of Design Building Models based on energy-efficient applications (improvements in thermal insulation materials and window and lighting system and adding solar shades, air-source heat pumps, photovoltaic systems, etc.) and optimum orientation analysis. Each improvement and application was analyzed using the DesignBuilder and EnergyPlus thermal simulation software packages. The Design Building Models and Base Building Models were compared in terms of energy consumption. The results showed energy savings of 32.4% to 47.0%. The increase in costs due to the improvements and applications was calculated. The optimum insulation material thickness for the building envelope in Antalya was calculated using the life-cycle cost analysis and the degree-day method. This study presents energy-efficient building design criteria for Antalya. We think that the results will help municipalities design sustainable and energy-efficient urban renewal projects.

KEYWORDS: Energy-efficient building design, green building, energy-efficient building cost

COMMITTEE: Prof. Dr. Aynur KAZAZ

Prof. Dr. Serdar ULUBEYLI

Assoc. Prof. Dr. Okan OZCAN

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, Türkiye'nin sıcak nemli iklim bölgesinde yer alan Antalya ilinde ada bazlı kentsel dönüşüme uğramış olan Kepez İlçesi, Gülveren Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi, 1. Etap Hak Sahipleri Konutları'nda yer alan örnek üç bloğun enerji etkin tasarlanması durumunda ortaya çıkan enerji tasarruf oranı ve maliyet artışı araştırılmıştır.

Dünyada nüfusun her gecen gün artması, şehirleşme, sanayileşme oranında büyük bir artış yaşanmasına ve enerjiye olan talebin yükselmesine neden olmaktadır. Bu talebi karşılamak amacıyla doğal kaynaklar hızlı, bilinçsiz ve aşırı şekilde tüketilmektedir. Bu durum küresel ısınmayla birlikte iklim değişikliğine sebep olarak tüm canlıları ve gelecek nesilleri olumsuz bir şekilde etkileyecek küresel bir çevre felaketine dönüşmektedir. Şehirleşmenin ve sanayileşmenin getirdiği insan kaynaklı bu çevresel sorunları en aza indireyecek, gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakmak adına çevreye duyarlı, enerji verimli, sürdürülebilir, ekolojik, sağlığı koruyan enerji etkin bina/yeşil bina kavramı ortaya çıkmıştır. Ülkemiz enerji ihtiyacının %70-76'si ithal etmekte olup her yıl bu oran artmaktadır. Bu çalışmada; Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığın azaltılması amacıyla, yapılması planlanan kentsel dönüşüm projelerinin enerjide verimli olmasına, yenilenebilir enerji kaynakların kullanılmasının sağlanmasına yönelik yerel yönetimler üzerinde olumlu etki bırakabilecek veriler elde edilmiştir.

Yüksek lisans tez çalışmasında; planlanmasında, araştırılmasında ve yürütülmesinde benden yardımlarını, desteğini ve sabrını esirgemeyen, derin bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamın şekillenmesi ve sonuçlandırılmasında büyük emeği geçen değerli danışman hocam Prof. Dr. Aynur KAZAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarına imkan sağlayan, destek veren başta Kepez Belediyesi Gecekondu ve Sosyal Konutlar Müdürü Tahir TUNCA olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışmanın gerçekleştirilmesinde proje bilgilerini benimle paylaşan başta Yük. Mimar Hacer TEKİN (Kepez Belediyesi Kentsel Tasarım Müdürlüğü) olmak üzere Kepez Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü çalışanı Mak. Müh. Ali Çağlar ÇOŞAN'a, Elk. Müh. Özlem ŞAKAR CEYLAN'a, Mimar Süreyya ÇELİK'e, İnş. Müh. Şevket ÖZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Simülasyon programında önemli yardım ve katkılarından dolayı başta Yük. Mak. Müh. Levent KOCALIOĞLU olmak üzere, Mak. Müh. Batuhan UYSAL'a teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışması sürecinde hikayeleriyle bana güç veren değerli dostum Nikolay Vasilyeviç GOGOL'a çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitim dönemim boyunca her türlü desteğini esirgemeyen eşim Emel EMİR YETİM'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	5
2.1. Kentsel Dönüşüm Kavramı	5
2.1.1. Kentsel dönüşümün amacı ve boyutları	5
2.1.1.1. Fiziksel boyut	6
2.1.1.2. Ekonomik boyut	7
2.1.1.3. Sosyal boyut	7
2.1.2. Kentsel dönüşüm yöntemleri.....	8
2.1.2.1. Kentsel yenileme	8
2.1.2.2. Kentsel koruma.....	8
2.1.2.3. Yeniden canlandırma.....	8
2.1.2.4. Soylulaştırma	8
2.1.2.5. Sağıklaştırma	8
2.1.2.6. Alansal temizleme	9
2.1.3. Kentsel dönüşümün uygulama alanları	9
2.1.3.1. Gecekondu alanlarında kentsel dönüşüm	9
2.1.3.2. Kent merkezlerinde kentsel dönüşüm	9
2.1.3.3. Sanayi alanlarının kent merkezlerini terk etmesi sonucu oluşan kentsel dönüşüm	10
2.1.3.4. Afet zararlarını ve kentsel riskleri azaltmak için kentsel dönüşüm.....	10
2.1.4. Dünya’da kentsel dönüşüm uygulamaları	10
2.1.5. Türkiye’de kentsel dönüşüm uygulamaları	11
2.2. Enerji ve Enerji Verimliliği	12
2.2.1. Dünya’da enerji ve enerji verimliliği politikaları.....	12
2.2.2. Türkiye’de enerji ve enerji verimliliği politikaları.....	15
2.2.2.1. Enerji verimliliği kanunu.....	16
2.2.2.2. Binalarda ısı yalıtım yönetmeliği ve TS825 binalarda ısı yalıtım standartları.....	17
2.2.2.3. Binalarda enerji performans yönetmeliği (BEP)	17
2.3. Konutlarda Enerji Verimliliği	18
2.4. Enerji Etkin Bina Tasarımı	21
2.4.1. Enerji etkin bina tasarımında etkili olan parametreler	27
2.4.1.1. Yerleşme birimlerinde pasif sistemler ile enerji korunumu	28
2.4.1.2. Yerleşme birimlerinde aktif sistemler ile enerji kullanımı	58
3. METERYAL VE METOT	62
3.1. Enerji Etkin Bina Tasarımında Gerçekleştirilen Uygulamalar ve Analizler	63

3.1.1. Bina kabuğu ısı yalıtım uygulaması	63
3.1.2. Bina kabuğunda kullanılan camların iyileştirilmesi.....	64
3.1.3. Güneş kırıcı sistem tasarımı ve uygulaması.....	64
3.1.4. Aydınlatma sisteminin iyileştirilmesi.....	65
3.1.5. Fotovoltaik panel tasarımı ve uygulaması.....	65
3.1.6. Hava kaynaklı ısı pompası uygulaması	66
3.1.7. Optimum yönelim	66
4. BULGULAR	67
4.1. Proje Alan Analizi	67
4.2. Gülveren Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi I. Etap Analizi	71
4.3. Baz Binaların Analizi	73
4.3.1. B blok model analizi	74
4.3.2. D blok model analizi	75
4.3.3. F blok model analizi.....	76
4.4. Bina Kabuğu Isı Yalıtımı	79
4.4.1. Bina dış duvarlarında ısı yalıtımı	87
4.4.2. Betonarme duvarda ısı yalıtımı	94
4.4.3. Toprak temaslı döşemede ısı yalıtımı.....	97
4.4.4. Çatı döşemesinde ısı yalıtımı	100
4.5. Bina Kabuğunda Isı Yalıtımın İyileştirilmesi	103
4.6. Bina Kabuğunda Kullanılan Camların İyileştirilmesi	113
4.7. Güneş Kırıcı Sistem Tasarım Uygulaması	122
4.8. Aydınlatma Sistemi İyileştirilmesi.....	127
4.9. Fotovoltaik Panel Tasarımı ve Uygulaması	132
4.10.Hava Kaynaklı Isı Pompası Kurulumu.....	133
4.11.Optimum Yönelim Uygulaması	138
4.11.1. B blok optimum yönelim analizi	139
4.11.1.1. B blok optimum batı yönelimi.....	139
4.11.1.2. B blok optimum doğu yönelimi.....	142
4.11.2. D blok optimum yönelim analizi.....	146
4.11.2.1. D blok optimum batı yönelim	146
4.11.2.2. D blok optimum doğu yönelimi	150
4.11.3. F blok optimum yönelim analizi	154
4.11.3.1. F blok optimum batı yönelimi	154
4.11.3.2. F blok optimum doğu yönelimi	158
4.12.Optimum Senaryoların Uygulanması ve Maliyet Analizi.....	162
5. TARTIŞMA.....	170
6. SONUÇLAR	174
7. KAYNAKLAR.....	176
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Ada Bazlı Kentsel Dönüşümde Enerji Verimliliği Uygulamaları ve Maliyet İlişkisinin İncelenmesi: Antalya Örneği” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

18/06/2021

Ender YETİM



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

\$	: Dolar
€	: Euro
Ayıl,1	: Sadece ısıtma yapılan binalar için net tasarruf miktarı, (TL/m ² yıl)
Ayıl,1,s	: Hem ısıtma hem de soğutma yapılan binalar için net tasarruf miktarı, (TL/m ² yıl)
C ₁	: Yalıtılmamış binanın toplam ısıtma maliyeti, (TL/m ² yıl)
C _{1,s}	: Yalıtılmamış binanın toplam ısıtma ve soğutma maliyeti, (TL/m ² yıl)
cm	: Santimetre
CO ₂	: Karbondioksit
COP	: Soğutma sistemi etkinliği
C _y	: Yalıtım malzemesinin birim fiyatı (TL/m ³)
C _{yakıt}	: Yakıt birim fiyatı (TL/m ³)
C _{yal.,top.,1}	: Yalıtılmış binanın toplam ısıtma maliyeti, (TL/m ² yıl)
C _{yal.,top.,1,s}	: Yalıtılmış binanın toplam ısıtma-soğutma maliyeti, (TL/m ² yıl)
C _{yal.,top.,s}	: Yalıtılmış binanın toplam soğutma maliyeti, (TL/m ² yıl)
C _{yalıtım}	: Yalıtım malzemesinin maliyeti, (TL/m ²)
C _{yıl,1}	: Birim yüzey için yıllık ısıtma maliyeti, (TL/m ² yıl)
C _{yıl,s}	: Birim yüzey için yıllık soğutma maliyeti, (TL/m ² yıl)
DG	: Derece-gün sayısı, (°C.gün)
EPS	: Expanted polistren
E _{yıl,1}	: Yıllık ısıtma enerji ihtiyacı (W/m ²)
E _{yıl,s}	: Yıllık soğutma enerji ihtiyacı (W/m ²)
g	: Enflasyon oranı
GÖS ₁	: Sadece ısıtma yapılan binalarda geri ödeme süresi, (yıl)

$G\ddot{O}S_{1,s}$	: Hem ısıtma hem de soğutma yapılan binalar geri ödeme süresi, (yıl)
h	: Yakma sisteminin verimi
H_u	: Yakıtın alt ısı değeri, (kJ/m ³)
i	: Faiz oranı (%)
k	: Isı iletim katsayısı, (W/mK)
Kg	: Kilogram
km^2	: Kilometre Kare
kWh	: Kilowatt saat
m^2	: Metre Kare
m^3	: Metreküp
N	: Ömür, (yıl)
$^{\circ}C$	: Derece
q	: Isı kaybı-kazancı, (W/m ²)
$q_{yıl,1}$	: Yıllık ısı kaybı, (W/m ²)
$q_{yıl,s}$	: Yıllık ısı kazancı, (W/m ²)
r	: Gerçek faiz oranı (%)
R	: Malzemelerin ısı direnci, (m ² K/W)
R_d	: Dış yüzey ısı taşınım direnci, (m ² K/W)
$R_{d,t}$	: Yalıtımsız duvarın toplam ısı direnci, (m ² K/W)
R_{duvar}	: Duvar katmanlarının ısı yalıtımı olmadan ısı iletim direncini, (m ² K/W)
R_i	: İç yüzey ısı taşınım direnci, (m ² K/W)
R_y	: Yalıtım malzemesinin ısı direnci, (m ² K/W)
sn	: Saniye
U	: Toplam ısı geçiş katsayısı, (W/m ² K)
U	: Isı Geçirgenlik Katsayısı
UD	: Duvar ısı geçirgenlik katsayısı

UP	: Pencere ısı geçirgenlik katsayısı
Ut	: Taban ısı geçirgenlik katsayısı
UT	: Tavan ısı geçirgenlik katsayısı
x	: Yalıtım kalınlığı, (m)
x _{opt,1}	: Sadece ısıtma yapılan binalar için optimum yalıtım kalınlığı, (m)
x _{opt,1,s}	: Hem ısıtma hem de soğutma yapılan binalar için optimum yalıtım kalınlığı, (m)
x _{opt,s}	: Sadece soğutma yapılan binalar için optimum yalıtım kalınlığı, (m)
ΔT	: İç, dış ortam sıcaklık farkı (°C)
Hu	: Yakıtın Alt Isıl Değeri (J/kg; J/m ³ ; J/kwh)
mfA	: Tüketilen Yıllık Yakıt Miktarı (kg/m ² -yıl)
η	: Yakıtın Verimi

Kısaltmalar

ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği)
BEP	: Bina Enerji Performansı
BREEAM	: Bre Environmental Assessment Method
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DGNB	: Alman Sürdürülebilir Yapı Sertifikası
HVAC	: Heating Ventilating and Air Conditioning (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme)
IDG	: Isıtma Derece Gün (°C.gün)
IEA	: International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
PV	: Fotovoltaik
SDG	: Soğutma Derece Gün (°C.gün)

ŞDF	: Şimdiki değır faktörü
TL	: Türk Lirası
TOKİ	: Toplu Konut İdaresi Başkanlığı
XPS	: Ekstrude polistiren



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Avrupa Birliği enerji yol haritası.....	15
Şekil 2.2. Güneş haritası	16
Şekil 2.3. Enerji kimlik belgesi.....	18
Şekil 2.4. Farklı topografik yapılarda iklim koşullarının değişimi.....	29
Şekil 2.5. Farklı topografik yapılarda binaların yerleşim alternatifleri	29
Şekil 2.6. Farklı topografik yapılar içinde binanın konumuna göre ısı kayıpları ve sıcaklık farkları.....	29
Şekil 2.7. Gün içerisinde güneş hareketine bağlı olarak yatay ve dikey yüzeylerdeki doğrudan ışıının karşılaştırması.....	30
Şekil 2.8. Bir kente ait kentsel ısı adası profili	31
Şekil 2.9. Yerleşim alanlarının hava sirkülasyonuna etkisi	31
Şekil 2.10. Rüzgar hızının yüzey dokusuna göre değişimi.....	32
Şekil 2.11. Farklı yerleşkelerin rüzgar hareketine etkisi.....	32
Şekil 2.12. Bina aralarındaki açıklık ilişkisine göre değişen rüzgar hareketleri.....	33
Şekil 2.13. Rüzgarın soğutma etkisini artırmak amaçlı bina yerleşim türleri.....	33
Şekil 2.14. Farklı bina formlarında oluşan rüzgar etkisi ve negatif basınç alanları.....	33
Şekil 2.15. Rüzgar hızı ile ısı kaybı ilişkisi	34
Şekil 2.16. TS 825-2013 derece gün bölgeleri sınıflandırılması	34
Şekil 2.17. Türkiye iklim bölgeleri ve pilot şehirler haritası	35
Şekil 2.18. Tipik bir rüzgar kırıcı planı	36
Şekil 2.19. Yeşil doku ile rüzgar hızının azaltılması	36
Şekil 2.20. Yeşil doku ile rüzgarın yönlendirilmesi	36
Şekil 2.21. Yapraklarını döken ağaçların bina cephesi üzerindeki güneş ısı etkisi	37
Şekil 2.22. Düz ve eğimli yüzeylere gelen güneş ışıının ve gölge uzunluğu ilişkisi.....	39
Şekil 2.23. Aynı eğimde farklı yönlerde bakan yamaçlarda konumlanmış binaların gölge uzunlukları.....	40

Şekil 2.24. İmar planı ve güneş enerjisi kullanımı.....	40
Şekil 2.25. İklim özelliklerine göre uygun topografik konumlar.....	41
Şekil 2.26. Güneşin yazın ve kışın izlediği yol.....	42
Şekil 2.27. Farklı yönelmelerde güneş ışıınım miktarı değişimi	42
Şekil 2.28. Hakim rüzgar yönüne göre binaların konumlandırılışı.....	42
Şekil 2.29. Farklı iklim bölgelerine göre optimum yönelim ve arazi eğimi	43
Şekil 2.30. Bina konumlarının güneş ışıınımına etkisi	44
Şekil 2.31. Farklı iklim bölgelerine göre binalar arası optimum mesafeler.....	44
Şekil 2.32. Yükseklik/genişlik oranının termal etkisi.....	45
Şekil 2.33. Isı kaybı oranının çeşitli plan tiplerine göre değişimi	45
Şekil 2.34. Yapının çatı eğimi ile yapıya gelen güneş ışıınımı ilişkisi	45
Şekil 2.35. Yapı formu yüzey ilişkisi-1	46
Şekil 2.36. Yapı formu yüzey ilişkisi-2	46
Şekil 2.37. Aynı hacme sahip farklı geometrik formların ısı kaybına etkisi	46
Şekil 2.38. Aynı hacme sahip farklı birleşimlerin ısı kaybına etkisi	47
Şekil 2.39. Form ve yönlendirmenin ısı kazanımına, form ve yüzey-hacim oranının ısı kaybına etkisi	47
Şekil 2.40. Farklı iklim bölgelerine göre optimum bina formu	48
Şekil 2.41. Bitişik duvarlardaki açıklıkların vantilasyon farkı	49
Şekil 2.42. Güneş kırıcı sistemi çalışma prensibi	49
Şekil 2.43. Güneş kırıcı tasarımının güneş ışıınım ilişkisi.....	50
Şekil 2.44. Yatay ve düşey güneş kırıcı tasarımı	50
Şekil 2.45. Mekan/dış yüzey alan adet ilişkisi	51
Şekil 2.46. Türkiye’de iklim bölgeleri için optimum mekan derinliği	51
Şekil 2.47. Mekanların yönelim ve konuma göre yıllık ısıtma enerjisi kazanımı	51
Şekil 2.48. Binalarda optimum güneş ışıınımına göre hacimlerin yönlendirilmesi.....	52

Şekil 2.49. Türkiye’de kullanılan ısı cam çeşitleri	55
Şekil 2.50. Hava kaynaklı ısı pompası.....	59
Şekil 2.51. PV panel çatı uygulamaları.....	61
Şekil 3.1. Tasarım binalarda uygulanan güneş kırıcılar.....	64
Şekil 3.2. Ampullerin kullanım ömrüne ve tasarruf oranına göre karşılaştırması	65
Şekil 4.1. Proje alanı yakın çevre analizi.....	67
Şekil 4.2. Proje alanının ulaşım analizi.....	68
Şekil 4.3. Gülveren Mahallesi kentsel dönüşüm öncesi görüntüsü (1).....	69
Şekil 4.4. Gülveren Mahallesi kentsel dönüşüm öncesi görüntüsü (2).....	69
Şekil 4.5. Gülveren Mahallesi kentsel dönüşüm öncesi görüntüsü (3).....	69
Şekil 4.6. Gülveren Kentsel Dönüşüm Proje alanı (1/1000 Uygulama İmar Planı)	70
Şekil 4.7. Antalya Gülveren Mahallesi I. etap kentsel dönüşüm sonrası görüntüsü.....	70
Şekil 4.8. Gülveren Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi I. etap.....	71
Şekil 4.9. Gülveren Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi I. etap B blok görünüşü	72
Şekil 4.10. Gülveren Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi I. etap D blok görünüşü.....	72
Şekil 4.11. Gülveren Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi I. etap F blok görünüşü.....	73
Şekil 4.12. Gülveren Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi ada bazında oluşturulan model görüntüsü.....	73
Şekil 4.13. B Blok model görünüşü	74
Şekil 4.14. B Blok model görünüşü	75
Şekil 4.15. D Blok model görünüşü.....	75
Şekil 4.16. D Blok model görünüşü.....	75
Şekil 4.17. F Blok model görünüşü	76
Şekil 4.18. F Blok model görünüşü	76
Şekil 4.19. 21 Mart’ta binaların oluşturduğu gölge boyları.....	77
Şekil 4.20. 21 Haziran’da binaların oluşturduğu gölge boyları	77

Şekil 4.21. 23 Eylül’de binaların oluşturduğu gölge boyları	78
Şekil 4.22. 21 Aralık’ta binaların oluşturduğu gölge boyları	78
Şekil 4.23. Duvar kesitini oluşturan malzemeler	79
Şekil 4.24. Duvarda kullanılan yapı malzemeleri	80
Şekil 4.25. Yapıda kullanılan yalıtım malzemeleri.....	81
Şekil 4.26. Bina betonarme kabuk yapısı.....	81
Şekil 4.27. Üç sıralı blok bims duvar için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi doğalgaz, soğutma enerjisi elektrik).....	91
Şekil 4.28. Üç sıralı blok bims duvar için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi elektrik, soğutma enerjisi elektrik)	91
Şekil 4.29. CO ₂ emisyon miktarı (kg eşd.CO ₂ /m ²).....	91
Şekil 4.30. Delikli tuğla duvar için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi doğalgaz, soğutma enerjisi elektrik).....	92
Şekil 4.31. Delikli tuğla duvar için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi elektrik, soğutma enerjisi elektrik)	92
Şekil 4.32. CO ₂ emisyon miktarı (kg eşd.CO ₂ /m ²).....	92
Şekil 4.33. Gazbeton için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi doğalgaz, soğutma enerjisi elektrik).....	93
Şekil 4.34. Gazbeton için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi elektrik, soğutma enerjisi elektrik).....	93
Şekil 4.35. CO ₂ emisyon miktarı (kg eşd.CO ₂ /m ²).....	93
Şekil 4.36. Betonarme duvar için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi doğalgaz, soğutma enerjisi elektrik).....	96
Şekil 4.37. Betonarme duvar için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi elektrik, soğutma enerjisi elektrik).....	96
Şekil 4.38. Toprak temaslı döşeme için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi doğalgaz, soğutma enerjisi elektrik).....	99
Şekil 4.39. Toprak temaslı döşeme için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi elektrik, soğutma enerjisi elektrik)	99
Şekil 4.40. Çatı döşemesi için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi doğalgaz, soğutma enerjisi elektrik).....	102

Şekil 4.41. Çatı döşemesi için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi elektrik, soğutma enerjisi elektrik).....	102
Şekil 4.42. Tasarım Bina modellerine yansıtılan güneş kırıcılar	122
Şekil 4.43. Baz Binalarda Fotovoltaik panel uygulaması	132
Şekil 4.44. Optimum yönelim analiz kriterleri	138
Şekil 4.45. B blok batı yönünde yönelim senaryoları.....	139
Şekil 4.46. B blok doğu yönünde yönelim senaryoları.....	143
Şekil 4.47. D blok batı yönünde yönelim senaryoları.....	147
Şekil 4.48. D blok doğu yönünde yönelim senaryoları.....	151
Şekil 4.49. F blok batı yönünde yönelim senaryoları	155
Şekil 4.50. F blok doğu yönünde yönelim senaryoları	159
Şekil 5.1. B Blok optimum tasarım binaların enerji tasarruf-maliyet artış ilişkisi	171
Şekil 5.2. D Blok optimum tasarım binaların enerji tasarruf-maliyet artış ilişkisi	171
Şekil 5.3. F Blok optimum tasarım binaların enerji tasarruf-maliyet artış ilişkisi.....	171

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Çeşitli yüzeylerin güneş ışıınımı yutuculuk katsayıları	38
Çizelge 2.2. TS 825'e göre bazı pencerelerin ısııl geçirgenlik (U_p) katsayıları.....	55
Çizelge 2.3. TS-825 (2013); Binalarda ısıı yalıtım yönetmeliğine göre maksimum alınması tavsiye edilen U değeri	58
Çizelge 3.1. Ampullerin ışık miktarına ve enerji kullanımına göre karşılaştırması	65
Çizelge 4.1. Duvar malzemelerinin fiziksel özellikleri	80
Çizelge 4.2. Duvar malzemelerinin birim fiyatı ve ısııl iletkenlik değeri.....	80
Çizelge 4.3. Yalıtım malzemeleri ve özellikleri	81
Çizelge 4.4. Betonarme duvar ve döşemelerin fiziksel özellikleri	82
Çizelge 4.5. Isıtma için kullanılan yakıtlar ve özellikleri	84
Çizelge 4.6. Ömür maliyet analizinde kullanılan mali değeri	85
Çizelge 4.7. Farklı dış duvarlarda, yalıtım malzemesi ve yakıt türüne bağılı ısıtma ve soğutma için optimum yalıtım kalınlığı (m).....	87
Çizelge 4.8. Üç sıra blok bims, delikli tuğla ve gazbeton duvar için farklı yalıtım malzemelerine bağılı optimum yalıtım kalınlığı (m)	88
Çizelge 4.9. Üç sıralı blok bims duvar, tuğla duvar ve gazbeton duvar için optimum yalıtım kalınlığına bağılı ısıtma ve soğutma maliyet analizi-1.....	89
Çizelge 4.10. Üç sıralı blok bims duvar, tuğla duvar ve gazbeton duvar için optimum yalıtım kalınlığı maliyet analizi-2.....	90
Çizelge 4.11. Betonarme duvar için farklı yalıtım malzemelerine ve yakıt türüne bağılı yalıtım kalınlığı (m)	94
Çizelge 4.12. Yalıtım malzemelerine bağılı optimum yalıtım kalınlığı (m).....	94
Çizelge 4.13. Betonarme duvar için optimum yalıtım kalınlığına bağılı ısıtma ve soğutma maliyet analizi.....	95
Çizelge 4.14. Isıtmada kullanılan yakıt türüne bağılı olarak hem ısıtmada hem soğutmada optimum yalıtım kalınlığı maliyet analizi-1	95
Çizelge 4.15. Betonarme duvar için optimum yalıtım kalınlığı ve maliyet analizi-2.....	96
Çizelge 4.16. Toprak temaslı döşeme için farklı yalıtım malzemelerine ve yakıt türüne bağılı yalıtım kalınlığı (m)	97

Çizelge 4.17. Yalıtım malzemelerine bağlı optimum yalıtım kalınlığı (m).....	97
Çizelge 4.18. Toprak temaslı döşeme için optimum yalıtım kalınlığına bağlı ısıtma ve soğutma maliyet analizi	98
Çizelge 4.19. Isıtmada kullanılan yakıt türüne bağlı olarak hem ısıtmada hem soğutmada optimum yalıtım kalınlığı maliyet analizi-1	98
Çizelge 4.20. Toprak temaslı döşeme için optimum yalıtım kalınlığı ve maliyet analizi-2.....	99
Çizelge 4.21. Çatı döşemesi için farklı yalıtım malzemelerine ve yakıt türüne bağlı optimum yalıtım kalınlığı (m).....	100
Çizelge 4.22. Yalıtım malzemelerine bağlı optimum yalıtım kalınlığı (m).....	100
Çizelge 4.23. Çatı döşemesi için optimum yalıtım kalınlığına bağlı ısıtma ve soğutma maliyet analizi.....	101
Çizelge 4.24. Isıtmada kullanılan yakıt türüne bağlı olarak hem ısıtmada hem soğutmada optimum yalıtım kalınlığı maliyet analizi-1	101
Çizelge 4.25. Çatı döşemesi için optimum yalıtım kalınlığı ve maliyet analizi-2.....	102
Çizelge 4.26. Antalya’da farklı yakıt türüne göre bina kabuğunda uygulanması gereken optimum yalıtım malzemesi ve kalınlığı	103
Çizelge 4.27. Baz Binalar için hesaplanan ısı yalıtım iyileştirme senaryoları	104
Çizelge 4.28. Bina kabuk elemanların iyileştirme öncesi ve sonrası U- değerleri	104
Çizelge 4.29. B Blok Baz Bina-1 ve Baz Bina-2 için ısı yalıtım iyileştirme sonrası enerji tüketimi, maliyetleri ve emisyon oranları	105
Çizelge 4.30. D Blok Baz Bina-1 ve Baz Bina-2 için ısı yalıtım iyileştirme sonrası enerji tüketimi, maliyetleri ve emisyon oranları	106
Çizelge 4.31. F Blok Baz Bina-1 ve Baz Bina-2 için ısı yalıtım iyileştirme sonrası enerji tüketimi, maliyetleri ve emisyon oranları	107
Çizelge 4.32. Optimum yalıtım senaryoları ve kullanılan ısı yalıtım malzemeleri	109
Çizelge 4.33. Bina kabuğu ısı yalıtımında kullanılan yalıtım malzemeleri ve duvar elemanları birim fiyatı.....	109
Çizelge 4.34. B Blok Baz Binaların ve Optimum Tasarım Binaların ısı yalıtım maliyet analizi	110
Çizelge 4.35. D Blok Baz Binaların ve Optimum Tasarım Binaların ısı yalıtım maliyet analizi	110

Çizelge 4.36. F Blok Baz Binaların ve Optimum Tasarım Binaların ısı yalıtım maliyet analizi	111
Çizelge 4.37. Baz Binaların ve Optimum Tasarım Binaların ısı yalıtım maliyet karşılaştırması	112
Çizelge 4.38. Baz Binalarda ve Tasarım Binalarda kullanılan camların özellikleri.....	113
Çizelge 4.39. B Blok Baz Bina-1 için camların iyileştirme öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları.....	114
Çizelge 4.40. B Blok Baz Bina-2 için camların iyileştirme öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları.....	115
Çizelge 4.41. D Blok Baz Bina-1 için camların iyileştirme öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları.....	116
Çizelge 4.42. D Blok Baz Bina-2 için camların iyileştirme öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları.....	117
Çizelge 4.43. F Blok Baz Bina-1 için camların iyileştirme öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları.....	118
Çizelge 4.44. F Blok Baz Bina-2 için camların iyileştirme öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları.....	119
Çizelge 4.45. Baz Binalarda ve Tasarım Binalarda kullanılan camların özellikleri.....	120
Çizelge 4.46. Baz Binalarda ve Optimum Tasarım Binalarda kullanılan camların birim fiyatı.....	120
Çizelge 4.47. Baz Binaların ve Tasarım Binaların cam maliyet analizi	121
Çizelge 4.48. Baz Binaların ve Tasarım Binaların cam maliyetlerinin karşılaştırması	121
Çizelge 4.49. B Blok Baz Binalar için güneş kırıcı sistem uygulaması öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları	123
Çizelge 4.50. D Blok Baz Binalar için güneş kırıcı sistem uygulaması öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları	124
Çizelge 4.51. F Blok Baz Binalar için güneş kırıcı sistem uygulaması öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları	125
Çizelge 4.52. Baz Binalara uygulanan güneş kırıcı sistem maliyet analizi	126
Çizelge 4.53. Baz Binaların ve Tasarım Binaların güneş kırıcı maliyetlerinin karşılaştırması	126
Çizelge 4.54. Aydınlatma sistemi iyileştirme senaryoları	127

Çizelge 4.55. Bina aydınlatma güç yoğunluğunun iyileştirme öncesi ve sonrası değerleri.....	127
Çizelge 4.56. B Blok Baz Binalar için aydınlatma sistemi iyileştirme öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları	128
Çizelge 4.57. D Blok Baz Binalar için aydınlatma sistemi iyileştirme öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları	129
Çizelge 4.58. F Blok Baz Binalar için aydınlatma sistemi iyileştirme öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları	130
Çizelge 4.59. Baz Binalarda ve Tasarım Binalarda kullanılan ampullerin birim fiyatı	131
Çizelge 4.60. Baz Binaların ve Tasarım Binaların aydınlatma maliyet analizi	131
Çizelge 4.61. Baz Binaların ve Tasarım Binaların aydınlatma maliyetlerinin karşılaştırması	131
Çizelge 4.62. Baz Binalara uygulanan fotovoltaik panel sistem bilgileri.....	132
Çizelge 4.63. B Blok Baz Binalar için hava kaynaklı ısı pompası uygulaması öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları	134
Çizelge 4.64. D Blok Baz Binalar için hava kaynaklı ısı pompası uygulaması öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları	135
Çizelge 4.65. F Blok Baz Binalar için hava kaynaklı ısı pompası uygulaması öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları	136
Çizelge 4.66. Hava kaynaklı ısı pompası uygulama birim fiyat	137
Çizelge 4.67. Baz Binaların ve Tasarım Binaların ısı pompası maliyet analizi	137
Çizelge 4.68. Baz Binaların ve Tasarım Binaların ısı pompası maliyet karşılaştırması	137
Çizelge 4.69. B Blok güney-batı yönünde yönelim senaryoları	139
Çizelge 4.70. B Blok Baz Bina-1'in güney-batı yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları	140
Çizelge 4.71. B Blok Baz Bina-2'nin güney-batı yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları	141
Çizelge 4.72. B Blok Baz Binaların optimum güney-batı yönelimi sonrası elde edilen enerji tasarruf oranları	142
Çizelge 4.73. B Blok güney-doğu yönünde yönelim senaryoları	142

Çizelge 4.74. B Blok Baz Bina-1'in güney-doğu yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları	144
Çizelge 4.75. B Blok Baz Bina-2 güney-doğu yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları	145
Çizelge 4.76. B Blok Baz Binaların optimum güney-doğu yönelimi sonrası elde edilen enerji tasarruf oranları	146
Çizelge 4.77. D Blok güney-batı yönünde yönelim senaryoları.....	146
Çizelge 4.78. D Blok Baz Bina-1 güney-batı yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları	148
Çizelge 4.79. D Blok Baz Bina-2 güney-batı yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları	149
Çizelge 4.80. D Blok Baz Binaların optimum güney-batı yönelimi sonrası elde edilen enerji tasarruf oranları	150
Çizelge 4.81. D Blok güney-doğu yönünde yönelim senaryoları.....	150
Çizelge 4.82. D Blok Baz Bina-1 güney-doğu yönelim senaryoları sonrası enerji tüketimi, maliyetleri ve emisyon oranları	152
Çizelge 4.83. D Blok Baz Bina-2 güney-doğu yönelim senaryoları sonrası enerji tüketimi, maliyetleri ve emisyon oranları	153
Çizelge 4.84. D Blok Baz Binaların optimum güney-doğu yönelimi sonrası elde edilen enerji tasarruf oranları	154
Çizelge 4.85. F Blok güney-batı yönünde yönelim senaryoları.....	154
Çizelge 4.86. F Blok Baz Bina-1 güney-batı yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları.....	156
Çizelge 4.87. F Blok Baz Bina-2 güney-batı yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları.....	157
Çizelge 4.88. F Blok Baz Binaların optimum güney-batı yönelimi sonrası elde edilen enerji tasarruf oranları	158
Çizelge 4.89. F Blok güney-doğu yönünde yönelim senaryoları.....	158
Çizelge 4.90. F Blok Baz Bina-1 güney-doğu yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları	160
Çizelge 4.91. F Blok Baz Bina-2 güney-doğu yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları	161

Çizelge 4.92. F Blok Baz Binaların optimum güney-doğu yönelimi sonrası elde edilen enerji tasarruf oranları	162
Çizelge 4.93. B Blok Tasarım Binalar için optimum senaryoların enerji tüketim, enerji maliyet ve emisyon oranları	163
Çizelge 4.94. D Blok Tasarım Binalar için optimum senaryoların enerji tüketim, enerji maliyet ve emisyon oranları	164
Çizelge 4.95. F Blok Tasarım Binalar için optimum senaryoların enerji tüketim, enerji maliyet ve emisyon oranları	165
Çizelge 4.96. B Blok Optimum Tasarım Bina-1 ve Optimum Tasarım Bina-2 için maliyet analizi	166
Çizelge 4.97. B Blok Optimum Tasarım Binaların toplam enerji tasarrufu ve maliyet karşılaştırması	166
Çizelge 4.98. D Blok Optimum Tasarım Bina-1 ve Optimum Tasarım Bina-2 için maliyet analizi	167
Çizelge 4.99. D Blok Optimum Tasarım Binaların toplam enerji tasarrufu ve maliyet karşılaştırması	167
Çizelge 4.100. F Blok Optimum Tasarım Bina-1 ve Optimum Tasarım Bina-2 için maliyet analizi	168
Çizelge 4.101. F Blok Optimum Tasarım Binaların toplam enerji tasarrufu ve maliyet karşılaştırması	168

1.GİRİŞ

Kentler; fiziksel kapsamda kent halkının oturma, çalışma, eğlenme, dinlenme gibi eylemlerini gerçekleştirme amacına hizmet eden yapılaşmış mekanlar ile bu yapılaşmış mekanlar dışında kalarak kentin ve kent halkının dolaşım ve rekreatif faaliyetleri gerçekleştirmeye yönelik planlanarak oluşturulmuş mekanları içeren sistemler bütünüdür. Kentsel tasarım ise söz konusu bu mekanların, birbiriyle etkileşim içerisine giren kentsel dokuya ilişkin fiziksel, sosyal, kültürel, ekonomik ve politik olguların, bütüncül bakış açısıyla değerlendirilerek kent halkının gereksinimlerine cevap verecek şekilde planlanmasıdır (Tatar 2015).

Kentler zamanla sanayileşme, göç, savaş, afet gibi nedenlerle değişime uğramaktadırlar. Bunların yanı sıra tarihi kent merkezlerinin tahrip olması, kent dokusunun bozulması, ulaşım ve mekan sorunlarının ortaya çıkması gibi nedenlerden dolayı kentler ihtiyaçları karşılayamaz hale gelmektedir. Bunun sonucunda kentlerin bazı alanları ise cazibesini kaybetmektedir. Bu olumsuz durumların ortadan kaldırılması amacıyla kentsel dönüşüm projeleri hazırlanıp uygulanmaktadır (Aydın ve Çamur 2016).

Ortaya çıkan fiziki sorunların yanı sıra özellikle sanayi devrimiyle birlikte büyük sosyoekonomik ve kültürel dönüşümlerin kentler üzerinde önemli bir etkisi olmuştur. İkinci Dünya Savaşı sonrası bozulan ekonomi, sosyal sorunlar, kentlerde büyük bir çöküşün başlamasına yol açması başta Amerika ve Batı Avrupa ülkeleri olmak üzere tüm dünyada kentlerde yapılanmayı zorunlu kılmıştır. Bu durum kentsel yenilenme kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur. 1950’lerde eski kentleri buldozerlerle yıkarak yerine yeni kentler inşa etmekle başlayan bu süreç sonrasında kentsel koruma düşüncesi eşliğinde yeniden üretim, yeniden canlandırma, sağlıklılaştırma gibi kavramlarla yer değiştirmiştir (Özden 2016). Sanayi Devrimi’yle birlikte geçen iki yüzyılın sanayileşmenin insanlık adına olumlu etkileri olurken, bir yandan da doğal kaynakların tüketilmesi, insanların ve ekosistemin toksit maddelerle kirletilmesi, kent dokusunun bozulması gibi olumsuz etkileri yaşanmaktadır (Vesilind, P.A. vd. 2014).

2020 yılı itibariyle dünya nüfusunun 7,8 milyara ulaştığı günümüzde Çin nüfusu 1,4 milyon ile toplam dünya nüfusunun %18’ini oluşturmaktadır (Anonim 33). 2030 yılına kadar sadece Çin nüfusu tek başına dünya nüfusuna 342 milyon, Endonezya ise 80 milyon kişi daha ekleyeceği tahmin edilmektedir (Yalçiner Erçoşkun 2018). Böylece 2030 yılına kadar dünya nüfusunun 2 milyar kişi artması beklenmektedir (Acaroğlu 2013). Dünyada yaşanan düzensiz nüfus artışıyla birlikte kentlerde yoksulluk, çevre kirliliği, hastalıklar artarak iklim değişikliği, doğal ve insan kaynaklı felaketler daha fazla yaşanacaktır (Yalçiner Erçoşkun 2018).

Günümüzde dünya nüfusunun yaklaşık %54,5’i kentlerde yaşamaktadır. Mevcut durumda her yıl yaklaşık 75 milyon insan köyden kente taşınmakta olup, kent nüfusu her geçen gün hızla artmaktadır (T.C. Kalkınma Bakanlığı 2018). Dünya nüfusunun her geçen gün artması ve bu duruma bağlı olarak oluşan barınma gereksinimini karşılamak adına yeni yerleşim alanları açılarak yeni binalar yapılmakta ve kentler giderek büyümektedir. Bu duruma bağlı olarak kentlerin enerjiye olan ihtiyacı sürekli artmaktadır. Bu nedenle binalarda enerji verimliliğini artırarak enerji tüketimini

azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmalıdır (Güven 2019). Birleşmiş Milletler (BM) ve Shell çalışmalarına göre, 2030 yılına kadar dünyanın enerji ihtiyacı %40 ile %50 arasında artacağı öngörülmektedir (Pamir 2017).

Türkiye dünyada yaşanan nüfus artışı ve kentleşme olgusuna paralel bir durum yaşamaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre; Türkiye’de 2000 yılında kentli nüfusun toplam nüfusa oranı %64,9 iken 2012 yılında %77,3’e, 2020 yılında ise bu oran %93,0’lere ulaşmıştır (Anonim 2). TÜİK tarafından yapılan senaryo çalışmalarına göre 2050 yılında Türkiye’nin nüfusu 100 ila 110 milyon arasında olacağı tahmin edilmektedir. Mevcut durumda nüfusun %92,5’i il ve ilçe merkezlerinde yaşamaktadır. Türkiye’nin 81 ilinden 22’sinde il ve ilçe merkezlerinde yaşayan nüfus 1 milyonu geçmektedir. Bu durum nedeniyle; On birinci kalkınma planı (2019-2023), “Enerji arz güvenliği ve verimliliği raporu” kapsamında kentlerdeki bina sayısının hızla artması nedeniyle modern enerji altyapılarının kurulması gerekliliği vurgulanmıştır (T.C. Kalkınma Bakanlığı 2018). Türkiye’de 2002 yılında 36.973 adet yeni konuta ruhsat verilirken bu sayı 2020 yılında 82.019’a çıkmış olması yapılaşmanın her geçen gün arttığını göstermektedir (Anonim 2). Kentlerde artan nüfusla birlikte daha fazla yapılaşma, enerji tüketimi ve beraberinde çevresel sorunlar oluşmaktadır.

Dünya yıllık enerji tüketiminin %33,3’ü petrolden, %28,1’i kömürden, %24,1’i doğalgazdan %4,4’ü nükleerden, %6,9’u hidrolikten ve geriye kalan %3,2’si yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamaktadır. Özetle dünyada yıllık enerji tüketimi 3 fosil yakıtın kullanım oranı %85,5 olmaktadır (Yiğit ve Atmaca 2018). Türkiye fosil yakıt kullanım oranı dünya ile benzerlik göstermektedir. Türkiye’de yıllık enerji tüketiminin %31’i petrolden, %28,2’si kömürden, %28,1’i doğalgazdan ve %12,7’si yenilenebilir enerji kaynaklardan karşılamaktadır (T.C. Kalkınma Bakanlığı 2018). Bu durum; enerji yataklarının sınırlı olması, rezervlerin onlu yıllarla ifade edilmesi nedeniyle enerjinin önemi gün geçtikçe arttırmasının yanı sıra küresel ısınma sorununu da ortaya çıkarmıştır (Yiğit ve Atmaca 2018).

Dünyada fosil kaynaklı enerji tüketiminin bir sonucu olarak çevresel birçok problemle karşılaşılması Kyoto Protokolü’ne imza atan ülkelerin önlemler almasına ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranını artırmasına neden olmuştur (Öztürk ve Kaya 2019). Bu durumun sonucunda AB tarafından 2030 stratejisi kapsamında sera gazı salımlarının 1990 yılındaki seviyesine göre %40 azalmak, enerji tüketiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının asgari %27’ye çıkarmak ve %27 enerji tasarrufu sağlamak gibi hedefler koyulmuştur. Ayrıca; 2050 itibarıyla AB üyesi ülkelerin sera gazı salınımında 1990 yılına kıyasla %80 ila %90 arasında bir azalma hedeflenmektedir (Anonim 34).

Word Energy Outlook 2016 verilerine göre dünyada 2014 yılında fosil yakıtların toplam birincil enerji üretiminde kullanım oranı %81 iken, 2040’ta bu oran küresel ısınma kaygılarına yönelik politikalara bağlı olarak %74’e düşürülmesi hedeflenmektedir (Pamir 2017). Bu kapsamda Almanya ve Fransa 2000 yılı itibarıyla ısıtmada kat alanı başına enerji kullanım yoğunluğunu sırasıyla %45 ve %36 oranında azalmıştır. IEA üyesi ülkelerde 2000 yılından itibaren verimli enerji kullanımı ve sistemsel iyileştirmeler sonucunda toplam mali değeri 1,2 trilyon ABD doları tasarrufu sağlanmıştır (T.C. Kalkınma Bakanlığı 2018). AB üyesi ülkeler tarafından gerek enerji tasarrufuna yönelik

uygulamalar gerekse yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını yaygınlaştırmak adına yapılan çalışmalar neticesinde ekonomik kazancın yanı sıra çevresel iyileşmenin yaşandığı görülmektedir.

Türkiye’de nüfusun artması, hayat standartlarının yükseltilmesi, ek enerji talep eden yeni teknolojiler ve tüketici ürünlerin kullanılmasının yaygınlaşması enerji gereksiniminin artmasına neden olmaktadır (Acaroğlu 2013). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın Türkiye Elektrik Enerji Talep Projeksiyonu Raporuna göre 2019-2023 yılları arasında elektrik enerjisi talebinin yılda ortalama %4 ile %5,8 oranında artacağı tahmin edilmektedir (T.C. Kalkınma Bakanlığı 2018).

Günümüzde artan enerji talebinin yerli üretimle karşılanma oranı oldukça düşük olup önümüzdeki yıllarda daha da azalacağı tahmin edilmektedir. Enerji talebinin yerli üretimle karşılanma oranı 1990 yılında %48 iken 2000 yılında %33, 2010 yılında %30, 2015 yılında %24 ve 2016 yılında %26 seviyelerinde olmuştur. 1990 yılından 2016 yılına kadar toplam enerji talebi %158,5 artarken toplam yerli üretimdeki artış %38,7 kalmıştır (Yiğit ve Atmaca 2018). Bu kapsamda; enerjide ithalata bağımlılığımız 1990 yılında %52, 2000 yılında %67, 2010 yılında %70, 2015 yılında %76, 2016 yılında %74 oranında olmuştur.

Makine Mühendisleri Odası 2017 verilerine göre Türkiye’nin enerji tasarruf potansiyeli binalarda %50, sanayide %20, ulaşımda %15 olduğu ve toplam enerji tüketiminde tasarruf potansiyelinin %25’e ulaştığı rapor edilmektedir (Pamir 2017). EİE verilerine göre; Türkiye’nin eğiminin 3° den düşük olması, yıllık güneşlenme süresinin 1650 kWh/m² den yüksek olması ve santral kurulabilmeye uygun alanlarının toplamı 4600 km²’ye ulaşması nedeniyle güneş enerji potansiyelinin yılda 380 milyar kilovat-saat olduğu belirtilmiştir (Makine Mühendisleri Odası 2016).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı verilerine göre; Türkiye’de yaklaşık 19 milyon konut bulunmaktadır. Bu konutların 2000 yılından sonra yapılan 5 milyon konut hariç 14 milyon konutun afet riski yönünden incelenmesi gerekliliği vurgulanmaktadır. Deprem tasarımının, malzeme dayanımının yetersiz olan ve mühendislik hizmeti almayan kaçak yapılar dahil yapı stoğunun yaklaşık %40’ının (6-7 milyon konut) yenilenmesi ya da güçlendirilmesi gerektiği tahmin edilmektedir (Anonim 3). Türkiye’de yapı stoğunun yaklaşık %40 gibi büyük bir oranının yenilenmesi ya da güçlendirilmesi gerekliliği bu yapıların enerji verimli olarak tasarlanması için büyük bir fırsat oluşturmaktadır. Türkiye’nin enerjide dışa bağımlı olması nedeniyle yeni tasarlanacak özellikle ada bazlı kentsel dönüşüm projelerinde modern ve çağa uygun olan sürdürülebilir enerji sistemleri ve enerji verimli ürünler kullanılması durumunda, enerjide dışa bağımlılığın azalacağı öngörülmektedir.

Tez çalışmasında, ada bazlı kentsel dönüşüme uğramış olan Kepez İlçesi, Gülveren Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi seçilerek Antalya özelinde enerji verimli tasarım kriterleri analiz edilmiştir. 6 bloktan oluşan kentsel dönüşüm projesinde adada yer alan tüm bloklar hakkında bilgi edinilebilecek 3 blok seçilmiştir. Çalışmada öncelikle mevcut durumdaki üç blok için ayrı ayrı enerji tüketim ve maliyet verilerine göre Baz Bina Modelleri oluşturulmuştur. Enerjide verimli tasarım kriterleri doğrultusunda Baz Bina Modellerine enerjinin etkin kullanılmasına yönelik ısı yalıtım malzemesinde, cam

ve aydınlatma sisteminde iyileştirme yapılmasının yanı sıra güneş kırıcı, hava kaynaklı ısı pompası ve fotovoltaik sistemler eklenerek Tasarım Bina Modelleri oluşturulmuştur. Ayrıca optimum yönelim analizi gerçekleştirilmiştir. Her bir iyileştirme ve uygulama sonrası binalarda ayrı ayrı enerji simülasyonu yapılarak elde edilen sonuçlar Baz Bina Modelleriyle karşılaştırılmıştır. Binaların enerji etkin tasarlanması durumunda ortaya çıkan enerji tasarruf oranları ve maliyet artışları hesaplanmıştır. Bina Modellerinde kullanılan her bir malzeme ve sistem için T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 2021 yılı birim fiyat listesine ve piyasa araştırmasına göre maliyet hesabı yapılmıştır. Analizler dinamik termal simülasyon programı olan meteorolojik veri tabanlı ve 3 boyutlu modelleme olanağına sahip DesignBuilder ve EnergyPlus dinamik simülasyon araçları kullanılarak yapılmıştır.

Tez çalışmasını diğer çalışmalardan ayıran en belirgin özellik; enerji verimliliği bir bina, kat veya mahal üzerinden değerlendirilmeyerek ada bazlı yerleşkede binaların yeri, konumu, yönelimi ve binalar arası mesafe dikkate alınarak incelenmesidir. Ayrıca; Antalya'da binaların ısıtma ihtiyacını yaygın bir şekilde elektrik enerjisiyle karşılanması nedeniyle çalışma kapsamında ısıtmada doğalgazın yanı sıra elektrik enerjisinin kullanıldığı senaryolar üretilerek hesaplamalar yapılmıştır.

Ayrıca; çalışma kapsamında güncel dış hava sıcaklık verileri kullanılarak ömür maliyet analizi ve derece-gün metodu yardımıyla Antalya'nın yakıt türüne bağlı olarak ısıtma, soğutma ve ısıtma-soğutma enerji gereksinimi için döşemede, duvarda, tavanda kullanılacak optimum yalıtım malzemesi ve kalınlığı hesaplanmıştır. Sıcak nemli iklim bölgesinde yer alan Antalya'nın hem ısıtma hem de soğutma gereksinimi için hesaplanan optimum yalıtım malzemeleri ve bu malzemelere ait optimum kalınlıklar Tasarım Bina Modellerine uygulanmıştır.

Çalışmanın bu özelliği ile Antalya özelinde enerji etkin yapı tasarım kriterleri oluşturulmuş olup Büyükşehir Belediyesi ve İlçe Belediyeleri öncülüğünde gerçekleştirilecek kentsel dönüşüm projelerinin sürdürülebilir, enerji etkin olarak tasarlanması hedeflenmektedir.

2.KAYNAK TARAMASI

Tez çalışmasının bu kısmında Kentsel Dönüşüm, Enerji Etkin Binalar, Yeşil Binalar, Enerji Etkin Bina Maliyeti ile ilgili kuramsal temeller, tanımlar ve literatürde var olan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. Literatürde yer alan çalışmalar ile mevcut tez çalışması arasındaki farklar belirtilmiştir.

2.1. Kentsel Dönüşüm Kavramı

Literatürde yapılan çalışmalarda kentsel dönüşüm olgusu amaç, strateji ve yöntemlere göre birçok farklı disiplinler açısından inceleyerek değerlendirilmesinden dolayı birden çok kentsel dönüşüm tanımı yapıldığı görülmektedir. Türk Dil Kurumuna göre kentsel dönüşüm; “kentin imar planına uymayan, ruhsatsız binaların yıkılıp, planlara uygun olarak toplu yerleşim alanlarının oluşturulması” olarak tanımlanmaktadır (Anonim 1). Donnison (1993)’a göre; “kentsel çöküntü alanlarında yoğunlaşan sorunları eş güdümlü bir biçimde çözümllemek için ortaya koyulan yeni yol ve yöntemlerdir”. Roberts (2000)’e göre; “kentsel dönüşüm; kapsamlı ve bütünlük bir vizyon ve eylem olarak bir alanın ekonomik, fiziksel, toplumsal ve çevresel koşullarının sürekli iyileştirilmesini sağlamaya çalışmak” olarak ifade edilmektedir (Akkar 2006). Demirçin (2018)’e göre, kentsel dönüşüm; refah seviyesinin yükselmesiyle birlikte şehirdeki çarpık yapılaşma toplumsal, mekansal ve ekonomik kriterler ile değerlendirilerek yıkılması, yeniden yapılması, canlandırması, sağlıklılaştırması amacıyla projeler oluşturulması, daha yaşanılabilir bir kente kavuşmak adına üretilen bu projelerin uygulamalarının gerçekleşmesidir (Demirçin 2018).

Özden (2016) tarafından kentsel dönüşümü kapsamlı bir şekilde;

“Zaman süreci içerisinde eskiyen, köhneyen, yıpranan, sağlıklı/sıvı/yasadışı gelişen ya da potansiyel arsa değeri üst yapı değerinin üzerinde seyrederek değerlendirilmeyi bekleyen ve yaygın bir yoksunluğun hüküm sürdüğü kent dokusunun, alt yapısının sosyal ve ekonomik programlar ile oluşturulup beslendiği bir stratejik yaklaşım içinde, günün sosyoekonomik ve fiziksel şartlarına uygun olarak değiştirilmesi, geliştirilmesi, yeniden canlandırılması ve bazen de yeniden üretilmesi eylemi” olarak tanımlanmaktadır.

Kentsel dönüşümle ilişkin tüm bu tanımlardan anlaşılacağı üzere; kentsel dönüşüm kavramı, kentte süreç içerisinde çeşitli nedenlerden dolayı çöküntü alan haline gelen yerleşim yerlerinin fiziki olarak iyileştirilmesi, sosyal ve ekonomik anlamda canlandırılarak yaşanılabilir bir kente dönüştürülmesi için yapılan farklı disiplinler arası bütünlük planların gerçekleştirilmesidir.

2.1.1. Kentsel dönüşümün amacı ve boyutları

Plansız gelişen şehirlerde kentteki sorunlu alanlarda öncelikle sağlıklı yaşam koşullarını oluşturarak barındırdıkları nüfusun sosyal, ekonomik ve kültürel özelliklerini dikkate alarak arazi kullanımının yeniden planlanması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda kentin tüm paydaşlarla birlikte sosyologlar, ekonomistler, mühendisler, mimarlar, plancılar ve peyzaj mimarları gibi farklı disiplinler öncülüğünde bir ekip halinde

çalışılması gerekmektedir. Bir başka deyişle, kentin hızla büyüyen, değişen ve bozulan dokusunda ortaya çıkan yeni fiziksel, toplumsal, ekonomik, çevresel ve altyapısal ihtiyaçlara göre kentsel dönüşüm projeleri planlanmalıdır (Boyras ve Hoş 2014).

Kentsel dönüşümün başarıya ulaşabilmesi yerel yönetimlerle birlikte, özel sektörü, sivil toplum kuruluşlarını, üniversiteleri ve yerel nüfusu içine alacak bir oluşum gerekmektedir. Kentsel dönüşümün başarısı ancak farklı disiplinlerin bir araya gelerek sosyal, ekonomik, yasal, planlama ve tasarım boyutları üst üste çakıştırılmasıyla mümkündür (Özden 2016). Gelişmiş ülkelerde kentsel dönüşüm projelerinde birincil aktör yerel yönetim ve paydaşlar olmasına rağmen sorunun karmaşıklığı ve yerel kaynakların yetersiz kaldığı durumlarda merkezi yönetim ve ilgili kurumlar da önemli aktörler olarak sistem içerisinde yer almaktadır. Böylece, sürdürülebilir kalkınma, yerel ve kamu hizmetlerine yeterli düzeyde erişebilirlik, katılımcılık ve yönetim, kent estetiğini gözetme gibi sosyal, kültürel, mekansal, ekonomik, siyasal ve yönetsel nitelikte kentsel dönüşüm amaçlarına ulaşılabilir (Sadioğlu ve Ergönül 2020).

Düşük gelir gruplarının ev sahibi olabilmeleri amacıyla uygulanan toplu konut projeleri Türkiye'de kalite ile ilgili ortaya çıkan sorunlar, düşük maliyetli inşaat tekniklerinin kullanılması ve kötü tasarlanmış projeler nedeniyle genel olarak sosyal ve ekonomik hedefleri yerine getirememektedir. Bu kapsamda yaşanan sorunların ortadan kalkması amacıyla konut kullanıcıları çok kapsamlı bir yenileme, ekleme ve tadilat süreci yaşamaktadır (Kazaz ve Birgonul 2005). Farklı disiplinlerin ortaya koyduğu bütünsel yaklaşımından uzak planlanan kentsel dönüşüm projeleri sadece eski yapıların yıkılarak yerine yeni fakat kalitesiz yapıların yapılması anlamına gelecektir. Bu durum, yakın dönemin yeni kentsel dönüşüm alanlarının oluşması şeklinde karşımıza çıkacaktır. Kısacası kentsel dönüşümün amacı kentte yapay çevreden kaynaklı meydana gelen fiziksel, sosyal ve ekonomik problemlerin kalıcı olarak çözüme ulaşmasını sağlamaktır.

2.1.1.1. Fiziksel boyut

Kentsel dönüşüm sürecinde, kentin sosyal donatı alanlarının, kamusal alanların, ulaşım, alt ve üst alt yapı hizmetlerinin yeniden yapılması ve sağlıklılaştırılması uygulamalarının tümü fiziksel boyut olarak ele alınmaktadır.

Kentsel dönüşümün fiziksel boyutu ile ulaşmak istenen hedefler;

- Bölgenin ulaşım sorunlarının çözülmesi,
- Üst ve alt yapı eksiklerinin giderilmesi,
- Spor ve park alanları gibi sosyal ve rekreasyon alanların değişimle birlikte beklenen iyileşme ve sağlıklılaşmanın yapılması,
- Bölgenin dönemsel ihtiyaçlarına uygun alanlar oluşturulması,
- Doğal afetlere karşı yapıların güçlendirilmesi ve dayanıklı hale getirilmesi,
- Nüfus yoğunluğunun dengelenmesiyle beraber sosyal donatı ihtiyaçlarının gerekli düzeye çıkarılması,
- Kültürel ve tarihi yapıların yenilenerek korunması şeklinde sıralanabilir (Öziş 2018).

2.1.1.2. Ekonomik boyut

Kentsel dönüşümün uygulandığı alanda yeni iş imkanlarıyla birlikte istihdam oluşturmak ekonomik hedeflerdendir. Kentsel dönüşüm uygulama alanlarında ticari çekim alanı oluşturarak proje için yatırımcıları bu alana çekme konusunda çalışmalar yapılması amaçlanmaktadır. Ekonomik hedefler doğrultusunda özellikle göç eden ailelerin meslek sahibi yapılması ve ekonomik gücünün artırılması konusunda da çalışmalar yapılmaktadır (Tüter 2016).

Kentsel dönüşümün ekonomik boyutu ile ulaşılmak istenen hedefler;

- Ekonomik dengesizliğin azaltılması,
- İş hayatının canlandırılması,
- Yatırım açısından değeri düşen alanların tekrar kent ekonomisine katılması,
- Kentsel refah ve yaşam kalitesini arttırıcı başarılı bir ekonomik kalkınma modeli ortaya koyulması,
- Kent yönetiminin mali olanaklarının geliştirilmesidir (Çatalbaş 2011).

2.1.1.3. Sosyal boyut

Kentsel dönüşümle birlikte toplumsal sorun haline gelen problemlerin ortadan kaldırmak, kent paydaşları arasındaki sosyal ilişkileri geliştirmek, güvenliği sağlamak gibi temel hedeflere ulaşmak amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda kentsel dönüşümle yeni ortama giren ailelerin bulundukları ortama adaptasyonunun sağlanması için çalışmalar yapılmalıdır. Kentsel dönüşüm projelerinin sosyal boyut dikkate alınmadan yapıldığı takdirde yeni birtakım sorunları beraberinde getireceği bilinmektedir (Tüter 2016).

Kentsel dönüşümün sosyal boyutu ile ulaşılmak istenen hedefler;

- Yerel halkın ruhsal ve ahlaki gelişimlerine yönelik refah ve sağlık seviyesinin yükseltilmesi,
- Sosyal ilişkilerin geliştirilmesi,
- Vatandaşın güvenliğinin ve huzurunun üst seviyelere çekilmesi,
- Kentin sunduğu imkanlardan en yüksek seviyede yararlanmasının sağlanması,
- Kültürel, eğitim, sanatsal vb. süreçlere etkin ve doğru bir biçimde katılımın sağlanması,
- Boş vakitleri değerlendirme ve spor gibi sosyal aktivitelerin organize edilmesi,
- Suç oranlarında azalma sağlanması, şeklinde sıralanabilir (Öziş 2018).

Kentsel dönüşümün fiziksel, ekonomik ve sosyal hedeflerine ulaşabilmek için proje tasarım aşamasında alınacak kararlarda dönüşümün uygulanacağı alanın nüfus özellikleri, konut koşulları, sosyo-ekonomik durum, bölgenin tarihi-kültürel dokusu ve yerel özellikleri, kullanıcıların gelenekleri ve görenekleri, bilinçlilik düzeyi, kullanıcı türünün çeşitliliği, yerel işletmelerin faaliyet koşulları, bölgenin göç durumu gibi kriterler mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır (Özden 2006; Özdaş 2019).

2.1.2. Kentsel dönüşüm yöntemleri

Türkiye'de ve dünyada kentler geçmişi, bugünü ve geleceği içinde barındıran, yapma çevrelerden oluşan süreç içerisinde yer almaktadır. Söz konusu yapma çevrelerin, kentsel gelişim sürecine özgü sanayileşme, göç, çarpık yapılaşma, ekonomik sebepler, sosyal gelişimdeki yetersizlik, aşırı nüfus yığılmaları, yanlış yer seçimi ve doğal afetler gibi nedenlerden dolayı fiziksel dönüşüm hızının artmasına ayak uyduramayarak çekiciliğini yitirmesi, eskimeye bırakılması ve bir şekilde köhneleşerek atıl vaziyete düşmesi sonucunda yenileme, dönüşüm ve iyileştirmeye yönelik proje ve uygulamalara ihtiyaç duymaktadır (Tatar 2015). Kent yapısından kaynaklanan sorunların ortadan kaldırılması amacıyla altı kentsel dönüşüm modeli oluşturulmuştur.

2.1.2.1. Kentsel yenileme

Yaşam ve sağlık koşullarının iyileştirilmesi olanağı bulunmayan yapıların tümünün veya bir bölümünün ortadan kaldırılarak yeniden imar edilmesi durumudur (Görün ve Kara 2010).

2.1.2.2. Kentsel koruma

Toplumun kültürel değerlerini, sosyal ve ekonomik koşullarını yansıtan fiziksel yapıların yok olmasının engellenmesi ve çağdaş yaşamla bütünleştirilmesi, kent insanların kültürel varlıklardan faydalanması, ekonomik, işlevsel koşullarla sağlıklılaştırılması olarak açıklanabilir (Polat ve Dostoğlu 2007).

2.1.2.3. Yeniden canlandırma

Kentin merkezi kesimlerinde bulunan; fiziksel, sosyal ve ekonomik yönlerden çöküntüye uğramış tarihi ve kültürel alanların yapılacak fiziksel, sosyal, ekonomik ve çevresel değişikliklerle tekrar hayata döndürülmesidir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2014). Keleş (2000)'e göre; yapılar sağlam olmalarına rağmen temel görevlerini yitirmeleri, değerlerinin çeşitli nedenlerden dolayı azalması durumunda ortaya çıkan yöntemdir (Özden 2006).

2.1.2.4. Soylulaştırma

Sosyal anlamda bir çöküntü yaşayan kent alanlarında bu durumu önleyebilmek, kentsel korumayı ve gelişimini sağlayabilmek amacıyla bu alanların sosyal dokusunun değiştirilmesi, yeni ve nitelikli bir sosyal tabakanın bu alanda varlığının sağlanmasıdır (Arabulan 2015).

2.1.2.5. Sağıklaştırma

Özgün niteliğini henüz kaybetmemiş, bozulmanın yeni başladığı eski kent mekanlarının fiziki olarak altyapı ve üstyapının esaslı onarımının yapılması, işlevsel olarak ise eski işlevini yitirmiş yapılara yeni işlevler vererek yeniden kullanılabilir hale getirilmesi işlemidir (Özcan 2018).

2.1.2.6. Alansal temizleme

Alansal temizleme; kentlerin büyüme aşamasında meydana gelen ve kentin bir parçası olan çöküntü alan içerisindeki yapıların insan sağlığına uymayan niteliklerinin giderilmesi adına tümüyle yıkılıp yerine yeni doku getirilmesi olarak tanımlanmaktadır (Türkmen 2018).

2.1.3. Kentsel dönüşümün uygulama alanları

Kentsel dönüşüm projeleri genel itibariyle mahalle veya bölge ölçeğinde uygulanabilmektedir. Mahalle ölçeğinde uygulanan kentsel dönüşüm projelerinde amaç düşük gelirli kesimin yaşadığı yerleşim koşullarının iyileştirilmesidir. Böylece, kent içerisinde konut ve çevre koşulları bakımından en kötü olan mahallelerle diğer mahalleler arasında oluşan açığın kapatılmasına çalışılmaktadır (Kara 2010). Bölgesel ölçekte ise yenileme çalışmaları eskime ile ortaya çıkan fizikî olumsuzlukların ortadan kaldırılması amacıyla yapılmaktadır. Bölgesel ölçekteki kentsel dönüşüm projeleri sanayi tesislerinin bulunduğu bölgelerde, kıyı bölgelerinde, gecekondulaşmanın yoğun olduğu bölgelerde uygulanmaktadır (Öner 2007; Elmastaş 2020).

Kentsel dönüşüm alanları belirlenirken; bölgede yaşanan sorunlar, bölgenin yapısı ve kaynak-zaman-mekan uyumu kriterleri içerisinde bölgenin fizikî, sosyal ve ekonomik kimliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kriterler doğru bir şekilde incelenerek bölgede bir yenileme ya da dönüşüm çalışmasına gerçekten ihtiyaç olup olmadığı saptanmalıdır (Erden 2003). Yaşanan bölgesel sorunların farklı olması nedeniyle farklı alanlarda farklı kentsel dönüşüm modelleri uygulanmaktadır.

2.1.3.1. Gecekondu alanlarında kentsel dönüşüm

1950’li yıllarda gelişmiş ülkelerde sefalet yuvaları olarak adlandırılan, düşük gelirliilerin yaşadığı, plansız veya yasal olmayan yerleşim alanların temizlenmesiyle birlikte kentsel dönüşüm uygulamalarının ilk örnekleri ortaya çıkmıştır. Çeşitli ülkelerde 1960’lar ve 1970’ler boyunca devam eden temizlemeye ve yeniden yerleştirmeye yönelik uygulamalar sağlıklı şartlarda yaşayan insanların kent içinde kalma taleplerinin artması sonucunda yerel yönetimlerin insanların yaşam çevrelerini iyileştirmeyi hedefleyen temel altyapı hizmetlerinin götürülmesine ağırlık vermiştir (Kara 2010).

2.1.3.2. Kent merkezlerinde kentsel dönüşüm

Kent merkezleri, kentlerin yönetsel, işlevsel ve kültürel fonksiyonların yürütülmesinin yanı sıra toplumsal, mekansal ve tarihsel öneme sahip olması nedeniyle sürekli değişime uğramaktadır. Günümüzde kent merkezlerinde trafik sıkışıklığı ve çevre kirliliği gibi sebepler başta olmak üzere yaşanan çeşitli problemlerin kent merkezlerinin ekonomik, sosyal ve fiziksel bakımdan cazibesini yitirmesine neden olmaktadır. Kent nüfusunun giderek artması, iş imkanlarının çeşitlenmesi kentin çevresinde yeni merkezlerin oluşması ile sonuçlanmaktadır. Yaşanan bu gelişmeler kent merkezinin cazibesini, canlılığını yitirmesine neden olmakla birlikte, kent merkezi ile kentin çevresi arasında oluşan görünüm farklılığını ortaya çıkarmaktadır. Kent merkezlerinde yaşanan bu olumsuzlukların giderilmesi, geleneksel kent dokusunun korunması, trafik problemlerinin çözülmesi, yetersiz olan donatı alanlarının sağlanması, kent merkezine

estetik bir görünümün kazandırılması gibi sebeplerden dolayı kent merkezlerinde kentsel dönüşüm uygulanmaktadır (Öztaş 2005).

2.1.3.3. Sanayi alanlarının kent merkezlerini terk etmesi sonucu oluşan kentsel dönüşüm

19. yüzyılın Sanayi Devrimi sonrasında kentin çevresine kurulan sanayi tesisleriyle birlikte iş olanaklarının artması nüfusun artmasına neden olmuştur. Zamanla kentin büyümesiyle kent çevresine kurulan sanayi alanları kent içinde kalmıştır. 20. yüzyılın ortalarına gelindiğinde bu şehirlerin bir kısmı, teknolojiye yaşanan hızlı gelişme ve dönüşüm nedeniyle eski işlevlerini büyük ölçüde kaybetmiştir. Kentin merkezinde kalan sanayi kuruluşları gerek imar planları kararları gerekse verimliliğin giderek düşmesi sonucunda kent dışında oluşturulan yeni sanayi alanlarına taşınmaktadır. Sanayi alanlarının kent içinden çıkarılmasıyla bu alanlar kent içinde çöküntü ve yıkıntı alanlar haline gelmiştir. Ayrıca, kent merkezlerinde arazi değerlerinin çok yüksek olması nedeniyle sanayinin terk ettiği alanların yeniden kullanılmasını gündeme getirmiştir (Öztaş 2005; Elmastaş 2020).

2.1.3.4. Afet zararlarını ve kentsel riskleri azaltmak için kentsel dönüşüm

Kentsel dönüşüm; deprem, sel, yangın, kasırga vb. doğal afetler sonrasında gerek duyulmaktadır. Afetten en fazla zarar gören alanlar genellikle yasadışı koşullarla, mühendislik hizmeti almayan konut alanları olduğu bilinmektedir. Bu nedenle afet sonrası veya olması muhtemel bir afet sonrasında büyük zararlara neden olacak yapı alanlarını dönüşümüne tabi tutularak yeniden oluşturulması amaçlanmaktadır. Kentlerin ortalama %60'nın yasadışı olduğu Türkiye'de afet riskini, özellikle deprem sonrası zararları minimum seviyede tutabilmek amaçlı kentsel dönüşümde bu tür alanların ilk sırada yer alması gerekmektedir.

2.1.4. Dünya'da kentsel dönüşüm uygulamaları

Tarihsel süreçte kentlerde kapsamlı değişimler yaşanmıştır. 19.yy'ın ortalarında, sanayi devrimiyle birlikte kentler gerek endüstriyel gerekse işgücünü barındırmaya yönelik yapılan binalarla değişime uğramıştır. Kırdan kente plansız bir şekilde göç eden işçi sınıfını oluşturan kişiler, ekonomik nedenlerden dolayı, yoğunluğu yüksek, sağlıklı yerleşim alanları yaratarak büyük kentleri çarpık kentleşme ile kuşatmıştır. Zamanla bu yerleşim alanlarında hızla artarak yaşanan çevresel sorunlar kentsel yenilemeler için hedef alanlar olmuştur (Arabulan 2015).

Wassenberg (2013); yakın dönem kentsel dönüşüm politikasını farklı aktörlerin değişen rollerine göre üç döneme ayırmaktadır: Birinci dönemde, II. Dünya Savaşı sonrasında kentlerde yaşanan yıkımı onarmaya yönelik süreçte merkezi hükümetler tarafından şehir merkezlerinin neredeyse tamamı yeniden yapılandırılmıştır. İkinci dönemde, 1970'li yıllarda kitlesel hareketlerin etkisiyle başlayan, halkın kentsel dönüşüm projelerinde yer alarak kentin yeniden yapılması sürecidir. Bu dönemde merkezi hükümetler, amaçları ve politikaları belirleyerek mali kaynaklar sağlamıştır. Yerel yönetimler, belediyeler ise planlama ve uygulama sorumluluğunu üstlenmişlerdir. Üçüncü dönemde ise 1990'lı yıllarla başlayan toplumun değişen ve çeşitlenen dokusuna uygun olarak konut alanında farklı birikim modelleri ortaya çıkaran süreçtir. Bu

dönemde; sosyal konutların olmadığı alanlarda sosyal konutların oluşturulması ve sosyal konutların yoğun olduğu alanlarda ise sosyal konutların orta sınıf konutlarıyla değiştirilmesine yönelik iki yaklaşım görülmüştür. Üçüncü dönemde merkezi hükümet kentsel yenileme politikasındaki liderlik rolünü yerel yönetimlere devrederek, sadece merkezi bütçe ve politika geliştirme sorumluluğunu üstlenmişlerdir. Bu dönemde, kamu-özel sektör ortaklığı artarken, çok aktörlü karar verme süreçlerine ve kent sakinlerinin karar verme sürecine dahil edilmesine yönelik yaklaşımda gelişim görülmektedir (Sadioğlu ve Ergönül 2020).

Dünyada kentsel dönüşüm süreci içerisinde kullanılan yöntemleri ise; 1950'lerde kentsel yeniden imar (urban reconstruction), 1960'larda kentsel yeniden canlandırma (urban revitalisation), 1970'lerde kentsel yenileme (urban renewal), 1980'lerde kentsel yeniden geliştirme (urban redevelopment) uygulanmıştır (Erdede vd. 2014). Dünyada 1960-1980 yılları arasında uygulanan kentsel dönüşüm yöntemleri incelendiğinde yüksek maliyetlere sahip yapıların yıkılıp yeniden yapılmasının yerine iyileştirme çalışmalarının uygulandığı görülmektedir (Yedekçi 2015). 1990'lı yıllardan itibaren kentsel dönüşüm uygulama yöntemleri fiziksel ve ekonomik gelişiminin sağlanması dışında, kapsamını genişleterek sosyal ve kültürel problemlerin çözüme kavuşturma amacını da içermeye başlamıştır (Erdede vd. 2014).

2.1.5. Türkiye’de kentsel dönüşüm uygulamaları

1950’li yıllar sonrası ülkedeki ekonomik gelişmelere paralel olarak tarımda makineleşmenin başlaması iş gücünde değişimlerin yaşanmasına neden olmuştur. Tarım sektöründen üretim sektörüne kayan ekonomik model beraberinde işgücü ihtiyacını oluşturmuştur. İnsanların daha iyi bir yaşam ümidiyle kırsaldan kent merkezlerine yoğun bir göç yaşanmıştır. Plansız olarak gerçekleşen bu göçler kentlerin çeperlerinde sağlıklı, mühendislik hizmetlerinden yoksun binalar ile gecekondulardan oluşmuştur. Söz konusu bu gecekondulardan günümüzde kentin büyümesiyle birlikte kent merkezlerinde kalmıştır (Öksüz 2018). İlerleyen dönemlerde orta ve üst gelir grubunun konut talebinin artması nedeniyle mevcut gecekondulardan bedel ödenerek kentin diğer alanlarına taşınması sağlanmıştır. Boşaltılan gecekondulardan yerleşim alanları büyük inşaat şirketlerinin girişimiyle kentsel dönüşümüne uğratılmıştır. 1954 yılında kent merkezinde serbest bırakılan kat mülkiyetiyle birlikte yap-satçı bir üretim başlamıştır. Bu durum Türkiye’de bitişik ve ayırık düzen olarak iki ayrı kent biçimi ortaya çıkarmıştır. Kent merkezinde yer alan imarlı parseller üzerinde tek tek yapıların yükselmesi sonucunda kent merkezlerinde inşaat yoğunluğu oluşmuştur (Yıldız vd. 2015).

2000’li yıllarda özellikle çok büyük acılara ve yıkımlara neden olan 1999 Marmara depremi kentsel dönüşüm sürecinin hızlanmasında ana faktör olmuştur (Öksüz 2018). Deprem sonrası yerel yönetim reformlarıyla paralel şekilde, yasal ve kurumsal yeniden yapılanma süreçlerinde kentsel dönüşüm, katılımcı yaklaşım, sosyoekonomik rehabilitasyon, turizm amaçlı yeniden canlandırma faaliyetleri, nitelikli konut üretimi tartışılmaya başlamıştır (Yıldız vd. 2015). İnşaat ve emlak odaklı ekonomik büyüme yaklaşımı kendini özellikle metropollerde emsal artışları ve dikey yapılaşma olgusuyla göstermiştir. Bu süreçte TOKİ özel yasaları ile kamu arazileri üzerinde toplu konut projeleri uygulamaya başlamıştır. 2012 yılında çıkarılan 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun ile kentsel dönüşüm süreci hız kazanmıştır.

2.2. Enerji ve Enerji Verimliliği

Enerji, iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. İnsanların yaşamını sürdürebilmesi adına mal ve hizmet üretiminde kullandığı en önemli kaynaktır (Güven 2019). Enerji; bilimde, sanayide ve teknolojiye yaşanan gelişmelerin yanı sıra dünya nüfusunun da hızla artmasıyla birlikte tüketim miktarının artması, buna bağlı olarak doğal kaynaklarının azalması ve ülkeler arasında rekabet gücü parametresi olması nedeniyle dünyada öncelikli gündem maddelerin başında gelmektedir.

Enerji verimliliği, binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesinde ve miktarında herhangi bir düşüşe neden olmadan, birim hizmet veya ürün miktarı başına tüketilen enerjinin azaltılmasıdır. Enerji tasarrufu ise; iyileştirme yöntemlerinin uygulanmasıyla ya da yeni teknolojilerin kullanılmasıyla üretim kalitesinde ve miktarında herhangi bir düşüşe neden olmadan, sosyal yaşamın standardını korumak suretiyle, enerjiyi daha etkin kullanılması olarak ifade edilmektedir (Yüksel 2019). Özetle; enerji tasarrufu kullanılan enerjinin sınırlanması anlamına gelirken, enerji verimliliği ise harcanan enerjinin konfor koşullarını değiştirmeden asgari standartta kullanılmasıdır (Güven 2019).

2.2.1. Dünya’da enerji ve enerji verimliliği politikaları

Sanayi Devrimi sonrasında enerji tüketiminin ve buna bağlı olarak CO₂ salınım miktarının hızla artmasıyla birlikte dünyada çevresel sorunlar meydana gelmiştir. Çevresel sorunların zamanla artarak felaket haline gelmesi insanlar için büyük tehdit oluşturmuştur (Güven 2019). 20. yüzyılda meydana gelen dünya savaşları sonucunda enerjinin önemi daha da artmıştır. Savaş sonrasında birçok ülke enerji konusunda ortak hareket etmek adına Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (OPEC) kurulmuştur. 1970’lerde Arap İsrail savaşları sonrası Arap devletleri tarafından uygulanan petrol ambargosu birçok ülkede dış ilişkiler konusunda enerjinin önemi dikkate alınmıştır. Petrol krizi, ABD ve Japonya gibi birçok batı ülkesinde enerjide dışa bağımlılığı azaltacak yeni kaynakların ve çözümlerin üretilmesine, dış ülkelerin enerjiyi siyasi bir araç olarak kullanmalarına izin verilmemesi yönünde politikalar geliştirilmesine neden olmuştur. Bu durum bugünkü yenilenebilir enerji kaynakları konusunda çalışmaların temelini oluşturmuştur (Urmamen 2019).

Binalarda, endüstride, ulaşımda ve güç sektöründe tüm enerji kaynakları (petrol, doğal gaz, kömür, nükleer enerji, alternatif enerji kaynakları) göz önüne alındığında dünyada her gün yaklaşık 29 milyon ton PEE enerji kullanılmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte enerji tüketimini azaltmanın, enerjiyi daha verimli kullanmanın yolları araştırılmaktadır. Günümüzde ülkelerin gelişmişlik düzeyleri kişi başına enerji tüketimi yerine enerji başına üretim verimliliği (enerji yoğunluğu) değerinden açıklanmaktadır. Gayri safi milli hasıla başına enerji tüketimi olarak tanımlanan enerji yoğunluğu AB için yaklaşık 200 kg PEE/bin Euro iken bu değer Türkiye’de yaklaşık 500 kg PEE/bin euro’dur. Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency, IEA) tarafından yapılan araştırmalarda gelecek 30 yıl içinde dünyada enerjiye olan talebin %60 oranında artacağı öngörülmektedir (İstanbul Teknik Üniversitesi 2007).

Bu talebin büyük bir oranını yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanacağı öngörülmektedir. Teknolojinin hızlı gelişimi enerji politikalarının değişimine neden

olacak yenilikler getirmektedir. Elektrik maliyetinde son 11 yılda (2009-2020) meydana gelen gelişmeler incelendiğinde güneş FV sistemlerinde %90, rüzgar enerjisinde ise %70 oranında maliyet düşüşü sağlamıştır. Yenilenebilir enerjide yaşanan bu maliyet düşüşünün aksine kömürlü termik santrallerindeki maliyetlerin ise aynı dönemle kıyaslandığında %1 seviyesinde artış görülmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) 2020 yılında elektrik talebindeki ve sanayi faaliyetlerindeki düşüşün enerji talebinde %5, kömür talebinde ise %7'lik bir düşüşe karşılık geleceğini belirtmektedir. Küresel elektrik üretimindeki payı 2019 yılında %37 olan kömürün 2030 yılında bu payının %28'e, Paris Anlaşması hedefleri ile uyumlu bir "Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosu" altında ise %15'e düşeceği tahmin edilmektedir. 2040 yılı itibarıyla da kömürün toplam enerji arzındaki payının Sanayi Devrimi'nden bu yana ilk defa %20'nin altına düşeceği öngörülmektedir (Özenç 2021). Enerjiye olan talebin artması, enerji kaynaklarının bir silah gibi kullanılmasının yanı sıra fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan karbon miktarının da iklim değişikliğini tetikleyecek miktarda artması ülkelerin en önemli sorunlarından biri haline gelmesine neden olmuştur.

Dünyada kullanılan fosil yakıtların yaklaşık %75'i enerji üretmek amacıyla ulaşım, endüstriyel üretim, tarım ve gıda üretimi ile binaların aydınlatılması, ısıtılması ve soğutulması gibi işletim süreçlerinde tüketilmektedir (Yüksel 2019). Bilim insanları iklim değişikliği konusundaki yapmış oldukları araştırmalar sonucunda fosil yakıtların bugünkü hızla yakılmaya devam edilmesi durumunda 2060 yılına gelindiğinde, iklim değişikliğinin yaşanacağını ve mevcut ekosistemlerin kontrolden çıkacağını belirtmektedir (Soral 2020). Dünyadaki birincil enerji üretiminin yaklaşık %80'i petrol, kömür ve gazdan karşılanmaktadır. Enerji politikasını değiştirmeden fosil yakıtların bu oranda kullanımına devam edildiği takdirde 2100 yılında küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında yaklaşık 3°C'lik artış olacağı öngörülmektedir. Bu durumda; suya ve gıdaya erişimde yaşanacak sıkıntılar nedeniyle salgın hastalıklarda ve ölüm oranında artış olacağı, aşırı hava olayları nedeniyle afetler ve dolayısıyla can ve mal kayıplarının meydana geleceği, dünyadaki 410 milyon insan şiddetli kuraklığa maruz kalacağı ve 49 milyon insanın ise yaşam alanları deniz seviyesinin yükselmesinden dolayı sular altında kalacağı öngörülmektedir (Anonim 9). Her yıl 3 milyona yakın insan hava kirliliği nedeniyle ölmektedir. Bu değer, dünyadaki yıllık toplam ölüm oranının %5'ine karşılık gelmektedir (Ertürk 2021).

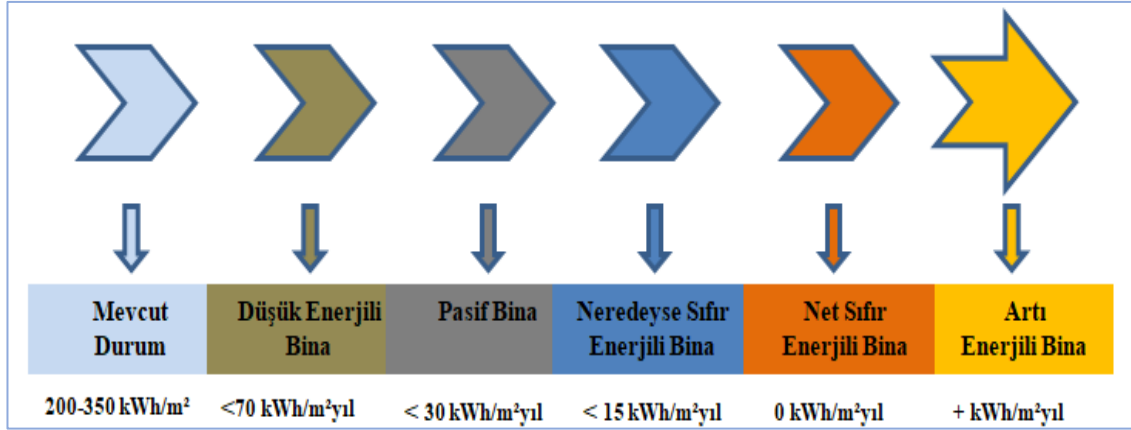
2014 yılında Dünyada kentsel nüfus oranı %54 iken 2050 yılında bu oran %70'e yükseleceği tahmin edilmektedir. Bu durum sonucunda yeni şehirlerin ortaya çıkması beklenmektedir. Kentler küresel ekonominin %80'ini oluşturmanın yanı sıra tüketilen birincil enerjinin %75'inden ve sera gazı emisyonlarının %70'inden sorumludur (HABITAT III 2015). Kent nüfusunun artması kentte ekonomik ve estetik eskime sürecini hızlandırmakta, plansız yerleşimlerin ortaya çıkmasına neden olmakta ayrıca önlenemez kentsel yayılma nedeniyle doğal alanların tahribi, çevresel (su, hava ve toprak) yaşam kalitesinde görülen bozulmalar ve enerji ihtiyacının karşılanamaması gibi sorunları da beraberinde getirmektedir (Hamurcu ve Buldurur 2017).

Teknolojinin gelişimine paralel olarak özellikle 2005 yılı sonrasında Avrupa Birliği ülkeleri öncülüğünde enerji verimliliği konusu kent planlarına aktarılmaktadır. Ülkemizde yakın geleceğin kentlerinin 'verimli enerji yönetimi' stratejisine göre biçimlenmesi için, özellikle kentsel dönüşüm gerçeği, yerleşim planlarının ve yasal

zemininin “enerji verimliliği” yaklaşımına göre ele alınması öncelikli bir konu olmuştur. Bu doğrultuda, 1990’lı yılların başından itibaren dünyanın çeşitli kent ve bölgelerinde birçok plan, uygulama, girişim ve organizasyon sürdürülmektedir. Yeni Kentleşme Hareketi (New Urbanism), Sürdürülebilir Kentler (Sustainable Cities), Ekolojik Kentler (Ecological Cities), Yeşil Kentler (Green Cities), Akıllı Büyüme (Smart Growth), Yavaş Kentler (Slow Cities), Düşük Karbon Kentler (Low Carbon Cities), Yaşanabilir Kentler (Liveable Cities), Dijital Kentler (Digital Cities) ve Akıllı Kent Girişimleri (Smart Cities Initiatives) vb. adları altında planlama ve tasarım yaklaşımları geliştirilmiştir (Sınmaz 2015).

Dünyada enerji verimliliği anlamında iklim değişikliğine karşı ilk adım 1997 yılında “Kyoto Protokolü” ile atılmıştır. 2002 yılında Avrupa Birliği üyesi ülkeler “Binalarda Enerji Performans Direktifi (BEPD)” ve 2005 yılında ise çevre yönetmeliğini uygulamaya başlamıştır. 2007 yılında Avrupa Birliği tarafından Avrupa enerji politikalarının başlangıcı olarak ilk “AB Enerji Eylem Planı” kabul edilerek “Enerji Yol Haritası 2050” çıkartılmıştır. Bu yol haritası ile AB sera gazı emisyonlarının; 1990 sera gazı seviyesinin %95’ine kadar azaltmayı ayrıca; binalarda ve ulaşımda yüksek enerji verimliliği ve akıllı enerji teknolojileri kullanarak, yenilenebilir enerjilerin desteklenmesi ve kömür ve doğalgaz gibi yakıtların daha temiz hale getirilmesi hedeflenmiştir. Avrupa Birliği tarafından üye ülkelere “Enerji Birliği Paketi” ile güvenli, sürdürülebilir, enerji tasarrufu sağlayan bir sistem önerilmiştir. 2014 yılı itibarıyla Avrupa Konseyi üyesi ülkelerin 2030 yılına kadar enerji verimliliğinin %27 oranında artırılacağı öngörülmektedir (Güven 2019). 1970’lerde inşa edilmiş, 1.722 m²’lik net alana sahip çok katlı bir mevcut yapının yenilenmesi ile yeniden inşaatı arasında oluşacak sera gazı emisyonu farklarının araştırıldığı çalışmanın sonuçlarına göre, mevcut bir yapının yenileme işlemi, m² başına yaklaşık 0,9 ton, toplamda ise yaklaşık 1.600 ton sera gazı emisyonu oluşurken, bina yeniden inşa edildiği takdirde ise m² başına yaklaşık 1,7 ton olarak toplamda yaklaşık 2.900 ton sera gazı emisyonu oluşmaktadır (Yüksel 2019). Bu kapsamda, ömrünü tamamlamış binaları yıkıp yeniden inşa edilmesi yerine yenileme işleminin gerçekleştirilmesi çevrenin korunumu anlamında olumlu sonuçlar vermektedir. Avrupa Birliği üyesi ülkelerde binaların %35’i eski binalardan oluşmaktadır. Eski binaların enerji verimliliğini arttırarak Avrupa’nın toplam enerji tüketimini %6 oranında azaltacağı öngörülmektedir.

Avrupa Birliği tarafından 2010 yılında yayınlanan “Avrupa Birliği Enerji Yol Haritası 2050” enerji performans direktifinde binalarda kullanılan enerji miktarına göre Neredeyse Sıfır Enerjili Bina, Net Sıfır Enerjili Bina, Artı Enerjili Bina kavramları yer almaktadır. Neredeyse Sıfır Enerjili Bina; çok düşük miktarda enerji tüketen ve tüketilen bu enerjinin bir kısmını yenilenebilir kaynaklardan sağlayan yüksek enerji performansına sahip bina olarak tanımlanmıştır. Binalarda uygulanan enerji verimli yapı teknikleri sonucunda, binada kullanılan enerjinin tamamı binaya entegre edilen yenilenebilir kaynaklarla karşılayan binalar “Net Sıfır Enerjili Bina” olarak tanımlanmaktadır. Artı Enerjili Bina ise, enerjiyi verimli kullanan, ihtiyacı olan enerjiyi yenilenebilir kaynaklarla üreterek karşılayan ve ihtiyaç fazlası enerjiyi satarak, yıllık enerji bilançosunu sıfır yapabilen binalar olarak açıklanmaktadır (Şekil 2.1.) (Güven 2019).



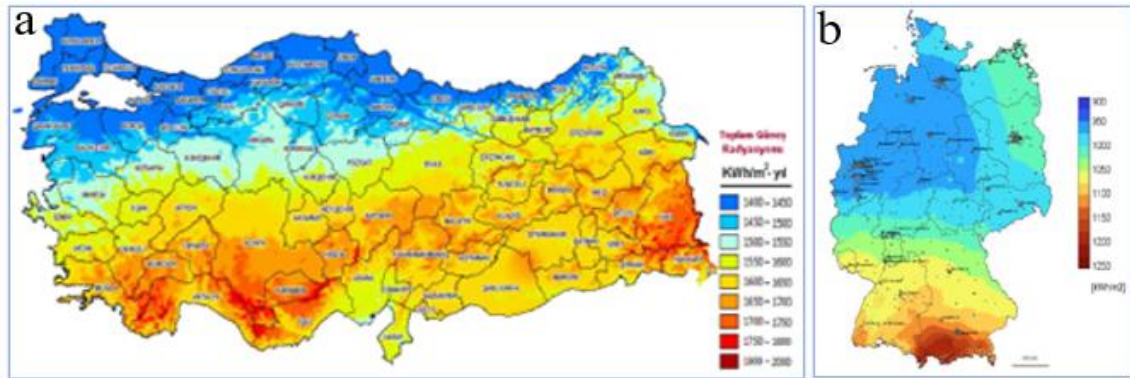
Şekil 2.1. Avrupa Birliği enerji yol haritası (Güven 2019)

2.2.2. Türkiye’de enerji ve enerji verimliliği politikaları

Dünyada enerji talebi yüksek oranda fosil kaynaklı yakıtlardan karşılanmaktadır. Sınırlı miktarda bulunan, yenilenemeyen ve hızla tüketilen bu kaynakların azalması maliyetlerin artmasına neden olmaktadır (Güven 2019). Ülkemiz enerji ihtiyacının yaklaşık %71’i ithal edilmektedir (Pamir 2017). Ayrıca bu ihtiyaç her yıl %4 oranında artış göstermektedir (Kürekçi ve Erdem 2019). Ülkemizde petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtlardan birincil enerji tüketiminde 2019’da %84 oranına ulaşmıştır. Enerji ham maddeleri ithalatı; 2019 yılında 41,6 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizin enerji maddeleri ithalatında %35,6 payla birinci sırada Rusya Federasyonu yer almaktadır. Bu payla ülkemizin toplam enerji arzının %25,6’sını sağlamaktadır. Türkiye’nin birincil enerji arzında %28,70’lik payı olan ve tüketimin %90’dan fazlası ithalatla karşılanan ve her yıl ithalatına 25 milyar dolardan fazla para ödenen petrolün; %67’si karayolu ulaşım sektöründe kullanılmaktadır (Makine Mühendisleri Odası 2020).

AB tam üyelik hedefi doğrultusunda Türkiye’nin enerji hedeflerine ulaşabilmesi amacıyla dışa bağımlılığın azaltılması, yenilenebilir kaynakların azami oranda kullanılmasının sağlanması, enerji verimliliğinin artırılması gibi yerel düzeyde alınacak kararlar önem kazanmaktadır (Kavas Bilgiç ve Başoğlu Acet 2019). Türkiye’nin son dönemde sanayi üretiminin ve nüfus oranının artmasına bağlı olarak enerjiye olan talep her geçen gün yükselmektedir. Türkiye’de birincil enerji arzında 2019 yılında 138.849,6 GWh (%36) üretimin termik santrallerden, 79.073,3 GWh (%20) hidrolik santrallerden enerji üretmiştir. 2019 yılı itibarıyla birincil enerji kaynakları tüketiminde ilk sırayı doğalgaz alırken, doğalgazı sırasıyla petrol, kömür, hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynakları takip etmektedir (Soral 2020).

Türkiye’nin güneş enerjisini elde etme süresi ortalama yılda 2 bin 738 saat olup günde ortalama 7 saat güneşlenme süresi tekabül etmektedir. Türkiye’de en iyi güneş alan bölümlerin alt sınırı 1400 kWh/m² dir (Güven 2019). Güneş enerjisi lokomotif ülke olan Almanya’nın en fazla ışınlam değeri olan yıllık 1200 kWh/m², Türkiye’nin en az ışınlam alan bölgesi olan Karadeniz Bölgesi’nin ışınlam değeriyle hemen hemen aynıdır (Yiğit ve Atmaca 2018). Türkiye’nin güneş görme süresi Almanya ile kıyaslandığında yaklaşık %60 daha verimli olmasına rağmen Almanya’nın yaklaşık %6’sı kadar kurulu güce sahiptir (Melikoğlu 2016).



Şekil 2.2. Güneş haritası; **a)** Türkiye güneş haritası, **b)** Almanya güneş haritası (Anonim 10)

Türkiye'nin 2023 hedefleri incelendiğinde, enerji talebinin %30'u yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması, 2023 yılı sonuna kadar güneş enerjisinde 5.000 MW (8.000 GWh), rüzgar enerjisinde 20.000 MW (50.000 GWh) ve jeotermal enerjide 600 MW (5.100 GWh) kurulu güce ulaşılması amaçlanmaktadır. Ayrıca, 2023 yılı sonuna kadar ülkemizde elektrik enerjisi üretiminin %5'i nükleer enerjiden sağlanması hedeflenmektedir (İncekara 2019).

2.2.2.1. Enerji verimliliği kanunu

5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu, 02 Mayıs 2007 tarih ve 26510 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Kanunun amacı; “enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması” olarak açıklanmaktadır. Kanun; enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekeleri ile ulaşımda enerji verimliliğinin artırılmasına ve desteklenmesine, toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulanacak usul ve esasları kapsamaktadır (Anonim 11).

Bu kanunla;

- Binalar da kullanılan enerji tüketim miktarları yıllık bazda belirlenecek (kWh/m²),
- Yapıların tesisat sistemleri, ısı yalıtım sistemleri standartlarda verilen kurallara göre denetlenecek,
- Her yapının enerji kimliği olacak,
- Yapılarda enerji izleme ve yönlendirme sistemi tasarlanacak,
- Endüstriyel işletmelerde ve binalarda kanun kapsamında enerji faaliyet yönetimi ile belirlenmiş yöneticiler bulundurulacaktır (Soral 2020).

Enerji Verimliliği Kanunu'nun yürürlüğe girdiği tarih itibariyle 10 yıl içerisinde enerji yoğunluğunun OECD ülkelerinin bugünkü ortalamasına indirilmesi, fosil kaynak ithalatının ve sera gazı emisyonlarının azaltılması, yerli tarım ürünlerinden üretilen

biyoyakıtların kullanımının yaygınlaştırılması, küçük ölçekli yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması, toplum genelindeki verimlilik ve tasarruf bilincinin geliştirilmesi hedefleri doğrultusunda çalışmalar yürütülmektedir (Özçuhadar 2007).

2.2.2.2. Binalarda ısı yalıtım yönetmeliği ve TS825 binalarda ısı yalıtım standartları

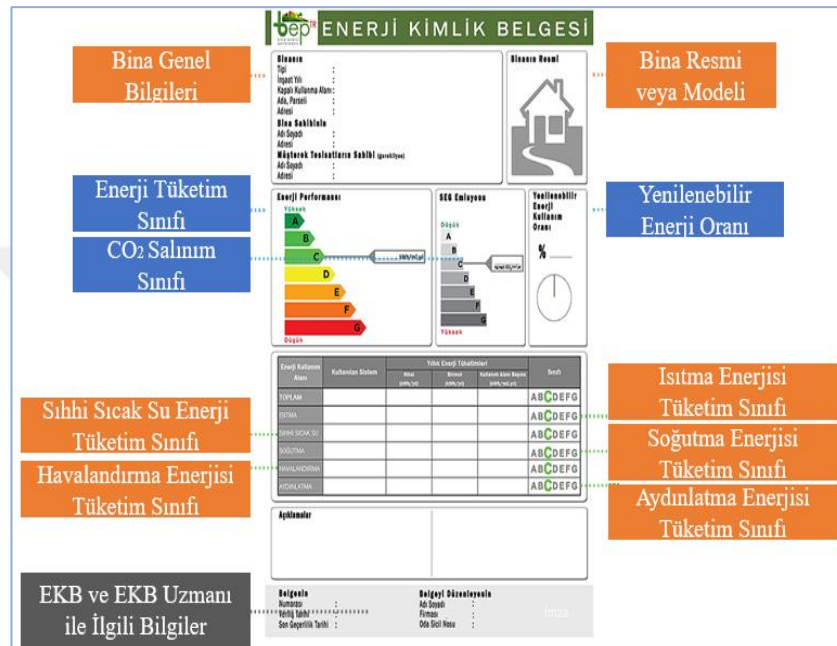
Binalarda ısı yalıtım yönetmeliği binalardaki ısı kayıplarının azaltılmasına, enerji tasarrufu sağlanmasına ve uygulamaya dair usul ve esasları düzenlemektir (Anonim 12). TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” binaların ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanmasında kullanılacak değerleri ve izin verilen maksimum ısıtma enerjisinin tespitine yönelik kurallar içermektedir. Bina kabuğunun tasarımına ve malzeme seçimine ilişkin veriler içermektedir. TS 825, sadece ısıtma enerjisini baz almakta olup, soğutma enerjisini kapsam dışı bırakmıştır. Türkiye ısıtma ihtiyacı göz önünde tutularak ortalama sıcaklık değerleri ve ısıtmaya yönelik derece günlere göre 5 ana iklim bölgesine ayırmıştır (Özçuhadar 2007).

2.2.2.3. Binalarda enerji performans yönetmeliği (BEP)

Türkiye’de binaların kullandıkları enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasına, enerji israfının önlenmesine ve çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasları düzenleyen, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından 05.12.2008 tarihli 27075 sayılı resmi gazetede; 5627 sayılı Enerji Kanunun ilgili maddesinin dayanağı ile Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği yayınlanmıştır. Bu Yönetmeliğin amacı “dış iklim şartlarını, iç mekan gereksinimlerini, mahalli şartları ve maliyet etkinliğini de dikkate alarak, bir binanın bütün enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesini, birincil enerji ve karbondioksit (CO₂) emisyonu açısından sınıflandırılmasını, yeni ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binalar için minimum enerji performans gereklerinin belirlenmesini, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini, ısıtma ve soğutma sistemlerinin kontrolünü, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasını, binalarda performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesini ve çevrenin korunması” olarak ifade edilmektedir (Anonim 13).

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, mevcut ve yeni yapılacak binalarda; mimari tasarım, mekanik tesisat, aydınlatma, elektrik tesisatı gibi binanın enerji kullanımını ilgilendiren konularda bina projelerinin hazırlanmasında, enerji kimlik belgesinin düzenlenmesinde ve uygulamaya ilişkin hesaplama metodlarına, standartlara, yöntemlere ve asgari performans kriterlerine ait bilgiler içermektedir. Ayrıca; enerji ihtiyacının kojenerasyon sistem ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmasına, ülke genelindeki bina envanterinin oluşturulmasına, toplumdaki enerji kültürü ve verimlilik bilincinin geliştirilmesine yönelik eğitim ve bilinçlendirme faaliyetlerine, korunması gerekli kültür varlığı olarak tescil edilen binalarda, enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik önlemlere ve uygulamalara ilişkin iş ve işlemleri kapsar. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Binalarda Enerji Performansı (BEP) yönetmeliği kapsamına giren binaların yıllık m² başına düşen enerji tüketim miktarını ve buna bağlı CO₂ salınımını hesaplayan BEP-HY (BEP Hesaplama Yöntemi)’ni geliştirerek BEP-TR isminde bir yazılım ile binaya uygun enerji kimlik belgesi oluşturulmaktadır. Enerji Kimlik Belgesinde, binanın enerji ihtiyacı, yalıtım özellikleri, ısıtma ve/veya soğutma

sistemlerinin verimi/etkenliği ve binanın enerji tüketim sınıflandırması ile ilgili bilgilerin yanı sıra binanın ısıtılması, soğutulması, iklimlendirmesi, havalandırması ve sıhhi sıcak su temini için kullanılan enerjinin miktarı (kWh/yıl), tüketilen her bir enerji türüne göre yıllık birincil enerji miktarı (kWh/yıl), nihai enerji tüketiminin oluşturduğu sera gazlarının kullanım alanı başına yıllık miktarı (kg CO₂/m²-yıl), binanın aydınlatma enerjisi tüketim değeri, birincil enerji tüketimine göre, enerji sınıfı, binanın yenilenebilir enerji kullanım oranı gösterilir (Anbarcı vd. 2012). (Şekil 2.3.). 2030 yılına kadar tüm binalar enerji kimlik belgesine sahip olacaktır (Anonim 14).



Şekil 2.3. Enerji kimlik belgesi (Anonim 15)

2.3. Konutlarda Enerji Verimliliği

Dünyada teknolojik gelişmelere bağlı olarak yaşam standartlarında yaşanan artış enerjiye olan ihtiyacı arttırmıştır. Enerji üretiminin büyük bir oranda fosil yakıtlardan sağlanması, hava kirliliğinin oluşmasına, sera gazı etkisiyle mevsimlerin değişmesine ve bunların sonucunda küresel ısınmaya neden olmaktadır. Bu kapsamda; enerji verimliliği, ekosistemin korunması başta olmak üzere ülkelerin ekonomik olarak kalkınması açısından da oldukça önemlidir.

Yapı endüstrisi küresel ölçekteki doğal hammadde kullanımının %50'sinden sorumludur. Yapı endüstrisinden kaynaklanan atıklar %15-50 arasında değişim göstermektedir. Bu amaçla; yapım ve kullanım sırasında enerji, su, malzeme ve yapı alanları etkin bir şekilde kullanılmalıdır (Karaaslan 2011). 2012 yılı Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) verilerine göre sadece 2002-2012 yılları arasındaki 10 yıllık dönemde bina sektörünün tükettiği enerji yaklaşık %70 oranında artmıştır (Yüksel 2019).

Avrupa Birliği üyesi ülkelerde konutlarda kullanım süresi boyunca tüketilen enerjinin %57'si mekanın ısıtılmasında, %25'i su ısıtılmasında, %11'i elektrikli aletlerin kullanılmasında ve %7'si yemek pişirilmesinde kullanılmaktadır. Türkiye'de ise

konutlarda kullanım süresi boyunca tüketilen enerjinin %81'i mekanın ısıtılmasında, %11'i su ısıtılmasında ve %8'i elektrikli aletlerin kullanılmasında tüketilmektedir (Turan 2019). Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2011 yılı Nüfus ve Konut Araştırma Çalışmasına göre, hane halklarının ikamet ettikleri konutların bulunduğu binaların %23,4'ü 1980 ve öncesinde, %43,5'i 1981-2000 yılları arasında, %21,8'i ise 2001 ve sonraki yıllarda inşa edilmiştir. Konutların %88'i tek cam, %12'si çift cam ve %4'ü ise yalıtımlı cam pencere sistemlerine sahiptir. Konutların sadece %15'i duvarda ısı yalıtımına, %16'sı ise çatıda ısı yalıtımına sahip olduğu belirtilmiştir (Dinç Kobalas 2015). Türkiye'de konutlarda kullanılan enerjinin %81'i ısıtma amaçlı kullanması ve TÜİK 2011 yılı araştırma sonucu incelendiğinde Türkiye'de konutların enerji verimi açısından yetersiz olduğunu görülmektedir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2018 yılında hazırlanan Türkiye Enerji Verimliliği Gelişim Raporuna göre Türkiye'de enerjinin yaklaşık %20'si, toplam elektrik tüketiminin ise yaklaşık %22'si konutlarda kullanılmaktadır (Aydın ve Bıyıklıoğlu, 2020). Dünyada tüketilen enerjinin %20'si, Türkiye'de ise tüketilen enerjinin %22'si yapı üretiminde kullanılmaktadır. Dünya'da toplam tüketilen enerjinin %81'inin kömür, petrol ve doğalgazdan gibi fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Konutlarda enerji tüketimine bakıldığında ise kömürün %7'si, petrolün %13,4'ü, doğalgazın %22,3'ü, elektriğin %27,1'i kullanılmaktadır (Altınöz 2019). IEA'nın (International Energy Agency) verilerine göre 2014 yılında dünyada toplam enerji tüketiminin %18'i konutlarda gerçekleşmektedir (Güven 2019). Ülkemizde yapılarda meydana gelen enerji kayıp oranı AB ve diğer gelişmiş ülkelere göre üç kat fazla olması enerjide etkin yapıların tasarlanmasının ülkemiz için ne kadar önemli olduğunu göstermektedir (Aykal vd. 2009).

Enerji etkin binalar üzerine yapılan araştırmalar, binaların enerji etkin tasarlanması durumunda geleneksel yöntemlerle tasarlanmış binalara göre; enerji kullanımında %24-50, CO₂ emisyonlarında %33-39 oranında azalım sağlanabileceği görülmüştür (Tekin vd. 2014). Geleneksel inşaat sektöründeki binalara baktığımızda; inşaat ve kullanım süreçlerinde dünyadaki tatlı su kaynaklarının %16'sını, ağaç kaynaklarının %25'ini, malzeme kaynaklarının %30'unu, enerji kaynaklarının %40'ını tüketmektedir. Küresel ısınmaya neden olan CO₂'in %35'i inşaat kaynaklı olup toprak israfının %40'ı inşaat süreci ve devamında açığa çıkan atıkların depolanması sonucu meydana gelmektedir. Bunun yanı sıra stratosferdeki ozon tabakasındaki azalmaya neden olan kimyasalların %50'si geleneksel bina sektörü tarafından üretilmektedir (Anonim 16).

2021 İklim Değişikliğiyle Mücadele Sonuç Bildirgesi'nde ülkemizde akıllı şehir uygulamaları yaygınlaştırılarak enerji verimli, iklime duyarlı yeni yerleşim alanları kurulacağı, 2030 yılına kadar, elektrik üretimimiz güneş enerjisinden 10 GW, rüzgar enerjisinden 16 GW kapasitesine çıkartılarak yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretim kapasitesi arttırılacağı ve 2023 yılında binalarda kullanılan fosil yakıtlar %25 oranında azaltılacağı belirtilmektedir. Bu kapsamda, enerji ve sanayi tesislerinin iklim ve çevre dostu üretim yapmalarına yönelik ilave tedbir ve teşvikler arttırılacağı belirtilmektedir (Anonim 14).

Yeşil binalar üzerinde yapılan araştırmalar, binaların bu şekilde tasarlanması ve işletilmesi durumunda, geleneksel yöntemlerle tasarlanmış ve işletilen ortalama binalara

göre enerji kullanımında %24 ile %50 arasında, CO₂ emisyonlarında %33 ile %39 arasında, su tüketiminde %30 ile %50 arasında, katı atık miktarında %70 oranında, bakım maliyetlerinde ise %13 oranında azalım sağlanabileceğini göstermektedir. Amerikan Yeşil Bina Konseyi (USGBC), bir yeşil binanın ortalama %32 daha az elektrik kullanarak yılda 350 metrik ton CO₂ emisyonunun önüne geçtiğini belirtmektedir (Erten 2012; Palteki 2013). Ayrıca yeşil binalarda iç ortam kalitesinin artması sonucunda; Dünya Yeşil Bina Konseyi (WGBC) verilerine göre okullarda %20 daha iyi öğrenci performansı, hastanelerde 2,5 gün erken taburcu olma durumu, alışveriş merkezlerinde satışlarda artış, fabrikalarda üretim artışı ve ofislerde %2-16 oranında üretkenlik artışı sağlamaktadır (Anonim 16).

Yeşil binalar yapım maliyeti geleneksel uygulamalara oranla ilk aşamada %2 oranında daha yüksek maliyet oluşturmalarına rağmen yaşam süresi boyunca bu giderin 10 katı kadar kazanç sağlamaktadır. Nitekim 20 yıllık süreci kapsayan çalışmalar bazı yeşil binaların metrekare başına 53\$-71\$ arası kazanç sağladığını göstermektedir. Bu kapsamda yeşil binaların faydalarını verimli teknolojiler, kolay bakım, iyileştirilmiş iç ortam hava kalitesi, yatırımın geri dönüşü, enerji verimliliği ve vergi teşvikleri olarak sıralamak mümkündür (Soysal 2014). İnşaat sektörünün küresel ekonomi içindeki payı %15, bu oran Türkiye'de ise yaklaşık %9'dur. 2025 yılına kadar gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde inşaat sektörünün küresel ekonomi içindeki payı sırasıyla %10 ve %17 olması öngörülmektedir. Bu kapsamda binalarda enerji tüketiminin ve karbon emisyonlarının azaltılması amacıyla birçok çalışma yapılmaktadır (Kazaz ve Adıguzel Istıl 2019). Ulubeyli ve Kazancı (2018) tarafından Türkiye'de yeşil bina endüstrisinde yer alan firmalar ile yeşil bina pazarının siyasi, ekonomik, sosyal, teknik, yasal ve çevre faktörlerin etkileri üzerinde makro-çevresel stratejik yöntemi ile bulanık mantık sentetik değerlendirme yöntemleriyle çok kriterli karar verme modeli aracılığıyla yapılan çalışma neticesinde en etkili faktörün teknolojik faktörlerin olduğu ve teknolojik faktörleri sırasıyla çevresel, ekonomik, yasal, politik ve sosyal faktörler takip ettiği görülmüştür. Bu kapsamda öncelikle yerli geri dönüşümlü inşaat malzemeleri pazarı kurulması, geliştirilmesi ve özellikle yerli kaynaklar kullanılarak yenilenebilir enerji ve atık geri dönüşümü için gelişmiş teknolojik cihazların üretilmesi gerekmektedir (Ulubeyli vd. 2019).

Dünya'da birçok yeşil bina sertifika sistemi vardır. Dünyada yaygın olarak; 1990'da İngiltere'de ortaya çıkan BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), 1998'de Amerika Birleşik Devletleri'nde ortaya çıkan LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), 2003'de BREEAM'den uyarlanarak Avustralya'da oluşturulan Greenstar, 2004'de Japonya'da ortaya çıkan CASBEE (Comprehensive Assessment for Building Environmental Efficiency) ve 2009'da Almanya'da ortaya çıkan DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen)'dir (Anonim 17). Türkiye'deki yeşil binalarda ağırlıklı olarak bulunan ABD kaynaklı LEED sertifikasının yanı sıra BREEAM (İngiltere), CASBEE (Japonya) ile DGNB (Almanya) sertifikaları da bulunuyor. Sertifika almış binaların yaklaşık yüzde 90'ı LEED, kalanı ise BREEM, DGNB ve EDGE sertifikasına sahiptir (Anonim 18).

Türkiye *Amerikan Yeşil Binalar Konseyi* (USGBC) tarafından 2019 yılı ilk yarısında 348 LEED sertifika sayısı ile Avrupa'da 1. sırada yer almaktadır. Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK) verilerine göre ise Ağustos 2019 tarihi itibarıyla LEED

sertifikalı proje sayısı 388, BREEAM sertifikalı proje sayısı 40 olmak üzere toplam 428 sertifikalı yeşil bina mevcuttur. Türkiye’de mevcut yeşil binaların bina kullanım türüne göre %41’i ofisler, %21’i konutlar, %12’sini endüstriyel yapılar, %5’ini ticarethaneler, %5’ini eğitim yapıları, %4’ü otel, %4’ü karma kullanımlı yapılar, %2’sini sosyal yapılar, %2’sini alışveriş merkezleri, %1’ini spor yapıları ve %1’ini ise sağlık yapıları oluşturmaktadır (Anonim 18).

2012 yılında “Yeşil Binalar Zirvesi” sonuç bildirgesinde; Türkiye’nin kalkınma stratejisi kapsamı içerisine sürdürülebilir kentsel dönüşüm, enerji verimliliği ve yeşil bina uygulamalarının yer alması gerekliliği vurgulanmıştır. Sürdürülebilirlik kent ölçeğinde ele alınması kentsel dönüşümünde enerji etkin uygulamaların olması gerekliliği belirtilmiştir. Enerji etkin kentsel dönüşüm sürecinde sağlanacak enerji verimliliğinin ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacağı vurgulanmıştır (Anonim 19).

Türkiye’de her geçen gün artarak devam eden kentsel dönüşüm uygulamalarının fiziksel, sosyokültürel ve çevresel parametreler dikkate alınarak yapılmalıdır. Enerjide dışa bağımlı olan Türkiye’de kentsel dönüşüm uygulamaları ile yenilenen binalarda enerjinin etkin kullanılmasına yönelik planlamalar ile gerek Türkiye’nin ekonomik açıdan kalkınmasının sağlanması gerekse çevre kirliliğinin önlenmesi konusunda önemli bir fırsat elde etmektedir.

2.4. Enerji Etkin Bina Tasarımı

Binalarda tasarım aşamasında alınacak kararlar yapının işletimi süresince tüketileceği enerji miktarını belirlemektedir. Yapının kullanım sürecinde ısıtılması, soğutulması, havalandırılması, aydınlatılması için enerjiye ihtiyaç vardır. İhtiyaç duyulan bu enerji gerek aktif sistemlerle gerekse pasif sistemler yardımıyla sağlanabilmektedir. Yapıların enerjide verimli olabilmesi, tasarım aşamasında enerji etkin tasarım kriterlerinin uygulanmasından geçmektedir.

Enerji etkin bina; tasarım aşamasında alınacak önlemlerle daha az enerjiye ihtiyaç duyan ve ihtiyaç duyduğu enerjiyi ise yenilenebilir kaynaklardan sağlayan, enerjiyi verimli biçimde kullanan bina olarak ifade edilmektedir (İslamoğlu 2017). Enerji etkin bina tasarımında; yer, konum, iklim, malzeme, yapı kabuğuna ilişkin parametrelerin optimum kullanılmasıyla oluşan kombinasyona ek olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının entegre edilmesi, enerji etkin binayı ortaya çıkarmaktadır (Erol 2017). Literatürde binalarda enerjinin verimli kullanılmasına yönelik birçok çalışma yer almaktadır.

Kon (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada; TS 825’e göre dört farklı iklim bölgesinde yer alan Aydın, Amasya, Eskişehir ve Ardahan şehirlerindeki binalar için dış duvarlar ve pencerelere bağlı ekonomik optimizasyon kullanılarak yakıt tüketimi ve emisyon hesapları yapılmıştır. Öncelikle her şehir için farklı duvar malzemeleri kullanılarak optimum dış duvar kalınlıklarını hesaplamıştır. Sonrasında ekstrüdepolistiren (XPS), ekpandepolistiren(EPS), cam yünü ve taş yünü yalıtım malzemeleri kullanılarak dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlıkları bulunmuştur. Son olarak dört farklı şehir için optimum cam sayısı tespit edilmiştir. Hesaplamalar ömür maliyet analizi ve derecede-gün metodu kullanılarak yapılmıştır. Hesaplamalar

sonucunda bulunan optimum değerler için yanma denklemleri kullanılarak emisyon miktarları hesaplanmıştır. Yakıt olarak doğal gaz, kömür ve fuel-oil kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucunda; tüm şehirler için optimum duvar malzemesi kalınlığı, en yüksek delikli tuğla ve en düşük gaz beton malzeme elde edilmiştir. Optimum yalıtım kalınlığı ise en yüksek cam yünü ve en düşük ekstrüdepolistiren yalıtım malzemesi için elde edilmiştir. Yakıt türüne bağlı olarak, sıcak iklim bölgesindeki Aydın için optimum cam sayısı 2-3, soğuk iklimdeki Ardahan için ise optimum cam sayısı 4 olarak önerilmiştir.

Karakaya (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada; dört farklı duvar tipi(tuğla, izo-tuğla, bims blok ve gaz beton) için farklı yakıt(doğalgaz, kömür, fuel-oil ve elektrik) ve yalıtım(xps ve eps) türleri kullanılarak ısıtmada ve soğutmada optimum yalıtım kalınlığı, toplam maliyet, enerji tasarrufu, geri ödeme süresi ve çevresel analiz hesaplanmıştır. Yalıtımsız duruma göre yıllık tasarruf oranı ısıtmada sırasıyla %38,20, %55,31, %30,19 ve %85,10 iken soğutmada %54,52, %75,62, %43,76 ve %98,92 hesaplanmıştır. Geri ödeme süresi ısıtmada sırasıyla 2 yıl, 3,11 yıl, 1,54 yıl ve 5,88 yıl iken soğutmada 3,03 yıl, 4,68 yıl, 2,30 yıl ve 8,79 yıl değerlerine almıştır. Çevreye salınan CO₂ ve SO₂ emisyonlarında yalıtımsız duruma oranla optimum noktada yaklaşık %77,30 azalma görülmüştür.

Kürekci ve Erdem (2019) gerçekleştirdikleri çalışmada; ömür maliyet analizi kullanarak 4 il(Antalya, Bursa, Ankara ve Van) için dıştan yalıtılan duvar modelinde doğal gaz yakıtı ve beş farklı yalıtım malzemesi(EPS, cam yünü, taş yünü, XPS ve poliüretan) için optimum yalıtım kalınlığı, geri ödeme süreleri ve yıllık tasarruf miktarları hesaplanmıştır. Hem ısıtma hem de soğutma yapılan binalar için optimum yalıtım kalınlığı XPS için Antalya, Bursa, Ankara ve Van illerinde sırasıyla 0.035, 0.043, 0.051, 0.058 m, EPS için 0.067, 0.080, 0.094, 0.105 m, cam yünü için 0.058, 0.070, 0.082, 0.092 m, taş yünü için 0.041, 0.050, 0.060, 0.067 m ve poliüretan için 0.016, 0.020, 0.025, 0.028 m olarak hesaplanmıştır.

Altun vd. (2020) çalışmalarında; yalıtımsız bir binanın TS 825'e göre yalıtılmasının etkinliği kısa dönem ve yaşam döngüsü olmak üzere iki farklı süreçte incelenmiştir. Yapılan ek yatırımın, maliyet ve sera gazı açısından geri ödeme süreleri analiz edilmiştir. Analizler, yapılan yalıtımların yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacında %75'lere, yaşam döngüsü maliyetinde %70'lere, yaşam döngüsü sera gazı salımında ise %73'lere varan iyileştirmeler sağladığını göstermiştir. Ayrıca, maliyet geri ödeme süreleri 7 yılın altında, sera gazı geri ödeme süreleri ise 2 yılın altında hesaplanmıştır.

Gülten and Bektaş Ekici (2015) çalışmalarında; Türkiye'deki dört farklı derece gün bölgesinden seçilen iller(Hatay, Bursa, Elazığ, Muş) için, ısıtma ve soğutma derece gün sayıları kullanılarak optimum yalıtım kalınlıkları hesaplanmıştır. Yalıtım malzemesi olarak ekspande polistren(EPS) kullanılmıştır. Isıtma ve soğutma derece gün sayısına göre yıllık enerji tasarrufları hesaplanmıştır. Isıtmada yakıt olarak doğalgaz, soğutmada ise enerji kaynağı olarak elektrik seçilmiştir. Isıtma derece gün sayısı kullanılarak elde edilen optimum yalıtım kalınlıkları 0,040 m ile 0,136 m arasında değiştiği, enerji maliyeti tasarrufları 8,58 \$/m² ile 98,80 \$/m² arasında değiştiği, yalıtım malzemesinin geri ödeme süresi 6 yıl ile 8,76 yıl arasında değiştiği görülmüştür. Soğutma derece gün sayısı kullanılarak elde edilen optimum yalıtım kalınlıkları ise 0,008 m ile 0,033 m arasında

değiştirdiği, enerji maliyeti tasarrufları 89,08 \$/m² ile 5,03 \$/m² arasında değiştiği görülmüştür. Geri ödeme sürelerinin ise 1 yılın altına düştüğü gözlenmiştir.

Moazzen vd. (2019) çalışmalarında; İstanbul'da bir tip okul binası üzerinde birincil enerji tüketimi hesaplanmıştır. Binanın cephesinde farklı enerji verimliliği önlemleri (üç farklı ısı yalıtım uygulaması, üç farklı cam iyileştirme uygulaması, PV sistem uygulaması) ile önerilen eylemlerin YDE tüketimi ve Yaşam Döngüsü CO₂(YDCO₂) emisyonları üzerindeki etkisi, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) yöntemine göre dinamik simülasyon araçları olan EnergyPlus ve DesignBuilder yardımıyla hesaplanmıştır. Tüm yaşam döngüsü boyunca, mevcut durumda, bina 43.491,25 MWh birincil enerji tüketerek 10.404,05 ton CO₂ emisyonu üretmektedir. Yapılan enerji etkin iyileştirmeler sonucunda binada %31 oranında birincil enerji, yaklaşık %27 oranında ise CO₂ emisyon tasarruf potansiyeli olduğu görülmüştür.

Aydın ve Bıyıkoglu (2020) yaptıkları çalışmada; Türkiye'deki konut tipi binalar için soğutma yükü etkisi altında optimum yalıtım kalınlığının (U-değerlerini) ömür maliyet analizi kullanılarak TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardında soğutma yükünün de hesaplamalara katılması gereken Derece Gün (DG) bölgelerinin tespit edilmesidir. Alan/Hacim (A/V) oranı 0,40 m-1,00 m olan 5 katlı bir apartman binası referans bina olarak alınarak yıllık enerji ihtiyacı hesaplanmıştır. Toplam maliyeti temel alan ömür maliyet analizi 30 yıllık bir kullanım ömrü için yapılmıştır. Optimum yalıtım kalınlıkları iklim bölgelerine göre; cephe için 0,00 cm ile 4 cm, tavan için 0,00 cm ile 7,5 cm, taban için 0,00 ile 2,3 cm arasında hesaplanmıştır. Sonuç olarak, TS 825 standardında belirtilen 1. Derece Gün ve 2. Derece Gün bölgelerinde soğutma yükünün optimum yalıtım kalınlığı hesaplarına dahil edilmesi gerektiği belirlenmiştir. 1. Derece Gün ve 2. Derece Gün bölgelerine göre daha soğuk iklim şartlarının etkili olduğu 3. Derece Gün ve 4. Derece Gün bölgelerinde soğutma yükünün optimum yalıtım kalınlığını etkilemediği sonucuna varılmıştır.

Yörük ve Arısoy (2015) gerçekleştirdikleri çalışmada; EnergyPlus programı yardımıyla TS825 esas alınarak Akdeniz iklim bölgesi için tasarlanan örnek bina üzerinden ısı yalıtım iyileştirmeleri yapılmıştır. Baz binada herhangi bir ısı yalıtımı olmaması durumunda ile bina duvarlarına TS825 standartına göre dıştan 5 cm yalıtım uygulandığı durum da ısıtma enerjisinde %71'lik bir tasarruf elde edilirken, soğutma enerjisinde %0,6 tasarruf sağlandığı görülmüştür. Yalıtım kalınlığı 10 cm'ye çıkarıldığında ise ısıtma enerjisindeki tasarruf oranı yaklaşık %85'e çıkarken, soğutma için harcanacak enerjide küçük bir artış olduğu görülmüştür. Akdeniz iklim bölgesinde soğutma yapılan 8 ay dikkate alındığında yalıtımsız durumda yılda 33126 kWh enerjiye ihtiyaç duyulurken, 10 cm yalıtım yapılması halinde ise yılda 33503 kWh enerjiye gereksinim duyulmaktadır. Yapılan hesaplamalar ile binada dış duvarlarında yalıtım kalınlığı arttıkça beklenenin aksine, doğal soğutma azalmakta ve toplam mekanik soğutma ihtiyacı arttığı, soğutma derece gün sayısı ısıtma derece gün sayısından fazla olan Akdeniz ikliminde yıllık toplam soğutma enerjisi performansının artırılması için yalıtım kalınlığının artırılması, doğru bir strateji olmadığı sonucuna varılmıştır.

Ertürk vd. (2016) gerçekleştirdikleri çalışmada; I. ve II. ısı bölgesinden seçilen 16 farklı ilde, sandviç ve dıştan yalıtımlı iki farklı duvar konstrüksiyonu, yalıtım malzemesi olarak taş yünü, genleştirilmiş polistiren(EPS) ve sıkıştırılmış polistiren(XPS); yakıt

olarak doğal gaz, kömür ve elektrik kullanılarak, ısıtma ve soğutma uygulamalarında dış duvarlara uygulanacak optimum yalıtım kalınlığı, yıllık kazanç, geri ödeme süresi ve yalıtımın baca gazı emisyonlarına etkisi derece-saat ve ömür maliyet analizi yöntemine göre belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, ısıtma ve soğutma uygulamalarında, ısıtma derece saat(IDS) ve soğutma derece saat(SDS) değerlerine bağlı olarak, en küçük optimum yalıtım kalınlığı, maksimum yıllık kazanç, minimum geri ödeme süresi, minimum baca gazı emisyonu, sandviç duvarda, yalıtım malzemesi olarak XPS, yakıt olarak doğal gaz kullanılması durumunda gerçekleştiği görülmüştür.

Ertürk (2021) tarafından yapılan çalışmada; İzmir ili için farklı duvar tipi, yakıt ve yalıtım malzemeleri göz önüne alınarak ısıtma amaçlı enerji gereksinimi ve kişi başı emisyonlar hesaplanmıştır. İzmir ısıtma dönemi birim alandan salınan karbondioksit miktarı(IDBASCm) ve ısıtma dönemi birim alandan salınan kükürtdioksit miktarı(IDBASKm) duvar, yakıt ve yalıtım malzemesi cinsine göre ve yalıtımsız olarak karşılaştırılmaları yapılarak optimum yalıtım kalınlığı(OYK)'nın çevre ve enerji üzerindeki etkisi hesaplanmıştır. Farklı yakıt, izolasyon malzemesi ve duvar tipine bağlı olarak enerji talebi ve IDBASCm azalmanın %76 seviyesine ulaşabileceği görülmüştür.

Çetintaş (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada; Toplu Konut İdaresi Başkanlığı(TOKİ) tarafından Türkiye'nin çeşitli illerinde uygulaması gerçekleştirilmiş olan 'C Tipi' olarak adlandırılan konut binası referans bina olarak belirleyerek bina kabuğunu oluşturan, malzeme (tuğla, gazbeton), bina formu(kare, dikdörtgen), ısı yalıtım malzemesi(XPS, camyünü, taşyünü, EPS) ve yalıtım kalınlık(3cm, 5cm) ile ilişkin oluşturulan alternatifler ile kombine edilerek toplamda 104 adet senaryonun performans analizi gerçekleştirilmiştir. Design Builder yazılımı kullanılarak yapılan analizlerde yapı formu alternatifleri açısından minimum enerji tüketimine sahip alternatifin en az kabuk alanına sahip kare form, en yüksek enerji tüketimi ise en çok kabuk alanına sahip dikdörtgen form olduğu görülmüştür. Bina formunun sadeleşmesi ile referans konut binasının bir yıllık ısıtma enerjisi tüketimin yaklaşık %70'i kadar enerji tasarrufu potansiyeli olduğu hesaplanmıştır. Isı yalıtım malzemesi alternatifleri açısından karşılaştırıldığında, malzemelerin ısı iletim değerlerinin birbirine yakın olmasına karşın oluşum enerjisi ve oluşum karbonu performansları açısından ciddi farkların olduğu, söz konusu farkın referans konut binasının yıllık ısıtma enerjisi tüketim değerinden %50 fazla olduğu görülmüştür.

Yılmaz ve Koçlar Oral (2019) gerçekleştirdikleri çalışmada; kamusal ilkokul ve ortaokul binalarının enerji etkin dönüşümünü amaçlayan bir yöntem önerisi sunulmuştur. Yöntemde, öncelikle belirlenen bir pilot alanda yer alan ilkokul ve ortaokul binalarının analizleri doğrultusunda, belirlenmiş bir örneklem ortaokul binasının enerji ve fiziksel veri envanteri toplanmış, bu envantere göre enerji modellemesi yapılmış ve ASHRAE Guideline 14'e göre enerji modeli kalibre edilmiştir. Kalibre edilmiş enerji modeli üzerinden enerji yenileme senaryoları(dış duvar, çatı ve bodrum döşemesi için ısı yalıtım alternatifleri, pencereler için farklı cam kombinasyonları) geliştirilerek yaşam döngüsü maliyetine göre optimize edilmiştir. Mevcut duruma göre enerji etkin yenileme senaryolarına ait yaşam döngüsü maliyeti açısından %14,51 ile %23,93 arası değişen oranda azalım, birincil enerji tüketimi ise %43,47 ile %58,80 arası değişen oranda azalım görülmüştür.

Manioğlu (2012) çalışmasında; İstanbul'da bir ilköğretim okulu örneği seçerek Design Builder simülasyon motoru olarak bütünleşik bir simülasyon programı olan Energy Plus programını kullanarak farklı bina kabuğu alternatifleri uygulayarak toplam ısı kayıpları ve yaşam dönemi maliyetleri elde edilmiştir.

Adıgüzel Istıl (2019) gerçekleştirdiği çalışmasında, Antalya ili Kepez-Santral mahallesi kentsel dönüşüm projesi incelenerek, projede yer alan örnek bir blok için sürdürülebilir malzemelerle tasarımının gerçekleşmesi durumunda oluşacak maliyet artışı araştırılmıştır. Çalışma kapsamında baz bina modelinde bina kabuğunda ısı yalıtım iyileştirilmesi, cam seçimi iyileştirilmesi, güneş kırıcı sistem tasarımı uygulaması, aydınlatma sistemi iyileştirilmesi, fotovoltaik panel uygulaması, yeşil çatı uygulaması, hava kaynaklı ısı pompası kurulumu, gri su tasarımı uygulaması, su verimliliği analizi, yağmur suyu yönetimi, kaplama ve izolasyonların iyileştirilmesi, zemin kaplamalarının iyileştirilmesi, iç mekan duvar boyalarının iyileştirilmesi, elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu, geri dönüşüm odası ve atık üniteleri kurulumu ve enerji verimliliği analizi gibi sürdürülebilir kriterler kapsamında uygulamalar gerçekleştirmiştir. Uygulamalar sonucunda binada toplam yıllık enerji tüketiminde tasarruf %0,3 ila %13,8 arasında, toplam yıllık enerji maliyetinde tasarruf ise %0,1 ila %26,1 arasında değişim görülmüştür.

Mangan ve Koçlar Oral (2014) gerçekleştirdikleri çalışmada; TOKİ (Toplu Konut İdaresi) tarafından inşa edilmiş bir konut projesinin, Türkiye'nin ılımlı nemli(İstanbul), sıcak nemli(Antalya) ve soğuk(Erzurum) iklim bölgelerine yönelik Design Builder simülasyon programı yardımıyla enerji simülasyonları yapılarak mevcut enerji tüketimlerinin ve CO₂ salımının azaltılması için senaryolar geliştirilmiştir. Opak bileşenlerin iyileştirilmesi, saydam bileşenlerin iyileştirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan sistemlerin entegre edilmesi senaryolarını mevcut durum ile kıyaslanarak yıllık ısıtma(doğalgaz) ve soğutma(elektrik) enerjisi tüketimleri hesaplanmıştır. Antalya için önerilmiş tüm senaryolar ile toplam (ısıtma+soğutma) enerji tüketimlerinde opak bileşenlerin iyileştirilmesiyle %7,67 oranında, saydam bileşenlerin iyileştirilmesiyle %8,41 ve %11,86 oranlarında azaltım sağlanmıştır. CO₂ salım değerlerinde ise sırasıyla %6,56, %22,54, %18,97 oranlarında azalalım görülmüştür. Ayrıca, Antalya için monokristal paneller ile 25,08 kW kurulu güç ve %83,9 sistem performansına sahip PV sistem ile yapının ihtiyacı olan elektrik enerjisini %48,42 oranında karşılamaktadır. Polikristal panellerle ise 23,54 kW kurulu güç ve %83,3 sistem performansına sahip PV sistem ile yapının ihtiyacı olan elektrik enerjisini %45,13 oranında karşıladığı görülmüştür.

Özel ve Şengür (2012) gerçekleştirdikleri çalışmada; Antalya ve Kars illeri için üç farklı yakıt türü(kömür, fuel-oil ve doğalgaz) ve üç farklı yalıtım malzemesi(taşyünü, foamboard ve izoporplus) kullanılarak bina dış duvarlarının optimum yalıtım kalınlıkları hesaplanmıştır. Hesaplamalar ömür maliyet analizine göre ısıtma ve soğutma derece gün değerlerini kullanarak yapılmıştır. Uygulanan yalıtım kalınlıklarına göre optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Sonuç olarak, optimum yalıtım kalınlığı, taşyünü yalıtım malzemesi ve doğal gaz yakıtının kullanılması halinde Antalya için 0.032 m ve Kars için 0.068 m olarak belirlenmiştir.

Kon (2016a) yapmış olduğu çalışmada; Türk standardı TS 825'e göre Balıkesir ilindeki örnek konut için pencere tipi(tek cam, çift cam), yalıtım

malzemesi(ekstrüdepolistiren, ekspande polistiren, poliüretan köpük, taşıyıcı) ve yenilenebilir yakıt(jeotermal enerji) kullanılarak ısıtmada ve soğutmada enerji gereksinimi hesaplanmıştır. Hesaplamalar derece-gün metodu ve ömür maliyet analizine göre yapılmıştır.

Kurekci (2016) yapmış olduğu çalışmada; Türkiye'nin 81 il merkezi için ihtiyaç duyulan optimum yalıtım kalınlıkları hesaplanmıştır. Hesaplamalar, dört farklı yakıt(doğalgaz, kömür, fueloil ve sıvılaştırılmış petrol gazı) ve beş farklı yalıtım malzemesi (ekstrüdepolistiren, genişletilmiş polistiren, cam yünü, taş yünü ve poliüretan) esas alınarak üç farklı durum(ısıtılan ancak soğutulmayan, soğutulan ancak ısıtılmayan hem ısıtılan hem de soğutulan binalar) için optimum yalıtım kalınlıkları hesaplanmıştır. Ayrıca derece-gün metodu göre beş farklı il merkezinin(İzmir, İstanbul, Ankara, Sivas ve Erzurum) optimum yalıtım kalınlıklarının hesaplanması yanı sıra toplam net tasarruf miktarı, geri ödeme süresi elde edilmiştir.

Uygunoğlu ve Keleşbaşı (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada; Afyonkarahisar'daki binaların dış duvarları için duvar malzemesi ve enerji tüketimi maliyetleri dahil toplam maliyeti en aza indiren optimum duvar kalınlığı, tasarruf oranı ve geri ödeme süresini yaşam döngüsü maliyet analizi(LCC analizi) ile hesaplanmıştır. Uzun süreli ve güncel dış hava sıcaklık kayıtları dikkate alınarak derece-gün(DD) değerleri kullanılmış ve birim alan başına bir, iki, üç ve dört sıralı boşluklu tuğla, boşluklu tuğla ve gazbeton için binanın yıllık enerji ihtiyacının değişimi araştırılmıştır. Analizde yakıt türleri olarak fuel-oil, doğalgaz, kömür ve elektrik dikkate alınmıştır. Sonuç olarak, en yüksek enerji tasarrufu 4 sıralı boşluklu tuğla kullanılarak elde edilmiştir. Ayrıca, tüm iklim bölgeleri için en uygun yakıtlar elektrik ve fuel-oil olduğu görülmüştür.

Ucar ve Balo (2010) tarafından yapılan çalışmada; Türkiye'nin dört iklim bölgesinden dört şehir(Mersin, Elazığ, Bitlis, Şanlıurfa) için dış duvarın optimum yalıtım kalınlığı, 10 yıllık yaşam döngüsü maliyeti analizi yapılarak enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Beş farklı enerji türü(kömür, doğalgaz, akaryakıt, LPG, elektrik) ve dört farklı yalıtım malzemesi(ekstrüdepolistiren, genişletilmiş polistiren, nilsiding ve taş yünü) kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalar sonucunda enerji tasarrufu 4,2\$/m² ile 9,5 \$/m² arasında değiştiği görülmüştür. En yüksek geri ödeme süresi 2,25 yıl ile Mersin'de ısıtmada enerji kaynağı olarak doğalgazın kullanılmasıyla bulunurken, en düşük değere ise Bitlis'te enerji kaynağı olarak LPG kullanılmasıyla ulaşılmıştır.

Şişman vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada; TS 825'e göre dört farklı derece-gün (DD) bölgesi bulunan Türkiye'de dört il (İzmir, Bursa, Eskişehir, Erzurum) için dış duvarda ve çatıda uygulanacak yalıtım malzemesinin optimum kalınlığı, yıllık tasarruf miktarı ve geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Optimum duvar yalıtım kalınlığı en az 0,033m ile İzmir'de, en fazla ise 0,080m ile Erzurum'da hesaplanmıştır. Yıllık tasarruf miktarı İzmir için 1,28 m²\$/yıl, Bursa için 2,28m²\$/yıl, Eskişehir için 1,89 m²\$/yıl ve Erzurum için 5,67 m²\$/yıl olarak hesaplanmıştır. Dört il içinde geri ödeme süresi 3 yılın altında belirlenmiştir. Benzer şekilde optimum çatı yalıtım kalınlığı en az0,020m ile İzmir'de belirlenmişken en fazla 0,065m Erzurum olarak hesaplanmıştır. Çatı yalıtımı ile sağlanan yıllık tasarruf miktarı ise İzmir için 0,92 m²\$/yıl, Bursa için 1,76m²\$/yıl,

Eskişehir için 2,94 m²\$/yıl ve Erzurum için 4,92 m²\$/yıl olarak hesaplanmıştır. Dört il içinde çatı yalıtım malzemesinin geri ödeme süresi 5 yılın altında belirlenmiştir.

Çay and Gürel (2013) gerçekleştirdikleri çalışmalarında; Türkiye'nin dört iklim bölgesinde dört farklı şehirde (İzmir, Zonguldak, Konya, Sivas) bir dış duvar için yaşam döngüsü maliyet analizine dayalı olarak optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufu, geri ödeme süreleri ve CO₂ ve SO₂ emisyon miktarları hesaplanmıştır. Sonuçlar, yalıtım kalınlıklarının 0,045m ile 0,195m arasında, kullanım ömrü boyunca enerji tasarrufunun 13,26 \$/m² ile 248,9 \$/m² arasında değiştiği görülmüştür. Yalıtım malzemesi olarak ekstrüdepolistiren kullanıldığında 1,19 yıl ile 1,97 yıl arası geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Yakıt türü ve yalıtım malzemesine bağlı olarak optimum yalıtım kalınlığında CO₂ ve SO₂ emisyonu %62 ile %92 oranında azaldığı görülmüştür.

Bolattürk (2008) yapmış olduğu çalışmada; binaların dış duvarlarında optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi amacıyla derece-saat yöntemi kullanılarak yıllık ısıtma ve soğutma yüklerine göre karşılaştırmalı olarak analiz etmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda; soğutma yükü için optimum yalıtım kalınlığı 3,2 cm ile 3,8 cm arasında, enerji tasarrufu ise 8,47 \$/m² ile 12,19 \$/m² arasında değiştiği görülmüştür. Geri ödeme süresi ise soğutma derece-saatlerine bağlı olarak 3,39 yıl ile 3,81 yıl arasında hesaplanmıştır. Isıtma yükü için yalıtım kalınlığı 1,6 cm ile 2,7 cm arasında, enerji tasarrufu ise 2,2 \$/m² ile 6,6 \$/m² arasında değiştiği görülmüştür. Geri ödeme süreleri ise 4,15 yıl ile 5,47 yıl arasında hesaplanmıştır. Türkiye'nin sıcak iklim bölgesinde bina duvarlarında soğutma derece-saatlerine göre yalıtım kullanımının enerji tasarrufu açısından daha önemli olduğunu görülmüştür.

Gazioğlu vd. (2013) yapmış oldukları çalışmada; henüz inşa edilmemiş bir binanın, tasarım kararlarının daha enerji etkin bir hale dönüştürülmesi hedeflenmiştir. Sadece binaya ilişkin tasarım değişkenlerinin değerlerini değiştirerek ısıtma enerjisi tüketimine etkisi incelenmiştir. Design Builder simülasyon programı ile pasif tasarım değişkenlerine ilişkin farklı tasarım kararlarının alındığı ve ısıtma enerjisi tüketiminde azalma gerçekleştirecek bina formu, saydamlık oranı ve saydam kabuk bileşeni alternatifleri değerlendirilerek ısıtma enerjisi tüketiminin önemli olduğu ılımlı-nemli, ılımlı-kuru ve soğuk iklim bölgelerini temsil eden İstanbul, Ankara ve Erzurum illerine uygulanmıştır. Geliştirilen alternatiflerin ısıtma enerjisi tüketimleri, mevcut proje ile karşılaştırılarak sağlanan iyileşme oranları hesaplanarak en az ısıtma enerjisi tüketimini gerçekleştiren alternatif belirlenmiştir. Buna göre, ısıtma enerjisi tüketiminin özellikle önemli olduğu iklim bölgelerinde, tasarım aşamasında yalnızca pasif tasarım değişkenlerine yönelik önlemler alınarak, ısıtmanın istendiği dönemde ısıtma enerjisi tüketiminde %20'lere varan iyileşme sağlanabildiği görülmüştür.

2.4.1. Enerji etkin bina tasarımında etkili olan parametreler

Dış çevreye ait iklim, coğrafi ve topografik koşullar yapma çevrenin konfor koşullarını sağlandığı takdirde herhangi bir enerji sistemi ile binanın ısıtılmasına veya soğutulmasına gereksinim yoktur. Fakat yapının bulunduğu bölgenin iklim, coğrafi, topografik koşullarının yanı sıra binaya ait tasarım parametrelerine bağlı olarak, yılın belirli dönemlerinde yapma çevrenin konfor koşulları doğal yollarla karşılanamamaktadır. Bu durum enerji harcayan yapma sistemlerin kullanılmasını

zorunlu kılmıştır (Erdim 2010). Binalarda enerji etkin tasarım çalışmalarında amaç; binalarda uygulanacak pasif sistemlerle enerji ihtiyacının azaltılması, ihtiyaç duyulan enerjinin ise aktif sistemlerle karşılanarak binada optimum enerji tüketiminin sağlanmasıdır (Manioğlu 2012; Ünal ve Gökaltun 2015). Binalarda enerji korunumunu sağlamak ve binanın enerji performansını artırmak amacıyla pasif sistemlerin yanı sıra aktif sistemler ve her iki sistemin birlikte kullanılmasıyla oluşturulan karma sistemler mevcuttur (Ovalı 2009).

2.4.1.1. Yerleşme birimlerinde pasif sistemler ile enerji korunumu

Karaaslan (2011)'e göre pasif sistemler “yapma çevrenin, çevresel faktörler göz önünde bulundurularak tasarlanması; yapma çevreyi oluşturan tasarım parametrelerinin insanın iklimsel gereksinimlerini, iklim elemanları, yöresel mikro-klimatik ve diğer doğal-yapay mevcut fiziksel çevre verilerinden yararlanıp, insanın ihtiyacı olan konfor koşullarından taviz vermeden en az enerji gerektirecek şekilde belirlenip tasarlanması” olarak tanımlanmaktadır. (Hamidabad 2015) tarafından ise pasif sistemler; “malzeme ve iklim verilerine göre doğal kaynaklardan etkin bir şekilde faydalanıp, yapının kendisinin etkin olması” olarak tanımlanmaktadır.

Pasif sistemlerde güneş, rüzgar, binanın konumlandığı alan, bina yönü, bina kabuğu, binanın diğer binalar ile olan konumu ve peyzaj önemli değişkenlerdir (Karaaslan 2011). Bu parametrelerin etkin kullanımıyla dış iklim parametrelerinin tasarım üzerindeki etkileri kontrol edilebilmektedir (Manioğlu, 2012; Ünal ve Gökaltun 2015). Binalarda enerji tüketimini belirleyen parametreler;

- Fiziksel çevre (topografya, sıcaklık, rüzgar, ısıtım vb.),
- Yerleşmeye ilişkin oluşum (arazi kullanımı, yoğunluk, yapılaşma kararları vb.),
- Bina tasarımı (yapım sistemi, büyüklük, kat adedi, yön, enerji gereksinim türü, saydam yüzey oranları, kabuk oluşumu ve malzemesi gibi),
- Teknik donatı (ısıtma veya soğutma sistem türü, arıtma sistemi, akıllı donatı vb.),
- Kullanıcıya ilişkin öznel gereksinimler ve alışkanlıklar (konfor gereksinim düzeyi, mekanların kullanım şekli vb.) olarak sınıflandırılmaktadır (Ovalı 2009).

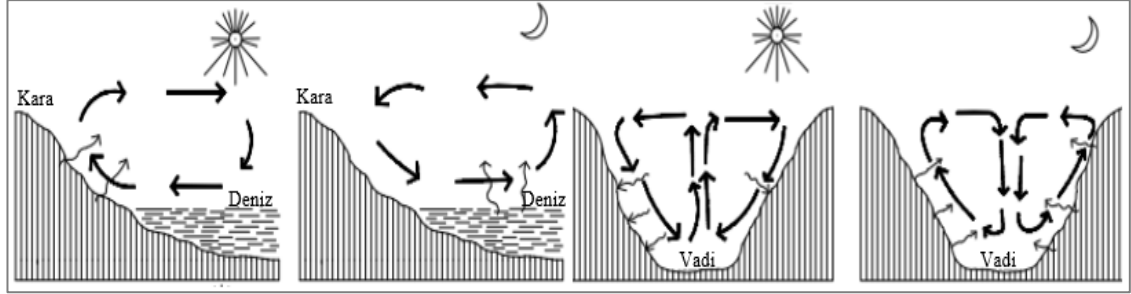
Dış fiziksel çevreye ilişkin tasarım parametreleri

Tasarlanacak binanın bulunduğu alanın topografyası, yönelmesi, güneş verileri, hakim rüzgarın yönü ve yerleşim planlaması gibi değerler çevre ile uyumu ve enerji davranışını etkilemektedir. Yerleşim planlaması; binanın yönelmesine, arazide yerleşeceği konumuna, yapı formuna ve mekansal kurgusuna bağlı olarak belirlenmektedir. Yerleşim planlamasının temel amacı; enerji etkinliği sağlayarak ısıtma, soğutma, aydınlatma ve havalandırma ihtiyaçlarının minimum enerjiyle karşılamaktır (İslamoğlu 2017).

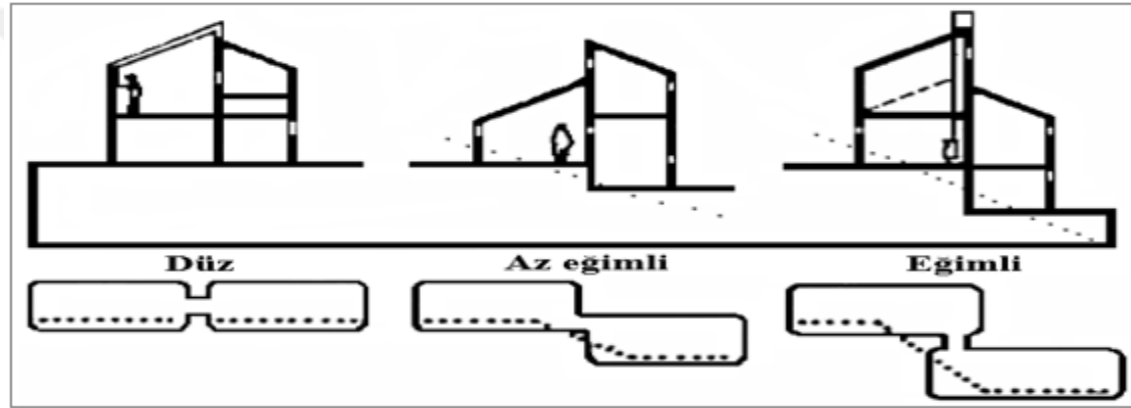
- **Topografya**

Binalar tasarlanırken arsanın topografik verilerini oluşturan eğim, engebe, diklik, yükseklik ve bakı gibi jeomorfolojik özellikler ile tektonik durum, fay hattı varlığı, zemin taşıma kapasitesi, yer altı maden ve su kaynakları şeklinde sınıflanabilecek jeolojik

özellikler tasarımı etkileyen temel verileri oluşturmaktadır (Şekil 2.4.). Farklı topografik yapıya sahip arsalarda enerji korunumu sağlamak amacıyla farklı tasarımlar yapılarak, bina arazi koşullarına uyumlu hale getirilmelidir (Şekil 2.5.) (Ovalı 2009).

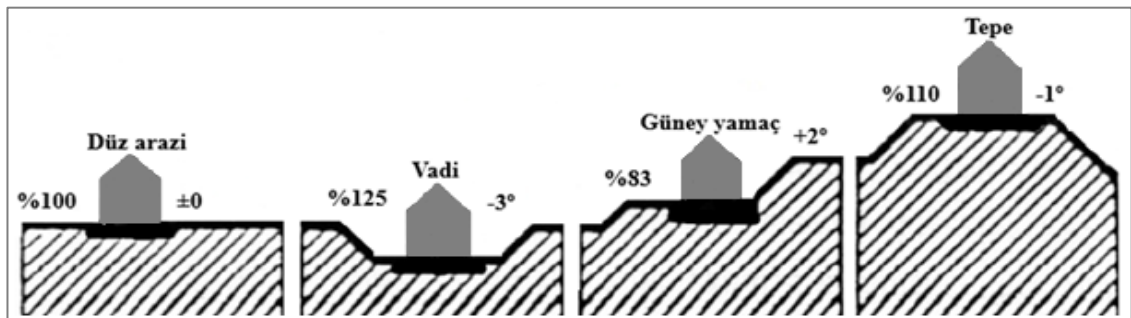


Şekil 2.4. Farklı topografik yapılarda iklim koşullarının değişimi (Kadiroğlu 2011)



Şekil 2.5. Farklı topografik yapılarda binaların yerleşim alternatifleri (Ovalı 2009)

Topografik yapı, yapının ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacını doğrudan etkileyen parametrelerden biridir. Şekil 2.6.'da görüldüğü üzere güney yamaca konumlanan binalar güneş ışınlamından daha fazla yararlanması daha az ısı enerjisi kaybetmesine neden olurken, vadi tabanına yerleşmiş binalarda ise soğuk hava birikmesi etkisiyle daha çok ısı enerjisi kaybetmektedir. Ayrıca yüksekliğin artması rüzgar hızının artmasına ve yapıların daha çok ısı kaybetmesine neden olmaktadır.



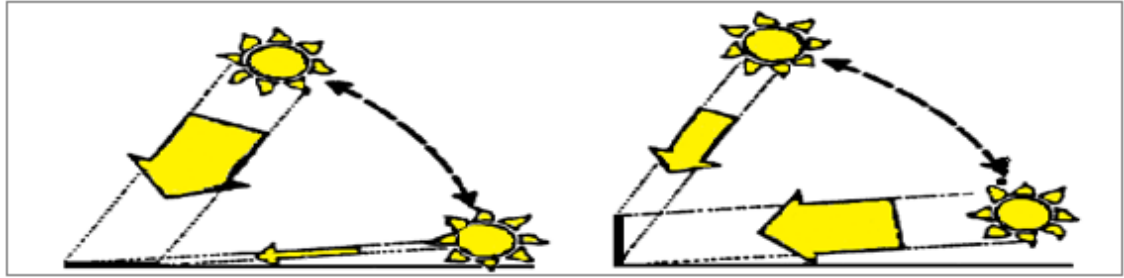
Şekil 2.6. Farklı topografik yapılar içinde binanın konumuna göre ısı kayıpları ve sıcaklık farkları (Dörter 1994)

İklima ilişkin parametreler

Enerji verimliliği kapsamında bina tasarımına ilişkin kararların alınabilmesi için, dış iklimsel özelliklerin öncelikle tespit edilmesi gerekmektedir. İklimsel verilerle doğrudan etkileşim halinde olan yapı kabuğu bileşenlerinin enerji tüketim analizi yapılmalıdır (Tatar 2015). Enerji etkin bina tasarımında güneş ışıınımı, dış hava sıcaklığı, nem ve rüzgar gibi dış iklim elemanlarının ilgili veriler derlenerek bina ve yerleşke ölçeğinde çeşitli tasarımlar yapılmaktadır (Gazioğlu 2012).

- **Güneş ışıınımı**

Yeryüzüne ulaşan güneş ışıınımı havanın, toprağın, çevredeki diğer cisimlerin ısınmalarına ve bunun sonucunda sıcaklığın yükselmesine neden olmaktadır. Güneş ışıınım şiddeti; atmosfer koşullarına, güneş sabitesine, bulunan yerin deniz yüzeyinden yüksekliğine, güneşin geliş açısına bağlı olarak değişim göstermektedir (Şekil 2.7.) (Karagözlü 2006).



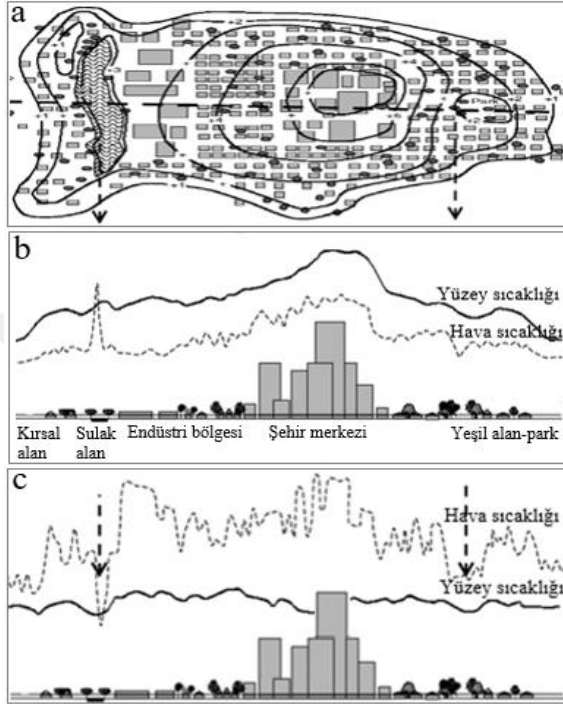
Şekil 2.7. Gün içerisinde güneş hareketine bağlı olarak yatay ve dikey yüzeylerdeki doğrudan ışıınımın karşılaştırması (Dörter 1994)

- **Dış hava sıcaklığı**

Dış hava sıcaklığı; güneşin geliş açısına ve atmosfer koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Aynı enlemde yer alan yerleşim alanlarında yıllık sıcaklık ortalamaları farklılık göstermektedir. Bu durum yapının bulunduğu yerin yüksekliği, güneş ışıınımının şiddeti, zeminin niteliği, hava hareketleri ve deniz akıntılarının yönü ve şiddeti gibi değişkenlerden kaynaklanmaktadır (Gazioğlu 2012).

Kent merkezinde sıcaklık farkı çevresindeki kırsal alanlara göre daha fazla olmaktadır. Kent ısı adası (Urban Heat Island/UHI) olarak adlandırılan bu durum; kentlerdeki beton ve asfalt yüzeylerin kırsal alanlara göre fazla olması, toprak, bitki ve yeşil alanların zayıf olması, havadaki partiküllerin yoğun olması gibi etkenlerden dolayı kentlerin güneş enerjisini daha çok soğurmasından kaynaklanmaktadır. Kentsel ısı adasının şiddeti gün batımından itibaren başlayarak yüksek değerlere ulaşmakta, gece ise etkisi gündüz saatlerine göre daha da artmaktadır (Şekil 2.8.) (Daryaei 2019). Kentte; yapısal yoğunluk, sert zeminli geçirimsiz yüzeylerin oranı, yeşil dokunun dağılımı, yüzey malzemelerinin termofiziksel özelliği, antropojenik ısı üretimi ve kentin geometrik özelliği gibi etkenler kentsel ısı adasının şiddetinde değişkenlik göstermektedir. Bu durum sonucunda kentsel alanların, kırsal alanlara göre sıcaklık 0.5-9 °c, yağış %5- 20,

sis oluşumu %30-100 ve bulutluluk durumu %5-10 daha fazla olurken, nem %2-30, radyasyon %15-20 ve güneşlenme süresi %5-15 azalmaktadır. Bu durum kentlerde toz halindeki partikülleri 10 kat, gaz halindeki partikülleri ise 5 ila 25 kat artırarak hava kirliliğinin daha fazla oluşmasına neden olmaktadır (Kazaz vd. 2019). Kentte rüzgar geçişi ve hava sirkülasyonunu engelleyecek yerleşim alanlarının olması sıcaklığın artmasında önemli bir diğer etkidir (Şekil 2.9.).



Şekil 2.8. Bir kente ait kentsel ısı adası profili; **a)** kent izohips haritası, **b)** gündüz hava-yüzey sıcaklığı, **c)** gece hava-yüzey sıcaklığı (Hisarlıgil 2009)



Şekil 2.9. Yerleşim alanlarının hava sirkülasyonuna etkisi (Hisarlıgil 2009)

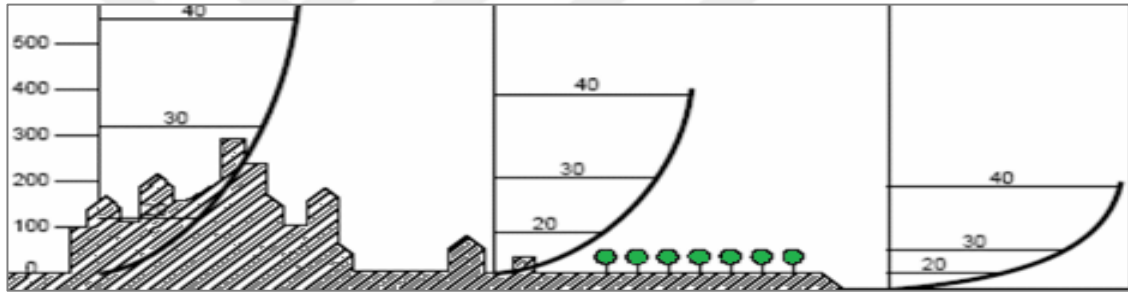
- **Dış hava nemi**

Nem, binaların iç ortam hava kalitesini etkilediği gibi aynı zamanda bina yapı bileşenlerinin zarar görmesine ve binaların enerji performansını olumsuz yönde etkilemesine neden olmaktadır. Mekan içi nem düzeyinin yüksek olması sıcak ya da soğuk hava etkisini artırırken, nem düzeyinin düşük olması durumunda ise çok kuru bir hava oluşumuna neden olmaktadır. Her iki durum yapı kullanıcıların konfor şartlarını

olumsuz yönde etkilemektedir. Nem faktörünün bina kabuk tasarımı yapılırken dikkate alınmaması yapıda yoğuşma probleminin oluşmasına ve mikroorganizmaların üremesine olanak sağlayarak yapı elemanlarının bozulmasına sebebiyet vermektedir. Özellikle ısı yalıtım malzemeleri nem problemleri dolayısıyla zarar görerek bina ısıl dirençlerinin düşmesine neden olmaktadır (Yasan 2011).

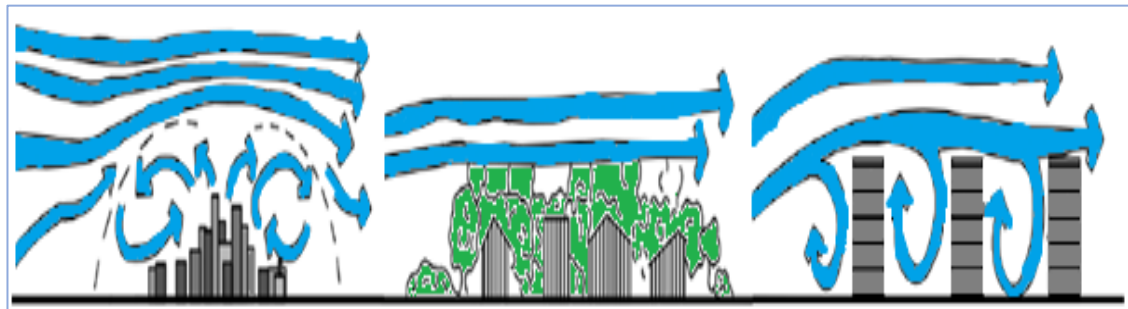
- **Rüzgar**

Rüzgar, gerek yerleşim gerekse yapı ölçeğinde, ekolojik tasarım kararlarını etkileyen önemli bir parametredir. Yerleşim ölçeğine göre rüzgar hızı ve hareketi değişkenlik göstermektedir (Şekil 2.10.). Bir yapıya doğru esen rüzgar, yapıyla karşılaştığında esiş düzenini değiştirerek yapının çevresine ve üstüne doğru yönelmektedir. Rüzgara karşı olan yapı yüzeyinde basınç artışı olurken, yapı arkasında ise basınç azalarak emme etkisi görülmektedir. Binalar arası koridorların yer yer araları açılarak hız ve basıncının azaltılması sağlanmalıdır. Kuvvetli rüzgarların bulunduğu bölgelerdeki yerleşim alanlarında “enfiltrasyon” olayı olarak bilinen oluşum, ölçeği büyüdüğünde insan sağlığını olumsuz etkilemesinin yanı sıra yapıların %30’a ulaşan oranda ısı kaybetmesine de neden olmaktadır (Özdemir 2005).

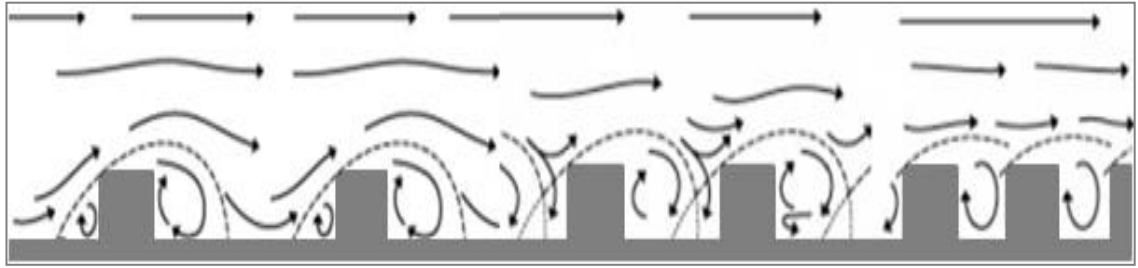


Şekil 2.10. Rüzgar hızının yüzey dokusuna göre değişimi (Karaca 2008)

Bina aralıkları boyutlandırılırken arazi eğimi, yönü ve yerleşim yoğunluğu dikkate alınmalıdır. Rüzgarın hızına ve doğrultusuna bağlı olarak bina yüzeyinde meydana gelecek ısı kayıpları dikkate alınarak bina aralıkları belirlenmelidir (Soysal 2008). Şekil 2.11.’de farklı yerleşim alanlarının hava sirkülasyonuna etkisi görülebilmektedir. Kentsel alanda binaların konumu, yönü, biçimi, boyutu ve binalar arasındaki mesafe, rüzgar hareketlerine yön verirken, yüzeylerinde oluşan basınç farkları şiddetli türbülanslara neden olmaktadır (Şekil 2.12.) (Hisarlıgil 2009).

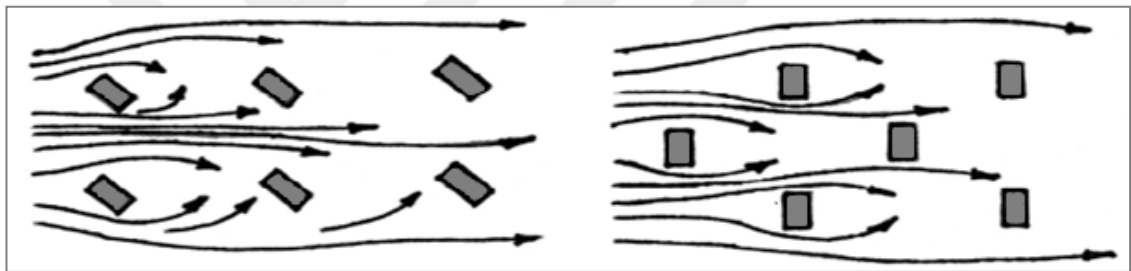


Şekil 2.11. Farklı yerleşkelerin rüzgar hareketine etkisi (Kadiroğlu 2011)



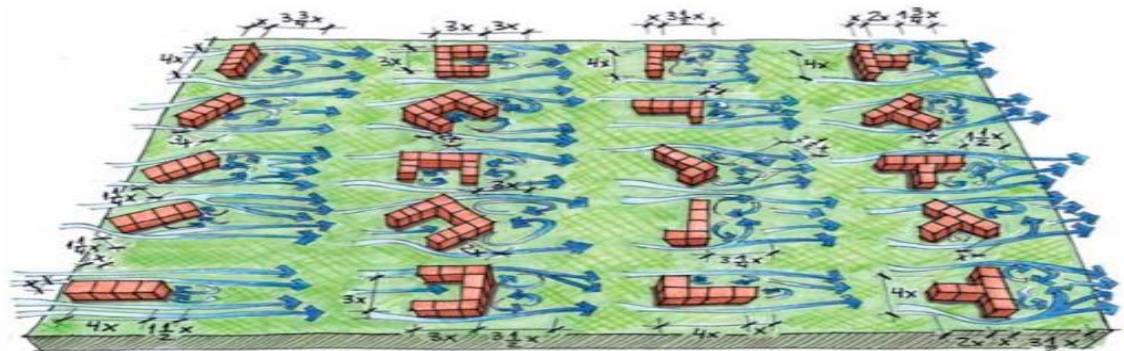
Şekil 2.12. Bina aralarındaki açıklık ilişkisine göre değişen rüzgar hareketleri (Hisarlıgil 2009)

Bina yerleşim alanı tasarımında, özellikle sıcak iklim bölgelerde, rüzgarın soğutma etkisinden faydalanabilmek için binalar negatif basınç alanı içinde kalmayacak mesafelerde konumlandırılmalıdır. Yapılar paralel, ardışık konumlandırılması yerine, şaşırtmalı konumlandırıldığı takdirde hava akımının devamlılığı sağlanarak konfor koşullarının oluşturulmasında ve iklimlendirme enerji kullanımında olumlu sonuçlar vermektedir (Şekil 2.13.).



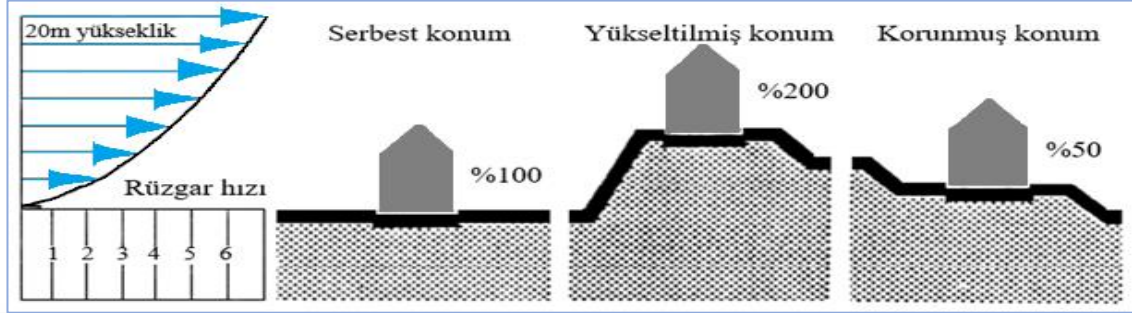
Şekil 2.13. Rüzgarın soğutma etkisini artırmak amaçlı bina yerleşim türleri (Ovalı 2009)

Rüzgar karşısında binaların dik veya açılı konumlandırılması rüzgarın hızını ve yönünü önemli derecede etkilemektedir (Şekil 2.14.). Yapılan çalışmalarda; rüzgar yönünde binalar 45° açı ile konumlandırıldığında rüzgar hızı çatı seviyesindeki hızına ulaşırken, 90° açı ile konumlandırıldığında ise rüzgar hızı yaklaşık iki kat azaldığı görülmüştür (Hisarlıgil 2009).



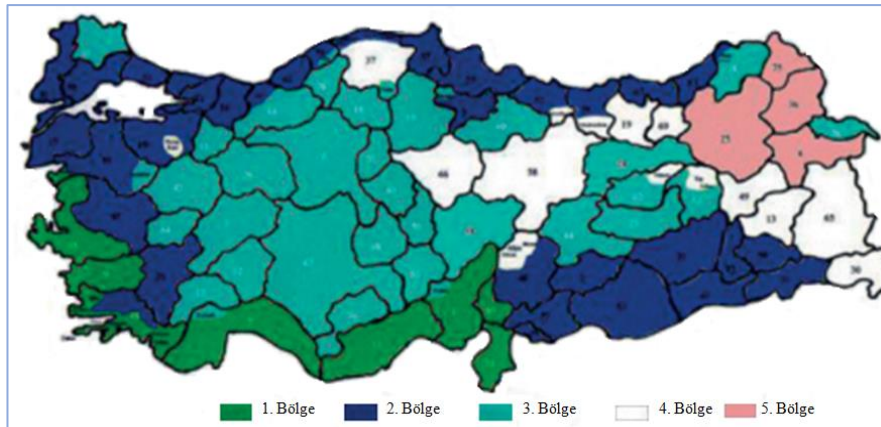
Şekil 2.14. Farklı bina formlarında oluşan rüzgar etkisi ve negatif basınç alanları (Anonymous 1)

Bina konum yüksekliği arttıkça rüzgar hızının artması binalarda ısı kaybetmelerin yaşanmasına neden olmaktadır. Şekil 2.15'te rüzgarın hızına bağlı olarak, tepe üzerinde konumlanan bir binanın ısıtma enerjisi gereksinimi %100 artarken, rüzgardan korunmuş bir yerde konumlanan binanın enerji gereksiniminin %50 azaldığı görülmektedir (Dörter 1994).



Şekil 2.15. Rüzgar hızı ile ısı kaybı ilişkisi (Dörter 1994)

Binanın bulunduğu yerin hava sıcaklığı, rüzgar hızı; güneş radyasyonu, nem düzeyi, havanın açık veya kapalı olması gibi iklim özellikleri tüketilen enerji miktarını etkileyen en önemli faktörlerdir. Bina kabuğu dış iklimsel koşulların etkisi altında olduğundan, ısı analizlerinin doğru bir şekilde yapılabilmesi için topoğrafya, bitki örtüsü ve kentleşme gibi faktörlerle şekillenen mikroklima bilgilerinin yanı sıra güneş ışınımı, hava sıcaklığı, dış hava nemi, yağış rejimi, hava hareket hızı ve rüzgar gibi makroklima bileşenlerinin de detaylı bir şekilde bilinmesi bina içindeki iklimsel konforun sağlanmasında önem taşımaktadır. Dış iklim koşullarının bölgelere göre farklılık göstermesi tasarım parametrelerine ait değerlerin değişimine neden olmaktadır (Özçiftçi 2010). Bu kapsamda farklı iklim bölgelerinde farklı bina tasarımları oluşturulmalıdır. TS 825 kapsamında Türkiye'deki iller ve bazı ilçeler, bulundukları coğrafi konumun iklim şartlarına göre beş farklı derece-gün bölgesine ayrılmıştır (Şekil 2.16.). Meteorolojik analizlere bağlı olarak Türkiye soğuk iklim bölgesi, sıcak-nemli iklim bölgesi, sıcak-kuru iklim bölgesi, ılımlı-kuru iklim bölgesi ve ılımlı-nemli iklim bölgesi olmak üzere 5 ana iklimsel karakterden oluşmaktadır (Sojoudihassanlouei 2019).



Şekil 2.16. TS 825-2013 derece gün bölgeleri sınıflandırılması



Şekil 2.17. Türkiye iklim bölgeleri ve pilot şehirler haritası (Balcıoğlu 2013)

Soğuk iklim bölgelerinde gerçekleştirilecek enerji etkin bina tasarımında amaç ısı korunum olduğundan, güneşten maksimum kazanç, rüzgara karşı korunma sağlanmalıdır. Ilıman iklim bölgelerinde temel gereksinim ısıtma gerektiren dönemlerde güneşten maksimum yarar sağlayarak rüzgardan korunmak; soğutma gerektiren dönemlerde ise güneş kontrolü sağlayarak rüzgardan yararlanmaktır. Sıcak kuru iklim bölgelerinde ısı konforun sağlanması amacıyla ısı üretimi ve ısı kazancını düşürmeyi hedefleyen, buharlaşmayı artıran ve serinletmeyi sağlayan tasarımlar oluşturulmalıdır. Sıcak-nemli iklim bölgelerinde ise güneş ışınımının bunaltıcı etkisinden korunarak bölgedeki hava akımından yararlanma önem kazanmaktadır (Özçiftçi 2010).

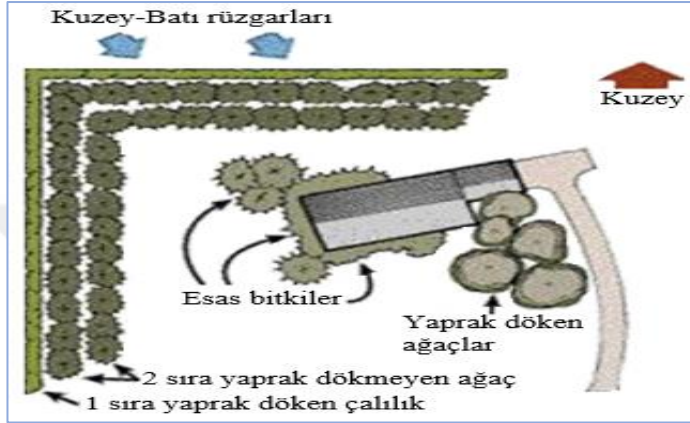
Yeşil doku tasarımına ilişkin parametreler

Yeşil dokunun oksijen üretimi gibi hayati rolünün yanı sıra yerleşim alanları üzerinde rüzgar ve hava akımlarına yön vererek iklimi dengeleme, nem oranı ve ısıyı ayarlama, gölgelik-serin alanlar yaratma, ses yalıtımı yapma, estetik peyzaj görünümü sağlama gibi faydaları da bulunmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı yeşil dokunun, tasarımcı tarafından iklim öğelerinin kontrolünde uygun yön, aralık ve türde kullanımıyla; güneş ışınımının %90 oranında yutulmasına, rüzgar hızının %10 oranında düşürülmesine, bina yakın çevre zemin sıcaklığının 7 °C azaltılmasına, artan gece sıcaklığının dengelenmesine, binaların ısıtma ve soğutma enerji tüketimlerinde %40 ila %60 oranında tasarruf sağlanmasına yardımcı olmaktadır (Ovalı 2009). Dünyada son yıllarda yaygın bir şekilde kent merkezlerinde yeşil dokunun kullanıldığı alanların başında çatılar gelmektedir. Enerji Tasarrufu, daha uzun çatı ömrü, artan mülk değeri, yağmur suyu yönetimi, hava kalitesi, kentsel ısı adası etkisinin azaltılması, biyoçeşitliliğin artırılması, yangından korunma gibi olumlu etkenler nedeniyle yeşil çatıların birçok ekonomik ve çevresel faydaları bulunmaktadır (Ulubeyli et al. 2012; Ulubeyli et al. 2017; Ulubeyli et al. 2018).

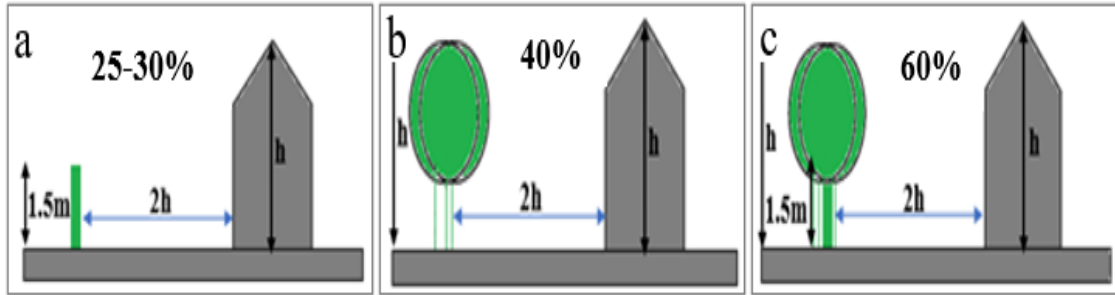
- **Rüzgar kontrolü**

Yerleşim alanları içerisinde kuzey ve kuzeybatı yönlerinde yaprak dökmeyen ağaç ve bitki kullanıldığı takdirde soğuk karakterli rüzgarlardan binaları etkin bir şekilde

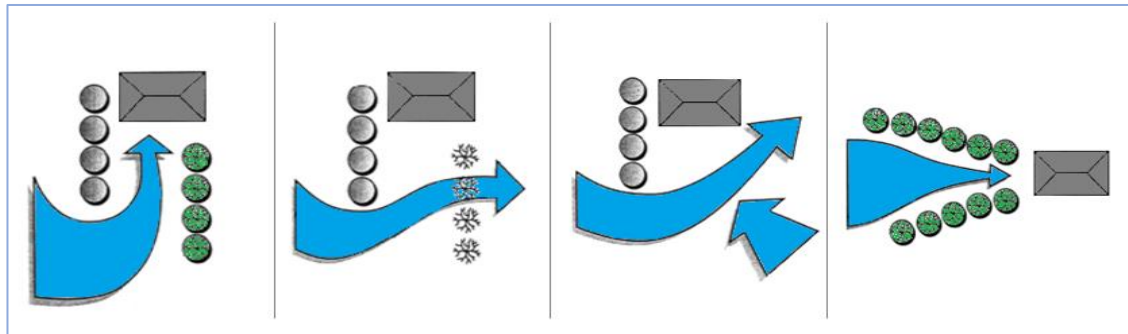
korumak mümkün olmaktadır (Şekil 2.18.). Yerleşim alanında kullanılacak bitkiler etkin bir şekilde rüzgar kırıcı görevi yapabilmesi için bitkilerin binadan bitki boyunun en az 2 katı mesafede yer alması gerekmektedir. Yerleşim alanlarında yeşil dokunun tek sıra, çift sıra veya çalı-ağaç organizasyonu ile birlikte kullanılması durumunda rüzgar hızında %25-60 oranında azalım sağlanmaktadır (Şekil 2.19.). Rüzgarın soğutma etkisinden yararlanmak istendiği durumlarda rüzgarın yeşil doku organizasyonu ile binaya ulaşması sağlanabilmektedir. Bu kapsamda; binaların güney cephesinde yaprak döken ağaç ve bitkiler kullanılarak rüzgar koridoru oluşturacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir (Ovalı 2009).(Şekil 2.20.).



Şekil 2.18. Tipik bir rüzgar kırıcı planı (Ovalı 2009)



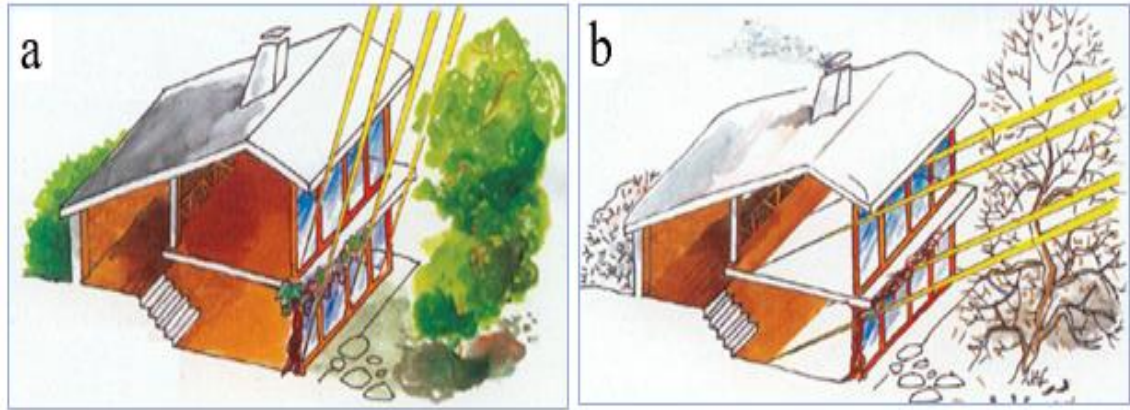
Şekil 2.19. Yeşil doku ile rüzgar hızının azaltılması; a) çalı, b) ağaç, c) çalı ve ağaç (Ovalı 2009)



Şekil 2.20. Yeşil doku ile rüzgarın yönlendirilmesi (Ovalı 2009)

- **Gölgeleme ve sıcaklık**

Yerleşim alanında yaprak döken ağaçların güneye konumlandırılması durumunda yaz aylarında bina için gölgeleme sağlanırken, kış aylarında ise, güneş ışıının binaya ulaşmasına engel olmamasından dolayı, güneş ışıının yararlanılarak iç mekan sıcaklık konfor değeri sağlanmaktadır (Tatar 2015) (Şekil 2.21.).



Şekil 2.21. Yapraklarını döken ağaçların bina cephesi üzerindeki güneş ısı etkisi; **a)** yaz mevsimi, **b)** kış mevsimi (Anonymous 2)

- **Isıtma ve soğutma enerji korunumu**

Yeşil dokunun bina yüzeylerinde kullanılması binaların enerji etkinliğini artırmaktadır. Son yıllarda kent merkezinde uygulaması giderek yaygınlaşan yeşil çatıların; kent ısı adası etkisini azaltması, bina çatılarında ısı yalıtım kapasitesini artırarak sıcaklık dengesini sağlaması, çatı strüktürünü yüksek sıcaklık değişimlerinden koruması gibi önemli kazanımları bulunmaktadır. Yeşil çatılar; yaz mevsiminde binada serinletici etki yaparken, kış mevsiminde ise bina içindeki ısıya daha fazla korunmasını sağlamaktadır. Yapılan çalışmalarda; 10 cm tabaka kalınlığına sahip bir yeşil çatı 1 cm kalınlığındaki ısı yalıtım etkisine sahip olduğu görülmüştür (Kazaz et al. 2019; Daryaei 2019).

Yapıların ısıtma ve soğutma için gereksinim duyduğu enerjiyi doğru dikilmiş ağaçlar yardımıyla %25 azalmak mümkündür. Amerikan Enerji Bölümü (U.S. DOE) tarafından yapılan çalışmada; hazırlanmış bilgisayar modeline göre sadece üç ağacın doğru yerleştirilmesiyle ortalama bir evin yıllık enerji harcamaları için 100\$-250\$ arasında tasarruf sağlanabileceği görülmüştür (Akbaba 2020).

Farklı iklim bölgelerine göre binalar arası açık mekanlarda uygun olabilecek peyzaj çalışmaları (Özdemir 2005);

- Sıcak nemli iklim bölgesinde; binaların güney cephesinde ağaçlandırmadan kaçınılmalıdır. Kuzey cephede yazın gölge etkisi sağlayan ağaçlar tercih edilmelidir. Doğu ve batı cephelerde ise güneşi engelleyen, vantilasyona izin veren yüksek gövdeli, yaprak döken ağaçlar yerleştirilmelidir.

- Sıcak-kuru iklim bölgesinde; kuzey ve güney cephelerde ağaçlandırmadan kaçınılmalıdır. Doğu ve batı yönlerinde çalılar, yaprak döken ağaçlar kullanılmalıdır.
- Ilımlı kuru-ılımlı nemli iklim bölgelerinde; soğuk kış rüzgarından korunmak amacıyla kuzey cepheye sürekli yeşil kalabilen ve dalları alçak olan ağaçlar yerleştirilmelidir. Doğu ve batı cephelere ise güneşi engelleyen, vantilasyona izin veren yaprak döken, yüksek gövdeli ağaçlar yerleştirilmelidir.
- Soğuk iklim bölgesinde; kuzey, doğu ve batı cephelerinde sürekli yeşil olan çalılar ve alçak dalları olan ağaçlar yerleştirilmelidir. Güney cephede rüzgar kırıcı görevi görebilecek alçak çalılar yerleştirilmelidir. Güneybatı ve güneydoğu yönlerinde ise yaprak döken ağaçlar kullanılmalıdır.

Açık alanlarda çevrede yer alan yüzeylerden yansıma yoluyla kazanılabilecek güneş ışıınımı, yüzeylerin emicilik katsayısı ile doğru orantılı olarak değişim göstermektedir (Çizelge 2.1.). Binalar arası açık mekanların yüzey örtü malzeme cinsi, renkleri güneş ışıınımı emicilik katsayıları dikkate alınarak seçilmelidir (Özdemir 2005).

Farklı iklim bölgelerine göre binalar arası açık mekanlarda seçilmesi uygun yüzey örtü malzemeleri;

- Sıcak nemli iklim bölgesinde; çakıl ve çim, açık renkli asfalt, kısa boylu kaktüs türü, sarmaşık,
- Sıcak kuru iklim bölgesinde; çim, çakıl ve çim, stabilize yol, gölet, havuz ve su yüzeyi,
- Ilımlı kuru iklim bölgesinde; çim, toprak, açık-koyu renkli asfalt, taş, havuz, su yüzeyi,
- Ilımlı nemli iklim bölgesinde; çim, toprak, asfalt, beton, taş,
- Soğuk iklim bölgesinde; açık renk yansıtıcı çakıl, ısı kapasitesi yüksek koyu renk taş vb. kullanılmalıdır (Özdemir 2005).

Çizelge 2.1. Çeşitli yüzeylerin güneş ışıınımı yutuculuk katsayıları (Özdemir 2005)

Malzeme	Yutuculuk Katsayısı
Beyaz sıva	0,07
Beyaz boya(Al. Üzeri)	0,20
Yeşil yağlı boya	0,50
Kırmızı tuğla	0,55
Parlatılmış mermer	0,50-0,60
Pürüzlü beton	0,60
Yeşil çim	0,67
Meşe ormanı	0,82
Çamlık arazi	0,86
Gri boya	0,75
Kırmızı yağlı boya	0,74
Su	0,94
Siyah boya-cıvalı	0,90
Siyah boya-mat	0,94-0,98
Galvanizli çelik	0,65
Alüminyum	0,15
Krom	0,49

Yapma çevreye ilişkin tasarım parametreleri

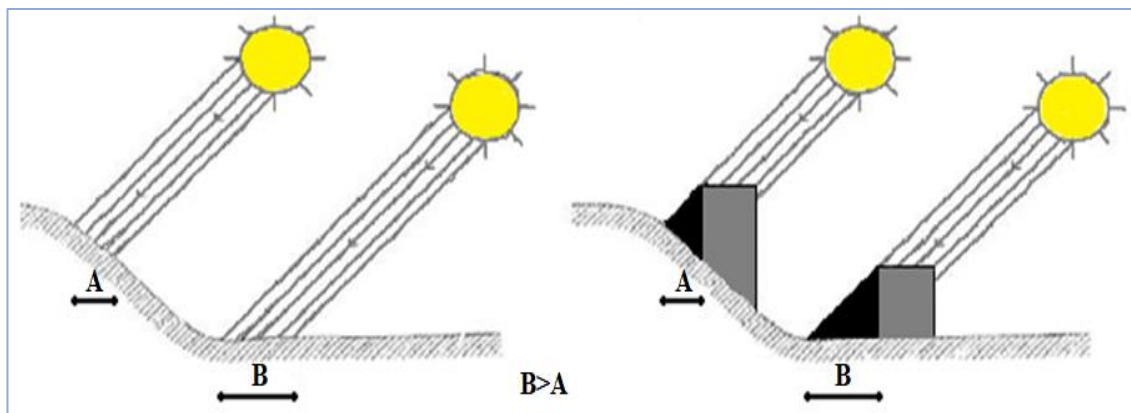
Dış çevre iklim koşullarının etkisini hafifleterek kullanıcıların iç iklimsel konfor koşullarını minimum enerjiyle karşılayabilecek bina, enerji etkinliği açısından en uygun binadır. Dış iklim koşullarına bağlı olarak, bina iç ikliminin oluşmasında; binanın bulunduğu yer, binanın yönlendiriliş durumu, binanın diğer binalara göre konumu, bina formu ve bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri gibi değişkenler etkilidir (Gazioğlu vd. 2013).

Binalar, yeri, konumu ve geometrik özellikleri ile mikroklima özellikleri açısından kendi kabuk çevresinin yanı sıra yerleşim alanı içerisindeki diğer binaları da etkileyebilmektedir. Yerleşim alanını etkileyen en önemli parametreler güneş ışınımı ve rüzgar hareketidir. Binaların albedo değerine bağlı olarak gelen radyasyonu tutma, yansıtma ve dağıtma düzeyi gelen güneş ışınlarını yönlendirmede önemli birer faktördür (Hisarlıgil 2009).

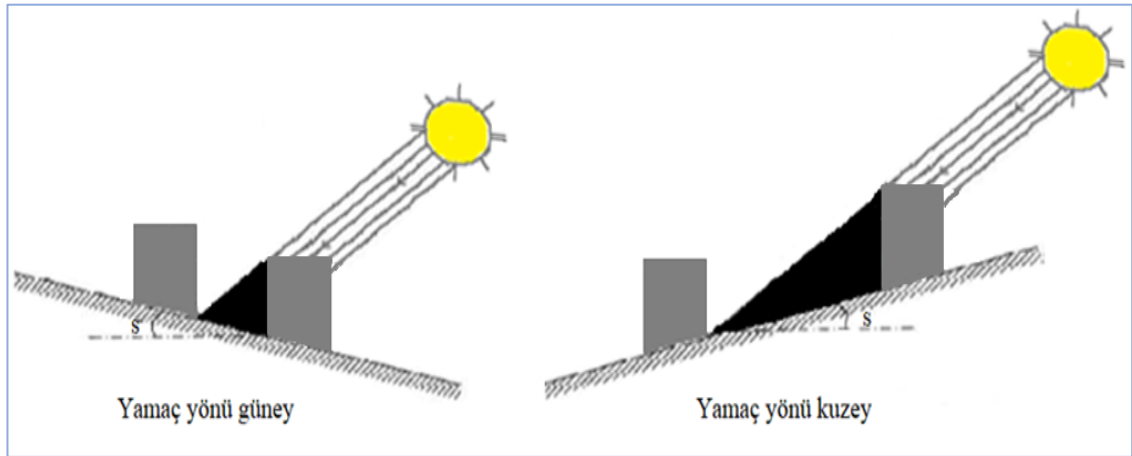
- **Binanın bulunduğu yer**

Binanın bulunduğu yer, iklim kontrolünde enerji etkinliği bakımından önemli bir değişkendir. Arazinin baktığı yön, eğimi, konumu ve örtüsü gibi değişkenler bütünü oluşturur. Bu değişkenlere ilişkin uygun değerler yerel iklim koşulları ve iklimsel konfor ihtiyaçlarına bağlı olarak belirlendiğinde yapma ısıtma ve iklimlendirme ihtiyacının dolayısıyla enerji harcamalarının minimum düzeye indirilmesine ve hava kirliliğinin önlenmesine imkan sağlamaktadır (Gazioğlu 2012). Yerleşim alanlarının belirlenmesinde arazinin topografik yapısı, deniz seviyesinden yüksekliği, yeryüzü örtüsü, yön, eğim, bakı, yağış miktarı, çevredeki yapılaşma dokusu gibi faktörler dikkate alınarak pasif tasarım teknikleri doğrultusunda enerji etkinliği açısından en ideal yapılar oluşturmak mümkündür (Tatar 2015).

Yapının inşa edildiği arazinin topografik durumu, güneş ışığından faydalanma açısından önem taşımaktadır. Yapıya gelen güneş ışınlarından ısı kazancı veya kaybına arazinin eğimi ve yönelişi etkili olmaktadır (İslamoğlu 2017). Yapının yer ve konumu ile enerji verimliliği ilişkisini Şekil 2.22. ve Şekil 2.23’ de gösterilmiştir.

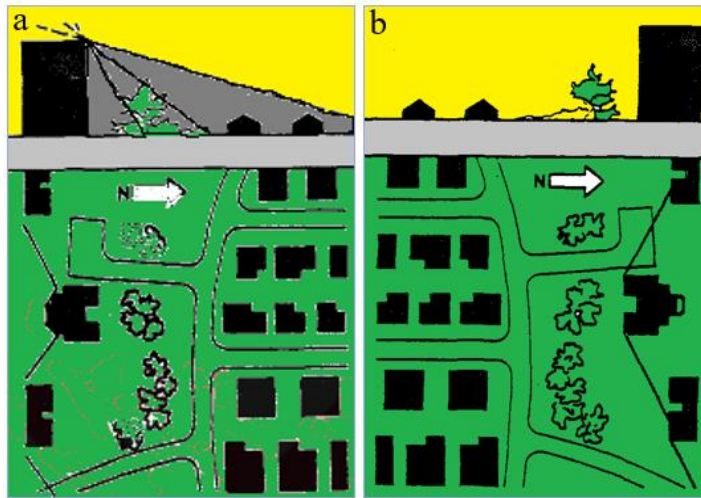


Şekil 2.22. Düz ve eğimli yüzeylere gelen güneş ışınlam ve gölge uzunluğu ilişkisi (Ovalı 2009)



Şekil 2.23. Aynı eğimde farklı yönlerde bakan yamaçlarda konumlanmış binaların gölge uzunlukları (Ovalı 2009)

İmar planı hazırlanırken binaların güneş enerjisinden optimum faydalanacak şekilde konumlandırılması, yapılarda kullanılacak enerjinin etkin kullanımı açısından dikkate alınması gereken en önemli kriterlerden biridir. Bu kapsamda; yerleşim alanında yüksek yapıların az katlı yapıların güneş ışınlamını engellemeyecek şekilde planlanması gerekmektedir (Erçin 2005). (Şekil 2.24.).



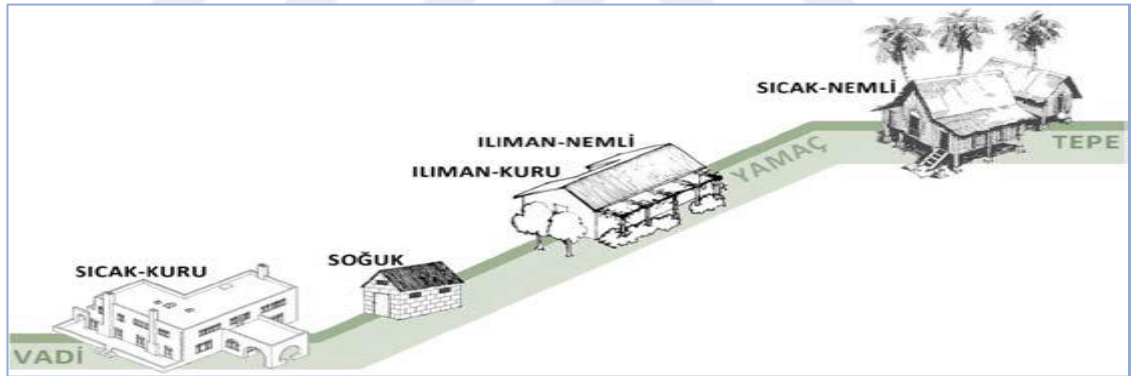
Şekil 2.24. İmar planı ve güneş enerjisi kullanımı; **a)** olumsuz örnek, **b)** olumlu örnek (Dörter 1994)

Sıcak-kuru iklim bölgelerinde, enerji etkin yapı tasarımında amaç; sıcaklık artışının azaltılması ve rüzgar alımının artırılmasıdır. Yaz rüzgarından faydalanmak ve kış rüzgarından korunmak amacıyla yerleşim yeri olarak vadi tabanları daha uygun olmaktadır. Batı yönünde diğer yönlerde göre güneş radyasyonu fazla olması nedeniyle bu cephedeki pencere boyutları azaltılmalıdır. Yaz aylarında yapraklı olan bitki elemanlarıyla fazla ısınmanın önüne geçilmelidir. Sıcak-nemli iklim bölgelerinde, güneş ışınlamını azaltarak, rüzgar sirkülasyonunu arttırmak gerekmektedir. Yaz aylarında

terleme, kış aylarında ise rutubet oluşumunun önlenmesi amacıyla hakim rüzgar yönüne göre binayı yönlendirerek, pencere boyutları düzenlenmelidir. Binalar, rüzgar alan tepelere, kuzey veya güneye bakan yönler göre konumlandırılarak sıcak mevsimlerde soğuk rüzgar etkisinden, soğuk mevsimlerde ise sıcak rüzgar etkisinden faydalanılmalıdır. Peyzaj çalışması ile rüzgar alımını arttıran ve gereksiz ısınmayı önleyen uygulamalar gerçekleştirilmelidir (Turan 2019).

Soğuk iklim bölgelerinde enerji etkin yapı tasarımında amaç enerji kaybeden yüzey alanını minimize etmek olmalıdır. Bu kapsamda mimari formların kompakt form olarak tasarlanması çok önemlidir. Ayrıca kırma ya da beşik çatı yapılarak gerek strüktürel açıdan, kar yükü gibi, gerekse ısı kayıplarının azaltılması açısından çatı katı hava boşluğu gibi, yapının enerji etkinliği artırılmalıdır (Karaaslan 2011).

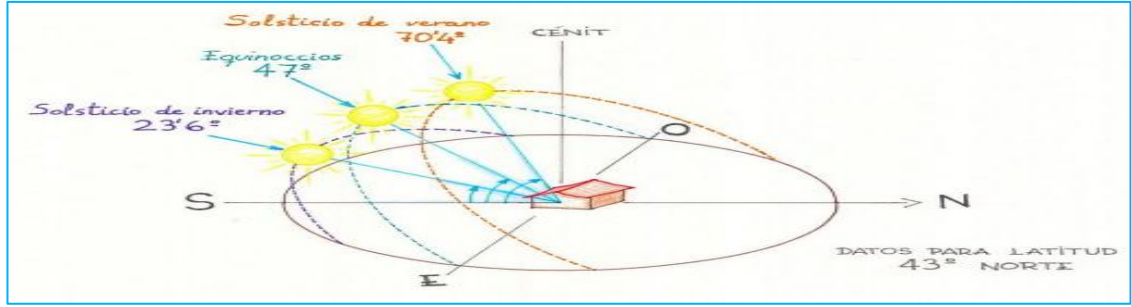
Ilımlı kuru iklim bölgelerinde, ısıtmaya ihtiyaç duyulan dönemlerde yapı rüzgardan korunmalıdır. Termal kuşakta rüzgarın etkisi az olması nedeniyle bu iklim bölgesinde yamaçlar en uygun yerleşim bölgeleridir. Ilımlı nemli iklim bölgelerinde ise yaz aylarında nemliliğin artmasıyla yaşanan konforsuzluğun dağıtması için rüzgara ihtiyaç duyulur. Bu kapsamda, yamaç bölgelerin üst noktaları ılımlı nemli iklim bölgeleri için en uygun yerleşme noktalarıdır. (Özdemir 2005). Enerji etkin bina tasarımında yerleşim bölgesine dair yukarıda belirtilen unsurlar dikkate alınarak iklim koşulları ile ilişkili olarak güneşten, rüzgardan, yeraltı ve yerüstü kaynaklarından yararlanılarak konfor gereksinimi için tüketilen enerji miktarı azaltılmalıdır.



Şekil 2.25. İklim özelliklerine göre uygun topografik konumlar (Akbaba 2020; Umaroğulları ve Cihangir 2020)

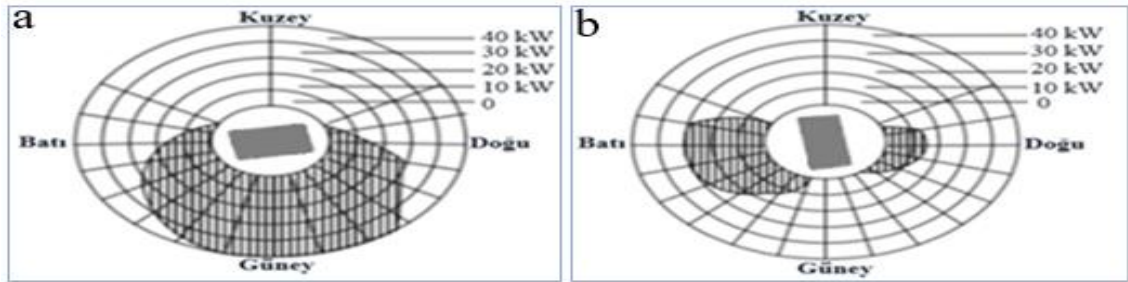
- **Binanın yönlendiriliş durumu**

Arazinin konumlandığı yöne göre, güneş ışıının geliş açısı, miktarı ve rüzgarın yönü, şiddeti gibi dış iklim elemanlarının karakteristik özellikleri de farklılık göstermektedir. Binaların yönlendirilmesine bağlı olarak, binayı çevreleyen kabuk elemanından birim alanından geçen ısı miktarı değişkenlik göstermektedir (Tatar 2015). Kış mevsiminde güneşin izlediği yol yaz mevsimine göre daha kısa ve daha eğik olması kışın doğudan ve batıdan alınacak ısı miktarının yetersiz olmasına neden olmaktadır (Şekil 2.26.) (Günel 2004).



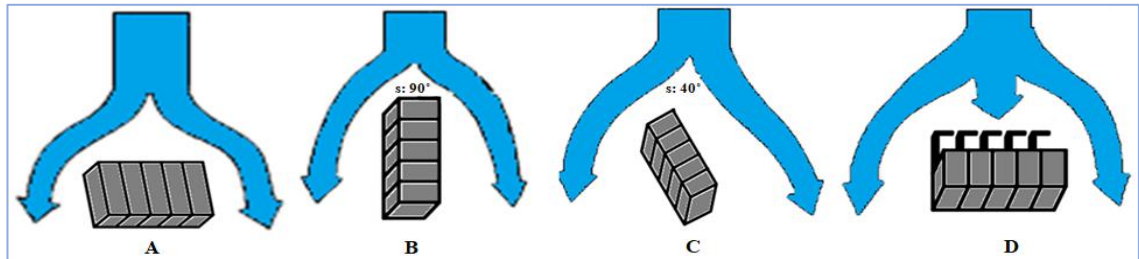
Şekil 2.26. Güneşin yazın ve kışın izlediği yol (Anonymous 3)

Binaların kuzey-güney aksında yönelmesi kış ve yaz koşullarında tüm yapı formlarında doğu ve batı cephesinde geniş yüzey alanları oluşmasından dolayı tercih edilmemelidir (Soysal 2008). Yapılan çalışmalar sonucunda; 32°-56° kuzey enlemleri arasında yer alan yapıların güney yüzeyleri, güneş ışığının geliş doğrultusuna ve güneşlenme süresine bağlı olarak, kışın, doğu ve batı yüzeylerine göre yaklaşık üç kat daha fazla güneş ışınlamı alırken, yazın bu yüzeylerin yaklaşık yarısı kadar güneş ışınlamı aldığı görülmüştür (Şekil 2.27.) (Karaaslan 2011). Yapay iklimlendirmede gerekli olan enerji tüketimini minimuma indirgeyebilmek amacıyla yapının optimum yönelimi dikkat edilmesi gereken önemli bir tasarım parametresidir.



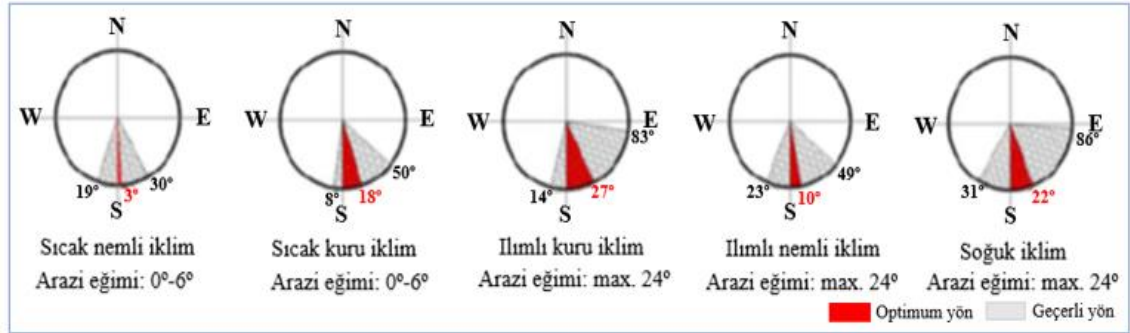
Şekil 2.27. Farklı yönelmelerde güneş ışınlamı miktarı değişimi; a) doğu-batı doğrultusunda yönelim, b) kuzey-güney doğrultusunda yönelim (Kadiroğlu 2011)

Binaların konumlandırılmasında, binalarda meydana gelen ısı kayıplarını minimum seviyede tutmak için güneş ışınlamı etkisine bağlı olarak geniş güney cepheli, az parçalanmış, kuzeye karşı kapalı, kompakt bina formları oluşturulmalıdır. Binalar doğu-batı yönünde konumlandırılarak rüzgara açık bina cepheleri minimum oranda olacak şekilde yönelim oluşturulmalıdır (Erçin 2005).



Şekil 2.28. Hakim rüzgar yönüne göre binaların konumlandırılması (Erçin 2005)

Şekil 2.28’de görüldüğü gibi binaların konumlandırılışında hakim rüzgar yönü enerji korunumu açısından oldukça önemlidir. B-A ya göre %50 daha fazla, C-A ya göre %60 daha fazla, D-A ya göre %25 daha az ısı kaybı meydana gelir (Soysal 2008). Enerjide etkin yapı tasarımı çalışmalarında farklı iklimlerde optimum bina konumu, biçimi, boyutu, binalar arasındaki mesafe gibi parametreler araştırılmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda farklı iklim bölgelerine göre optimum yönelim ve arazi eğimi Şekil 2.29’da gösterilmiştir.



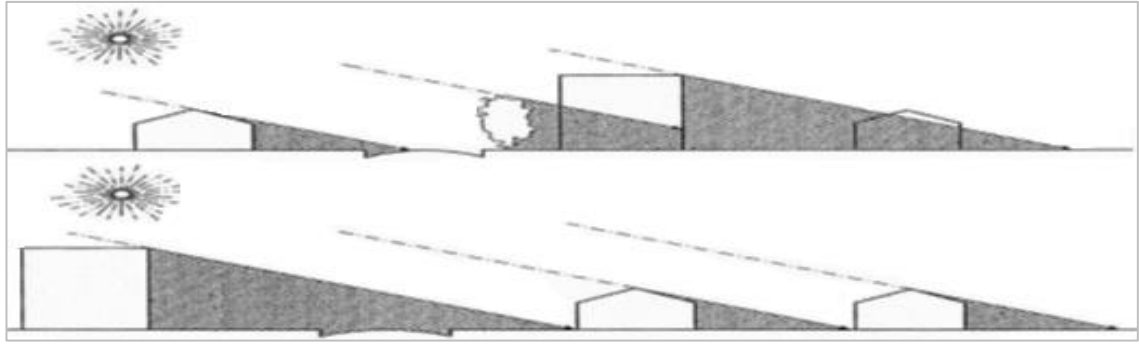
Şekil 2.29. Farklı iklim bölgelerine göre optimum yönelim ve arazi eğimi (Özdemir 2005)

Gülten vd. (2007) gerçekleştirdikleri çalışmada; Elazığ ilinde güneş enerjisinden pasif olarak yararlanmak için binaların güneş ısınımı etkisinde kaldıkları saat aralıkları, binaların yönelimleri, arazinin yönü ve eğimi gibi parametrelerin etkisi araştırılmıştır. 16 farklı yön (K, KKD, KD, DKD, D, DGD, GD, GGD, G, GGB, GB, BGB, B, BKB, KB, KKB) göz önüne alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda, Elazığ’da bir binanın güney cephesi, 21 Ocak’ta 9:00–15:00 saatleri arasında, doğu cephesi 9:00-12:00 saatleri arası ve batı cephesi ise 11:00-15.00 saatleri arasında direkt güneş ısınımı etkisi altında kaldığı görülmüştür. 21 Ocak tarihinde kuzey cephesinde direkt güneş ısınımı etkisinin olmadığı, güneş ışınlamından en fazla yararlanmaya olanak sağlayan eğimin ise 8° olduğu sonucuna varılmıştır.

Varoğlu (2017) tarafından yapılan çalışmada; enerji etkin bina tasarımı için bina yönelmesinin güneş kırıcı elemanı boyutları arasındaki ilişki incelenmiştir. Kıbrıs özelinde yapılan çalışmada Ecotect bina enerji yükü hesaplama yazılımı kullanılarak analizler yapılmıştır. Ecotect programından elde edilen simülasyon sonuçları doğrultusunda, toplam minimum enerji (ısıtma + soğutma) tüketiminin olduğu yönelme azimut 171° (güneyden 9° doğuya) olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmada, bu yönelme için pencereye yatay gölgeleme elemanı eklediğinde, minimum toplam soğutma tüketimi için optimum profil açısı 22° olarak belirlenmiştir.

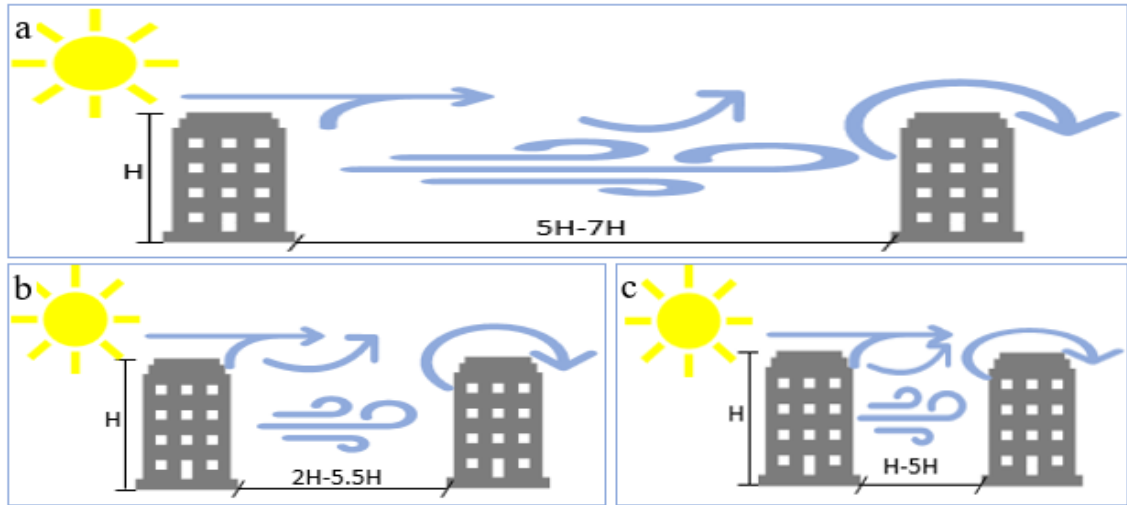
• Binalar arası mesafe

Binalar; aralarındaki mesafelere, yoğunluğa, yükseklik ve konumlandırılış biçimlerine göre birbirleri için güneş ışınlamı ve rüzgar engeli olarak işlev görebilirler (Şekil 2.30.) (Tatar 2015).



Şekil 2.30. Bina konumlarının güneş ışınımına etkisi

Binalarda güneş ışınımından kazanılan ısı enerjisinin yaklaşık %90'ı 09.00-15.00 saatleri arasında sağlanmaktadır. Isıtma gereksinimi öncelikli bölgeler için belirtilen zaman aralığında güneş ışınımının herhangi bir engelle karşılaşmaksızın binaya ulaşması önemlidir. Bu kapsamda; gölgeli alan boyutlarının topografik yapıya, binalar arası mesafeye, arazi eğimine, yön ve yerleşme yoğunluğuna bağlı olarak değişkenlik göstermesi her bir parametrenin değerlendirilmesini gerektirmektedir (Ovalı 2009). Enerji etkin yapı tasarımında güneş ve rüzgar enerjisinden optimum yararlanılması için farklı iklim bölgelerine göre binalar arasında bulunması gereken ideal mesafeler Şekil 2.31.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.31. Farklı iklim bölgelerine göre binalar arası optimum mesafeler; **a)** sıcak-nemli iklim bölgesi, **b)** sıcak-kuru iklim bölgesi, **c)** ılımlı-kuru-nemli ve soğuk iklim bölgesi (Koca 2006)

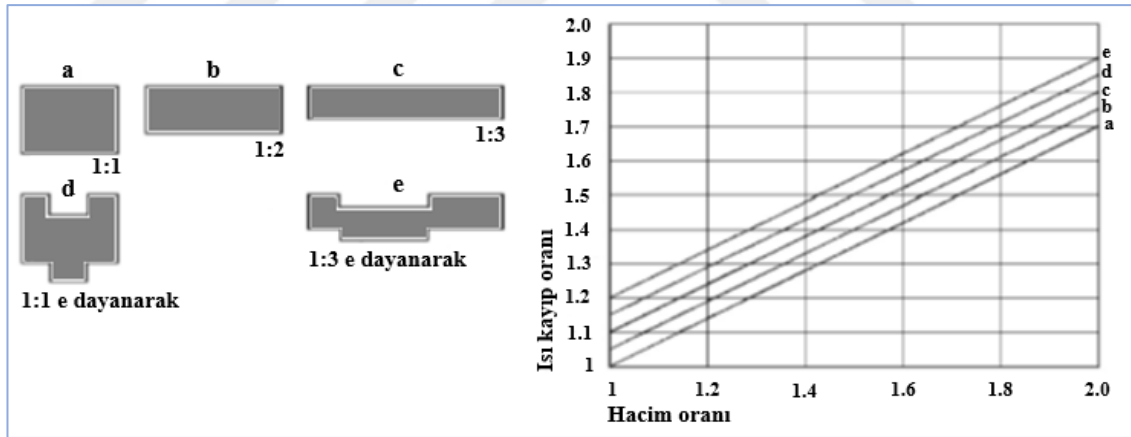
Yüksek binaların kent içindeki konumu ve birbirlerine göre konumlarının belirlenmesi toplu konut uygulamaları ve kentsel yerleşim planlaması açısından önemlidir. Güneş ışınımından korunmanın öncelikli olduğu bölgelerde binaların birbirine gölge oluşturacak mesafeler içinde konumlandırılması gerekmektedir (Şekil 2.32.). Rüzgarın serinletme etkisinin önemli olduğu iklim bölgelerinde binaların birbirinin rüzgarını engellemeyecek şekilde şaşırtmalı olarak konumlandırılması gerekmektedir (Ovalı 2009).



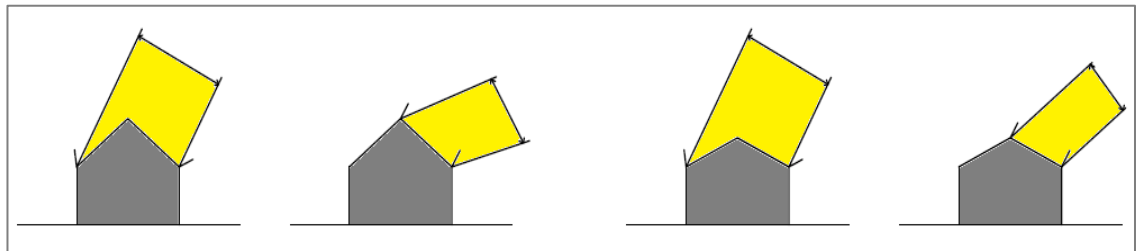
Şekil 2.32. Yükseklik/genişlik oranının termal etkisi (Köseoğlu 2012)

- **Bina formu**

Bina formu; binanın uzunluk/derinlik oranı, mekanların yüzey/hacim oranı, yüksekliği, çatı türü, eğimi, cephe ve pencere biçimi gibi değişkenlerin tümünü kapsayan, binanın ısı kaybını ve kazancını belirleyen, dolayısıyla enerji verimliliğini etkileyen parametrelerden biridir (Dikmen 2011). Binada cephe alanı, yüzey/hacim oranı arttıkça ısı kayıpları artmaktadır (Esen 2013). Yüzey/hacim oranı (Y/H) küp gibi kompakt formlardan dikdörtgen formlara geçildikçe artmaktadır. Bunun sonucunda dikdörtgen formu binalarda kabuk aracılığı ile ısı alışverişi aynı hacimdeki kompakt formu yapılar göre daha fazla olmaktadır (Serbest 2014). Kabuk alanı arttıkça ısı kayıpları arttığından, aynı hacmi kaplayan en basit geometrik şekillerde ısı kaybı en az iken, Yüzey / Hacim (Y/H) oranı arttığında ısı kayıpları da artmaktadır (Şekil 2.33, 2.34.) (Özdemir 2005).

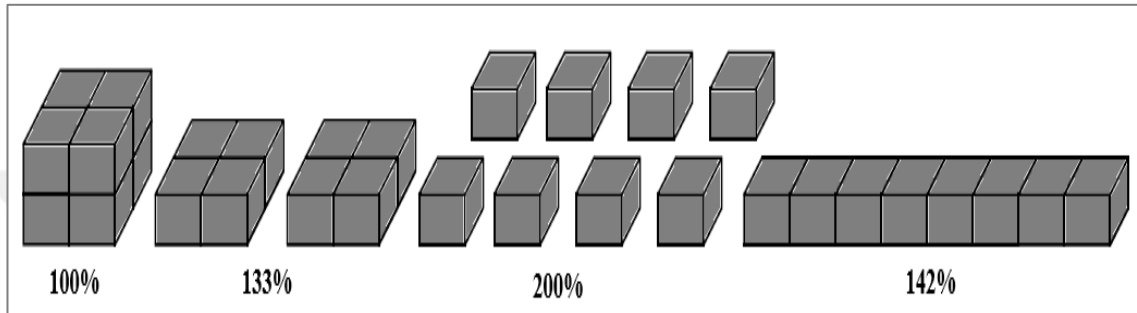


Şekil 2.33. Isı kaybı oranının çeşitli plan tiplerine göre değişimi (Özdemir 2005)

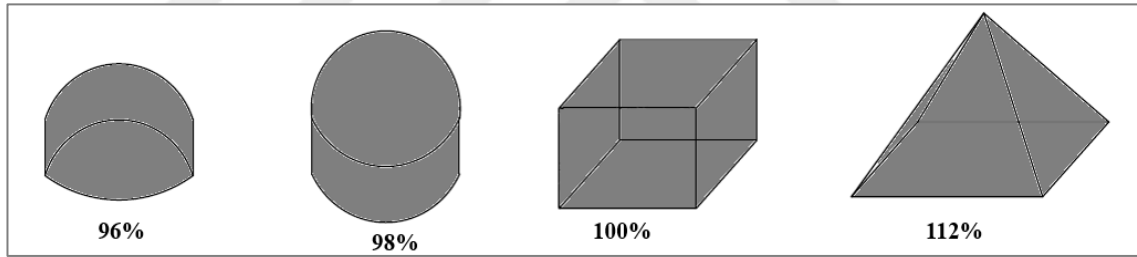


Şekil 2.34. Yapının çatı eğimi ile yapıya gelen güneş ışınımı ilişkisi (Günel 2004)

Mekanları oluşturan yüzeylerin hacim oranlarına bağlı olarak binaların ısı kaybı-kazancı artar veya azalır. Aynı hacme sahip farklı geometrik formların yüzey alanlarının düşükten yükseğe doğru sıralanışı; küre, silindir, küp ve dikdörtgen prizması şeklindedir. Binalarda fazla hareketli dış konturlar soğuk iklim bölgeleri için ısıtma enerjisinin artmasına neden olmaktadır. Şekil 2.35'te ve Şekil 2.36'da aynı hacme sahip farklı geometrik formlar oluşturulmuştur. Küpün yüzey alanı %100 kabul edilerek diğer geometrik formların yüzey alanları ile karşılaştırmalar yapılmıştır. En düşük dış yüzey alanı (%96) yarım küre olurken, en yüksek yüzey alanı ise küpün 8 küpe bölünerek oluşturulduğu hacimde (%200) olmuştur (Soysal 2008).

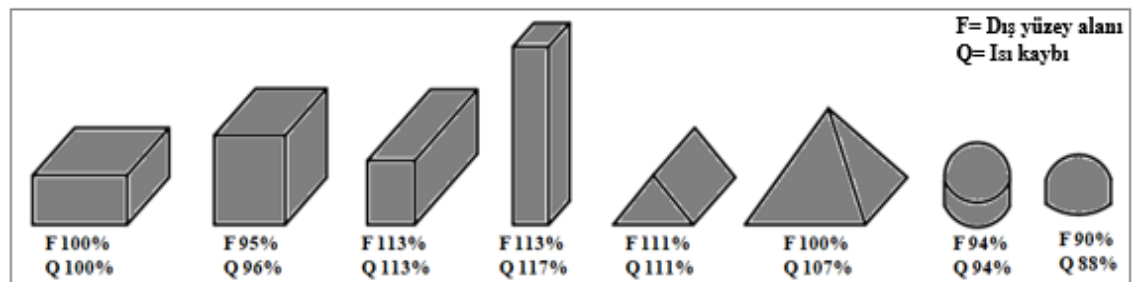


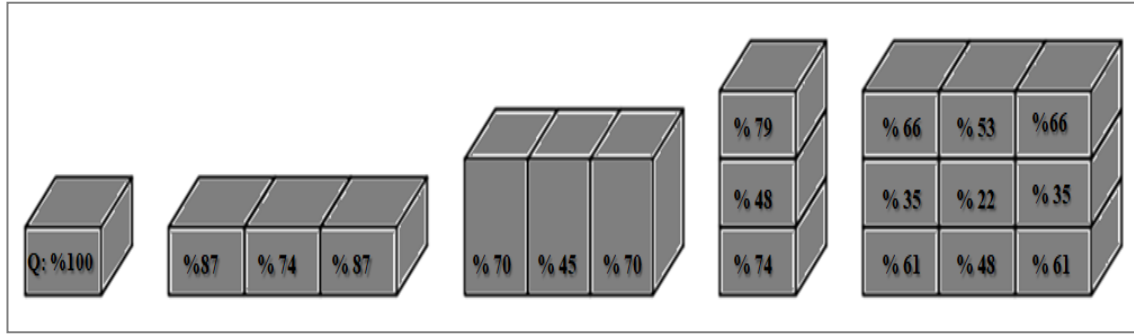
Şekil 2.35. Yapı formu yüzey ilişkisi-1 (Soysal 2008)



Şekil 2.36. Yapı formu yüzey ilişkisi-2 (Soysal 2008)

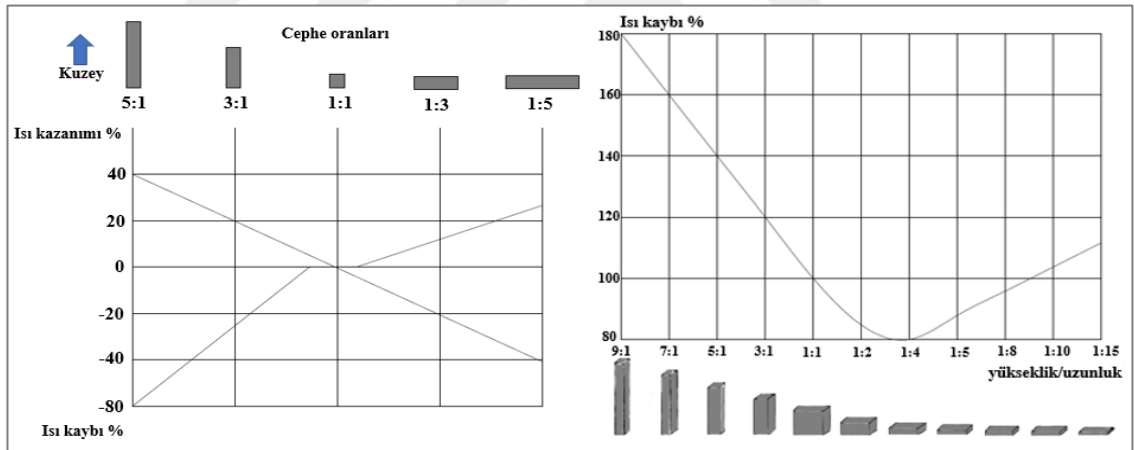
Aynı hacme sahip değişik dış yüzey ve taban alanları olan geometrik şekillerin ısı kayıp ilişkisi Şekil 2.37.'de gösterilmiştir. Binalardaki ısı kayıp oranı üzerinde etkili bir diğer ölçüt ise hacimlerin yan yana gelmesi ile oluşan bina formlarıdır. Şekil 2.38.'de farklı birleşim alternatifleri üzerinden değerlendirme yapıldığında bitişik nizam-çok katlı yapıların enerji korunumu açısından daha etkin olduğu görülmektedir.





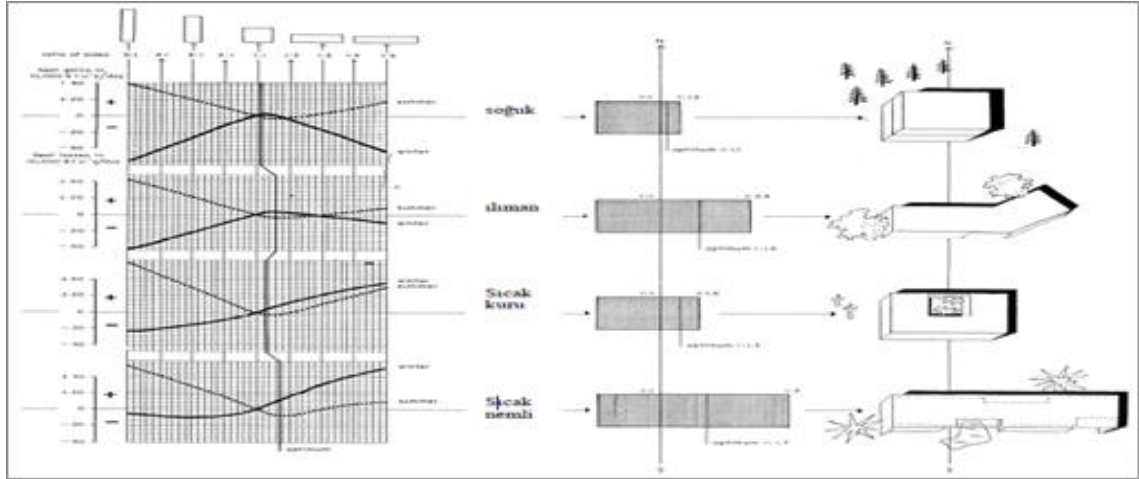
Şekil 2.38. Aynı hacme sahip farklı birleşimlerin ısı kaybına etkisi (Soysal 2008)

Bina formu enerji tüketimine etki eden en önemli ölçütlerden biridir. Bina formu; kompaktlık, plan biçimi, yönelme, zonlama, binanın kütsel biçimi ve saydamlık oranları gibi pek çok kritere bağlı olarak değerlendirilmektedir (Koca 2006). Binalarda ısı kayıplarının minimum seviyede olabilmesi için bina formu faktörü değerinin mümkün olduğunca düşük tutulması gerekmektedir. Bu kapsamda binada cephe, çatı ve döşeme yüzey alanları en küçük seviyede tutularak dış ortamla olan etkileşim minimuma indirgenmelidir (Şekil 2.39.). Böylece ısı iletimi (konduksiyon) yoluyla meydana gelecek olan ısı kayıpları düşük değerde olacaktır (Canan 2008).



Şekil 2.39. Form ve yönlendirmenin ısı kazanımına, form ve yüzey-hacim oranının ısı kaybına etkisi (Tokuç 2005; Canan 2008; Karaaslan 2011)

Bina formuna ilişkin değişkenlerin tümüyle değerlendirildiği Şekil 2.39'da kare taban alanlı ve hacimleri eşit olan fakat farklı kütle oranına sahip binaların ısı kayıpları incelenmiştir. Form ve cephe oranı 1:1 olan yapılarda; form ve yüzey-hacim ilişkisinde ise yükseklik ile derinlik oranı 1:4 olan yapılarda ısı kaybı diğer yapılara göre daha az olduğu görülmektedir. Binalar yükseldikçe ısı kayıplarının artabileceği görülmüştür. Binalar yükseldikçe ve hacim-yüzey oranları artıkça ısı kayıplarının artması, soğutma yüklerinin azalmasına neden olmaktadır. Bu kapsamda bina formu iklim bölgesinin gereksinimleri doğrultusunda optimize edilmesi gerekmektedir. Şekil 2.40'ta farklı iklim bölgeleri için optimum bina formlarıyla, optimum ve en fazla bina oranları gösterilmektedir.



Şekil 2.40. Farklı iklim bölgelerine göre optimum bina formu (Özdemir 2005)

Şekil 2.40'ta; soğuk iklim bölgesinde binalar, doğu – batı doğrultusunda yönelimi sağlanarak ve yüzey/hacim oranı azaltmak için bina kompakt hale getirilerek kare forma dönüştürülmüştür. Ilıman iklim bölgesinde binalar, dikdörtgen forma sahip olmasında sakınca olmadığı ve doğuya doğru yönelmesinin uygun olduğu görülmüştür. Sıcak kuru iklim bölgesinde kışların soğuk geçmesi nedeniyle binalar dikdörtgen forma yakın bir form almaktadır. Orta bahçenin gölge oluşturmaya ve yakın çevrenin bitkilendirilmesi enerjide verimlilik sağlamaktadır. Sıcak nemli iklim bölgelerinde ise binaların dikdörtgen formda tasarlanması, bina cephelerinde doluluk ve boşluklar; girintiler ve çıkıntılar hava sirkülasyonu sağlaması enerjinin etkin kullanılmasına neden olmaktadır (Özdemir 2005).

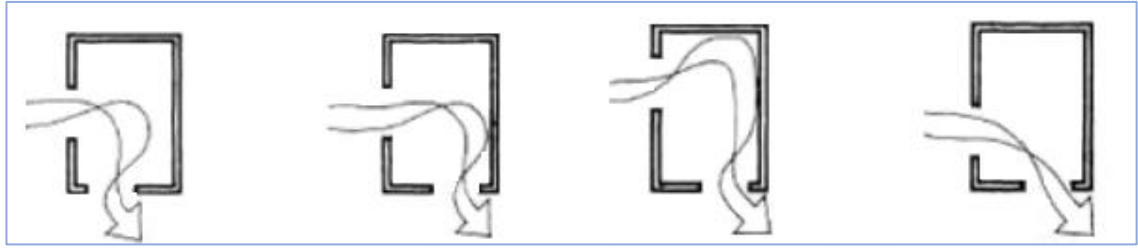
Kılıç Turan ve Gülten (2020) tarafından yapılan çalışmada; konutlarda yeşil çatı sistemlerinin bina ısıtma ve soğutma yüküne farklı derece gün bölgelerinde yer alan illerde (Antalya, Diyarbakır, Elazığ, Kayseri, Erzurum), üç farklı biçimde (kare, dikdörtgen ve L formda) tasarlanan konut örnekleri için etkisinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Isıtma yükü için TS 825 hesap yöntemi soğutma yükü için ise Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı Yöntemi (CLTD) kullanılmıştır. Ayrıca yeşil çatı bileşenlerinden yetiştirme ortamı derinliği 5 cm ile 50 cm arasında 5'er cm olacak biçimde artırılarak katmanın, ısıtma ve soğutma yükü üzerindeki etkisi incelenmiştir. Elde edilen bulgular, yeşil çatı sisteminin bina soğutma yüküne etkisinin, bina ısıtma yüküne etkisine göre daha fazla olduğunu görülmüştür. Yeşil çatı, bina ısıtma yüküne farklı derece gün bölgelerinde aynı oranda etki ederken, soğutma yükü üzerindeki etkisi, 1.derece gün bölgesinde, kare formu, 50 cm yetiştirme ortamı kullanılan örnek binada en yüksek; 3. derece gün bölgesinde, L formu, 5 cm yetiştirme ortamı kullanılan örnek binada ise en düşük derecede etki ettiği görülmüştür.

- **Havalandırma ve güneş kontrolü**

Doğal vantilasyon, kullanılmış havanın, taze hava veya dış hava ile yer değiştirmesi olayı olarak tanımlanmaktadır. Mekanlarda oluşan doğal vantilasyon koşulları, doğal vantilasyon sisteminin özellikleri ve dış iklimsel koşullarla bağıntılıdır. Mekanlarda, iç hava sıcaklığı, yüzey sıcaklığı ve nem gibi iklimsel konfor elemanlarının uygun değer aralığında olabilmesi açısından hava hareketine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu

nedenle mekanlarda hava hareketinin sağlanabilmesi için doğal vantilasyon gerçekleşmesi gerekmektedir (Balcıoğlu 2013).

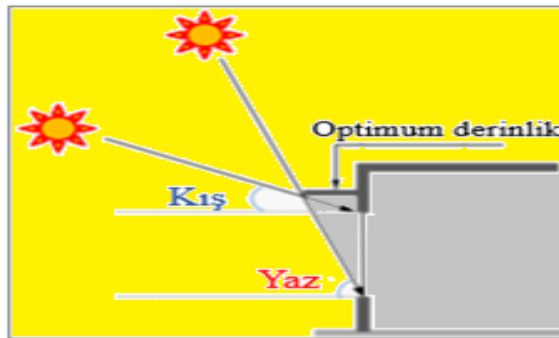
Mekanın tümünde hava akımının dolaşması için en ideal seçenek çapraz vantilasyondur. Bu kapsamda; doğru yerlere açılmış duvar boşlukları ve pencere tipleriyle çapraz vantilasyon oluşturulması mümkündür (Şekil 2.41.). Geleneksel mimaride kullanılan rüzgar kuleleri ve güneş bacaları ise düşeyde gerçekleşen doğal havalandırmayı(vantilasyon) artırıcı tasarımlardır.



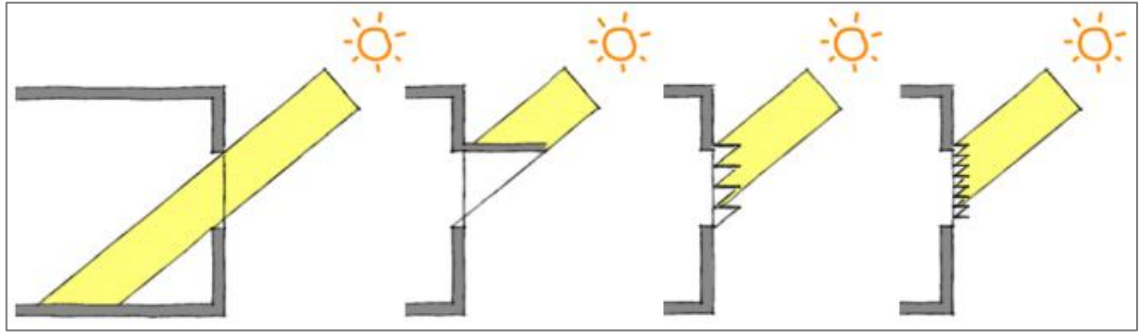
Şekil 2.41. Bitişik duvarlardaki açıklıkların vantilasyon farkı (Koca 2006)

Binalarda enerji tüketiminin, enerji maliyetlerinin ve karbon emisyonlarının azaltılabilmesi güneşten en iyi şekilde yararlanılması amacıyla yapılacak tasarımla mümkündür. Mimari tasarımla; güneş enerjisi teknolojilerini binaya entegre ederek yenilenebilir enerji üretiminin sağlanmasının yanı sıra güneşlenme saatleri ve gün ışığı dikkate alınarak doğal aydınlatma ile enerji tüketimi azaltılabilmektedir (Kazaz et al. 2019). Bir mekanda doğal aydınlatma iklimsel koşullara, dış engellere, pencere yönü, biçimi ve boyutuna, pencerenin çerçeve ve cam özelliklerine, iç yüzeylerin ışık yansıtma çarpanına bağlı olarak değişmektedir (Yüksel 2019).

Sıcak iklim bölgelerinde yer alan binalarda gereksiz ısı kazanımını önleyebilmek amacıyla güneş ışıının miktarını kontrol altına almak gerekir(Şekil 2.42, 2.43.). Aşırı ısı kazanımı soğutma yüklerini dolayısıyla tüketilecek olan enerji miktarını arttırmaktadır (Koca 2006). Enerji etkin bina tasarımının bir parçası olan gölgeleme elemanları, pencere konumu ve iç mekanlardaki güneş ışıının olana ihtiyaca göre kontrol edilebilen yapma çevre değişkenidir. Böylece mekanlarda güneş ışıının aşırı ısınmanın kullanıcılar üzerindeki olumsuz etkileri sebebiyle olabildiğince düşük ısı kazanımının oluşması sağlanmalıdır. Pencere önlerine ve opak yüzeylere gölgeleme araçları yerleştirilmesiyle güneşin ısı etkisini azaltmak mümkündür (Balcıoğlu 2013).

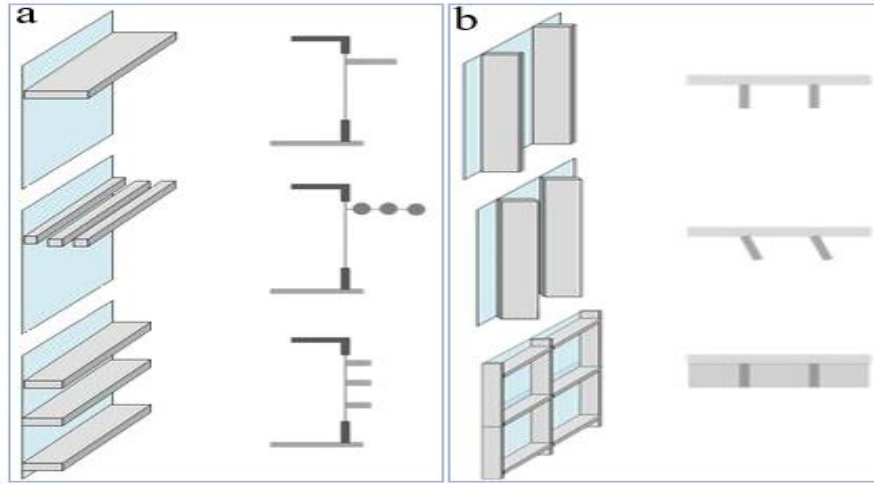


Şekil 2.42. Güneş kırıcı sistemi çalışma prensibi (Anonymous 4)



Şekil 2.43. Güneş kırıcı tasarımının güneş ışınım ilişkisi (Anonymous 6)

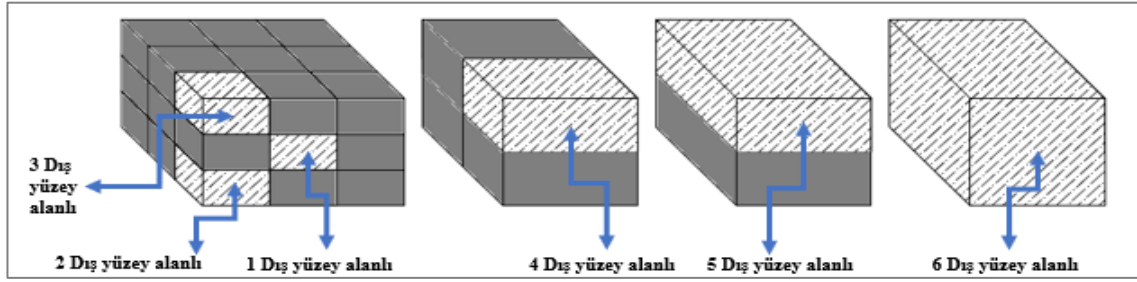
Binalarda yaygın olarak kullanılan güneş kırıcı sistemler; konsollar, panjurlar ve düşey-yatay kayıtlardır. Bu sistemler sabit, elle veya mekanik ayarlanabilir olarak kullanılmaktadır. Güneş kırıcılar genel itibarıyla gün ışığının ısısal etkisinin iç ortama geçmesini engellemek amacıyla bina dışında konumlandırılmaktadır. Bu sistemler güneşin en tepede olduğu yaz ve en alçakta olduğu kış günlerinde ışığın geliş açısına göre tasarlanmaktadır. Güneş kırıcı sistemler doğu ve batı cephelerde sabah ve öğleden sonra düşük açıdan gelen güneş ışınımını önlemek amacıyla düşey kayıtlar kullanılırken güney cephelerde ise yatay kayıtlar kullanılmaktadır (Ofloğlu 2018), (Şekil 2.44.).



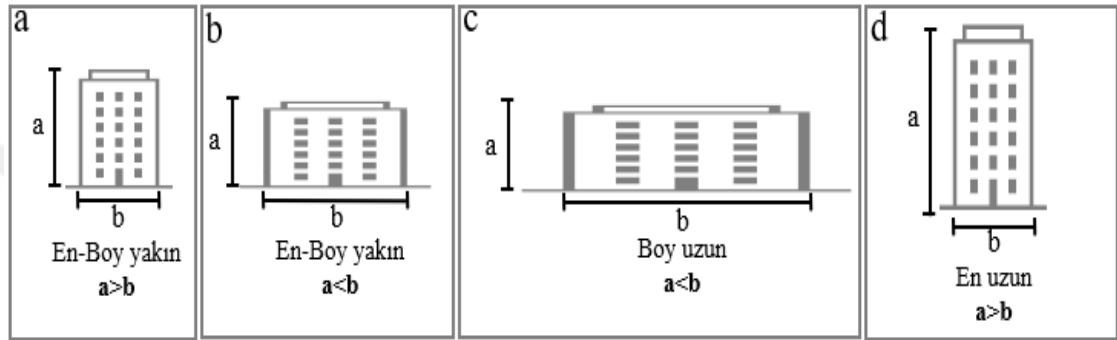
Şekil 2.44. Yatay ve düşey güneş kırıcı tasarımı; **a)** güney cephe uygulaması, **b)** doğu ve batı cephe uygulaması (Anonymous 5)

- **Mekan organizasyonu**

Bir mekanda kabuk eleman yüzey alan büyüklüğü, mekanın bina içerisinde yer aldığı konuma göre değişkenlik gösterir (Şekil 2.45.). Dış duvarlarla çevrelenmiş bir mekanın iklimsel koşulları ile binanın ara katında yer alan mekanlarda oluşan iklimsel koşullar kabuk yüzeyinden geçen ısı miktarına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu kapsamda; mekanın yatay ve düşey doğrultudaki boyutları mekanın iklimsel konforunu etkilemektedir (Tatar 2015). Şekil 2.46'da Türkiye'de farklı iklim bölgelerine göre optimum mekan derinliği gösterilmiştir.

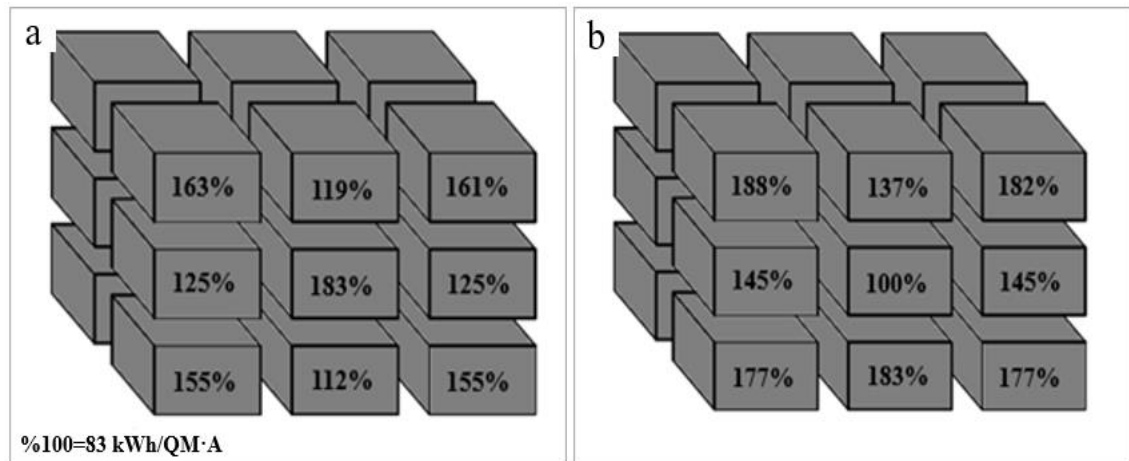


Şekil 2.45. Mekan/dış yüzey alan adet ilişkisi (Dörter 1994)



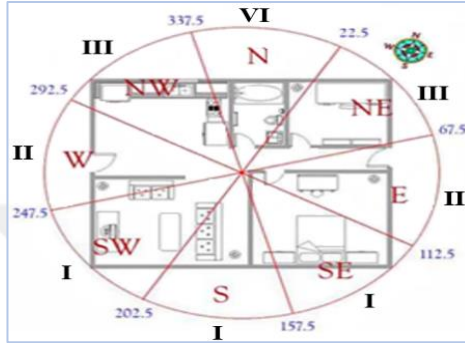
Şekil 2.46. Türkiye’de iklim bölgeleri için optimum mekan derinliği; **a)** soğuk ve ılıman-kuru iklim bölgesi, **b)** ılıman-nemli iklim bölgesi, **c)** sıcak-nemli iklim bölgesi, **d)** sıcak-kuru iklim bölgesi (Tatar 2015)

Şekil 2.47.’de gösterilen mekan organizasyonunda, mekanların aynı cephede farklı konumlarda olmasına bağlı olarak yıllık enerji tüketimleri karşılaştırılmıştır. Mekanların güneşe yönelmeleri durumunda, kuzey yöne oranla ısıtma enerjisi kazanımı iç kısımda yer alan mekanlar için %17, dış kısımda yer alan mekanlar için %8 ila %71 arasında değiştiği görülmektedir.



Şekil 2.47. Mekanların yönelim ve konuma göre yıllık ısıtma enerjisi kazanımı; **a)** yapının kuzeye yönelmesi durumu, **b)** yapının güneye yönelmesi durumu (Tokuç 2005)

Fonksiyonel açıdan kullanıcı sayısı ve kullanılan süre bakımından fazla olan mekanlar 1. derece mekanlar olarak adlandırılmaktadır. Enerji verimliliği kapsamında 1. derece mekanlar güney ve güneye yakın yönlerle gelecek şekilde tasarlanmalıdır. Fonksiyonel açıdan 2. derece olan mekanlar ise doğu ve batı yönlerle yerleştirilecek şekilde düzenlenmelidir. Servis hacimleri, dış yüzeylere tampon görevi görececek şekilde yerleştirilmelidir. Güneş ışıını kazancı açısından mekanları I, II, III ve IV bölge olarak sınıflandırmak mümkündür (Balcıoğlu 2013). Mekanların doğrudan güneş ışıını kazancı açısından yerleşmeye uygunluk dereceleri Şekil 2.48’da gösterilmiştir.



Şekil 2.48. Binalarda optimum güneş ışıınına göre hacimlerin yönlendirilmesi (Anonymous 7)

- **Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri**

Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özelliklerinin bulunduğu şartlara göre en ideal biçimde seçilmesi binalarda yıllık enerji giderlerinin en aza indirilmesi anlamına gelmektedir. Bina kabuğunda optik ve termofiziksel faktörler enerji etkin tasarımlar içinde en önemli parametrelerdir. Bina kabuğundan yitirilen ve kazanılan toplam ısı miktarlarına bağlı olarak yapma iklimlendirme yükleri değişim gösterir (Karagözlü 2006). Bina kabuğu; iç ve dış çevreyi birbirinden ayıran, yatay, düşey ve eğimli tüm yapı bileşenlerinden oluşan yapı ögesi olarak tanımlanmaktadır. Bina kabuğu öncelikle rüzgara, sıcağa ve soğuğa karşı koruma sağlamalıdır. Bina kabuğunu oluşturan katmanların ısı iletim özelliği, hava sızdırmazlık düzeyi, pencerelerin konumu, doğramaların ve kullanılan camların renk, yansıtma özelliği tüketilen enerji miktarını belirlemektedir (Soysal 2008).

İklim kontrolü açısından bina kabuğundan istenilen performansın elde edilmesinde yapı kabuğunun güneş ışıınına ilişkin yutuculuk, yansıtıcılık ve geçirgenlik gibi optik, toplam ısı geçirme katsayısı, zaman geciktirme, saydamlık oranı ve genlik küçültme faktörü gibi termofiziksel özellikleri belirleyici etkenlerdir. Bina kabuğunun maruz kaldığı güneş ışıını, bileşenin optik özelliklerine bağlı olarak ısı kazanımına dönüşür. Bina kabuğunun yalıtım kapasitesini belirleyen iki özellikten biri, zaman geciktirme diğeri ise genlik küçültme faktörüdür. Bu iki özellik bina kabuğunun opak bileşeninin katmanlarını oluşturarak malzemelerin ısı depolama kapasitelerini belirlemektedir. Bu özellikler bileşeni oluşturan katmanların, ısı iletkenlik katsayıları(λ), kalınlıkları(d), yoğunlukları(ρ), özgül ısıları(c) ve dolayısıyla ısı kapasitelerini ($\rho.c$) belirlemektedir (Koca 2006).

- **Bina kabuğunu oluşturan yapı bileşenleri**

Binalar genellikle 60 yıllık hizmet ömrü olacak şekilde tasarlanmaktadır. İklim değişikliği açısından bakıldığında, bugün inşa edilen binaların 2080 ve sonrasında da hizmet verecektir. Bu kapsamda binaların gelecekte kullanılabilir olmasını sağlamak amacıyla bina tasarımında yapı kabuğunu oluşturan malzemeler 2080 hatta 2100 yıllarındaki iklim koşulları dikkate alınarak seçilmelidir (Yüksel 2019).

- **Duvarlar**

Yapı elemanları içerisinde en fazla alana sahip olan dış duvarlar, ısı kaybı ve kazancı açısından en önemli yapı kabuk elemanıdır. Günümüzde dış duvarlarda uygulanan yalıtım, ısı yalıtım malzemelerinin konumuna göre, dış yüzeye yapılan ısı yalıtımı (mantolama), iç yüzeye yapılan ısı yalıtımı, çift duvar arası yalıtım ile sandviç duvar uygulaması olarak 4 farklı yöntemle uygulanmaktadır. En yaygın uygulanan yalıtım yöntemi dıştan uygulanan yalıtımdır. Dıştan uygulanan yalıtımla hem duvar elemanlarının oluşturdıkları yüzeyler hem de kolon, kiriş, lento, perde duvar gibi betonarme yüzeyler yalıtılarak ısı köprüsü oluşumu engellenmektedir. Bu nedenle, duvarların dıştan yalıtılması çoğunlukla yapı fiziği açısından en uygun yöntem olmaktadır (Yüksel 2019).

Duvarların iklim bölgelerinin karakteristiğine bağlı olarak ısı kazancı ya da ısı korunumuna göre tasarlanması önemlidir. Dış duvarlarda ısı kazanç ve kayıpları düşünülerek toplam ısı geçirgenlik katsayısı belirlenmelidir. Özellikle soğuk ve ılımlı iklim bölgelerinde kabuk için gerekli ısı yalıtım değeri hesaplanmalıdır. Enerji korunumu açısından opak yüzeyler, güneş ışıını yoluyla ısı kazancından yararlanabilecek ya da korunabilecek doku ve renkte tercih edilmelidir. Sıcak ve ılımlı iklim bölgelerinde uygun güneş kontrolü elemanları uygulanmalıdır. Sıcak nemli iklim bölgesinde; ısı depolama kapasitesi düşük, açık renkli, yansıtıcılığı yüksek duvarlar tasarlanmalıdır. Sıcak kuru iklim bölgesinde; ısı depolama kapasitesi yüksek, açık renk ve kalın duvarlar uygulanmalıdır. Ilımlı kuru ve ılımlı nemli iklim bölgesinde; iç mekanda gerekli konfor koşullarını sağlayan yalıtım değerlerine sahip duvarlar tasarlanmalıdır. Soğuk iklim bölgesinde ise ısı depolama kapasitesi yüksek, iyi yalıtım sağlanmış, koyu renk, güneş ışıını yutuculuğu yüksek, masif duvarlar tasarlanmalıdır (Özdemir 2005).

- **Çatı ve Döşemeler**

Binalardaki ısı kayıplarının önemli bir kısmı çatı ve döşemelerden kaynaklanmaktadır. Isı kazançları açısından ise, çatılar döşemelere kıyasla daha fazla etkilenmektedir. Çatı ve döşemelerin enerji tasarrufuna etkileri ısı geçirgenlik katsayılarının yanı sıra çatıların eğimi, rengi, güneş enerjisi yansıtma katsayısı gibi özellikleri de büyük oranda etkili olmaktadır. Çatıların güneş ışıını yansıtma endeksi (SRI) değerinin düşük olması, yeşil çatı uygulaması, mekanik ekipmanların çatıda bulunması, çatıya PV panel kurulması gibi çatı yüzeyinin ısınmasını engelleyen pasif tasarım yöntemleri ile çatılar güneş enerjisinden korunarak çatı yüzeyindeki ısı kazancının önüne geçilebilmektedir (Yüksel 2019). Böylece gerek yaz güneşi altında kızan çatı yüzeyinin

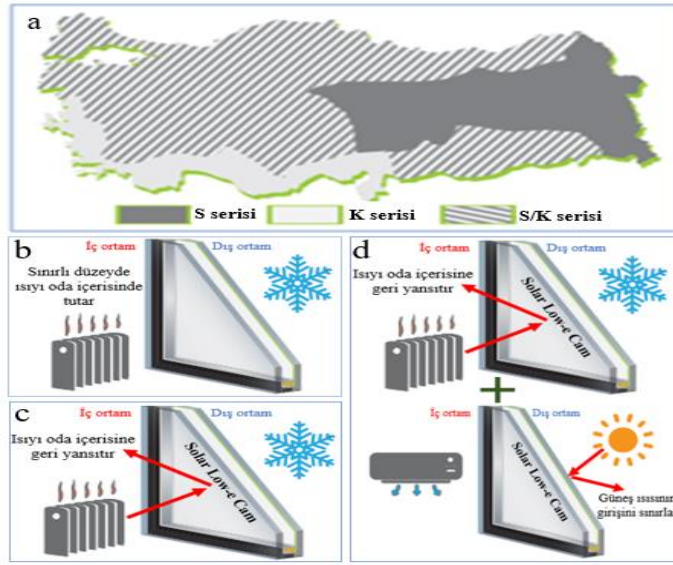
sebept olacağı gereksiz ısı kazançlarına ve gerekse kışın, yapı iç ısısının çatı yüzeyinden kaybına engel olunarak iç iklim konfor koşulları sağlanmalıdır (Özçiftçi 2010).

Bina içindeki döşemelerin malzeme seçimi ses izolasyonu için önemli olmakla birlikte özellikle toprağa oturan döşemelerin ısı ve nem yönünden gerekli yalıtımların yapılması gerekmektedir. Özellikle soğuk ve ılımlı iklim bölgelerinde döşemelerin su ve ısı açısından iyi yalıtım yapılmalıdır. Sıcak nemli iklim bölgelerinde ise hava akımlarından etkin bir şekilde yararlanılabilmesi için yükseltilmiş döşemeler yapılması gerekmektedir (Esen 2013). Özellikle sıcak iklim bölgelerinde enerji verimliliğine yönelik çatılarda düz döşeme yapılmalıdır (Umaroğulları ve Cihangir 2020). Ulubeyli et al. (2014) yaptıkları çalışmada, konut projelerinde en çok kullanılan çatıların sırasıyla betonarme düz çatılar, dikili ahşap çatılar olduğu ve ilk yatırım maliyeti açısından benzer yalıtım koşullarına sahip betonarme düz çatıların dikili ahşap çatılara göre %35,46 daha ucuz olduğu bulunmuştur.

• Pencereleler

Camlar; binanın enerji korunumu amacıyla doğal aydınlatma, havalandırma, güneşten pasif kazanç gibi parametrelerle doğrudan ilişkisi olması nedeniyle yapıların ısıtma, soğutma, aydınlatma için gereken enerji miktarını belirleyen önemli yapı elemanlarıdır. Enerji etkin yapı dış kabuğu tasarımında camların uygun optik ve termofiziksel özelliklere sahip olması gerekmektedir. Camlar ısı ve ışık enerjisini yansıtma, soğurma ve güneş kontrolünü sağlama özelliği açısından farklılıklar göstermekte olup çok katmanlı camlar, low-e kaplamalı camlar, reflektif camlar, renkli camlar yaygın olarak kullanılmaktadır (Ulusoy Şentürk ve Altın 2020). Bina kullanıcıları pencereler aracılığıyla dış mekan ile olan bağlantılarını korumaktadır. Pencere sistemi kendi içerisinde çerçeve, cam gibi farklı bileşenlerden oluşur. Pencere seçimi yapılırken, iklimsel koşullar, gün ışığı ihtiyacı ve gürültü kontrolü gibi konular dikkate alınarak çerçeve özellikleri, cam kalınlıkları, camlar arası mesafe ve dolgu malzemesi, cam üzerindeki kaplamaların özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır (Yüksel 2019).

Pencerelerin cam katmanı sayısı, konumu, doğrama cinsi iklimsel karakteristiklere uygun ve direkt güneş ışıını kazancından yararlanacak ya da korunacak şekilde seçilmelidir. Toplam ısı geçirme katsayısı da kabuğun istenen optimum değerini sağlayacak şekilde belirlenmelidir. Sıcak nemli iklim bölgesinde; güneş kontrolü sağlayan geniş açıklıklı pencereler tasarlanmalıdır. Sıcak kuru iklim bölgesinde; dış duvarda küçük açıklıklı pencereler, avlu yönünde gölgelendirilmiş büyük açıklıklı pencereler tercih edilmelidir. Ilımlı kuru iklim bölgesinde; ısı kontrolü sağlayacak büyüklükte açıklıklı pencereler, ılımlı nemli iklim bölgelerinde ise ısı kontrolünün yanı sıra vantilasyon sağlayacak büyüklükte pencereler tasarlanmalıdır. Soğuk iklim bölgesinde; ısı kontrolü sağlanmış küçük açıklıklı pencereler tasarlanmalıdır (Özdemir 2005). Farklı iklim bölgelerine göre kullanılması gereken ısıcam çeşitleri Şekil 2.49'da gösterilmiştir. Sıradan çift camlara (C serisi) göre kıyaslama yapıldığında S serisi çift camlar ısı kaybını %50 oranında azaltmaktadır. K serisi çift camlarda ise sıradan çift camlara kıyasla %50 ısı kaybının yanı sıra %40 oranında güneş ısısı girişini azaltmaktadır (Anonim 20).



Şekil 2.49. Türkiye’de kullanılan ısı cam çeşitleri; **a)** iklim bölgelerine göre kullanılması gereken ısıcam, **b)** C serisi; **c)** S serisi; **d)** K serisi (Anonim 20)

TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” binaların ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanmasında kullanılacak değerleri ve izin verilen maksimum ısıtma enerjisinin tespitine yönelik kurallar içermektedir. Türkiye’de ısı bölgelerine uygun cam seçiminde kullanılmak üzere hazırlanmış pencere, ısıl geçirgenlik (U_p) katsayıları W/m^2K Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. TS 825’e göre bazı pencerelerin ısıl geçirgenlik (U_p) katsayıları

Türkiye’de ısı bölgelerine uygun cam seçiminde kullanılmak üzere hazırlanmış pencere, ısıl geçirgenlik (U_p) katsayıları W/m^2K		TEK CAMLI PENCERE	ÇİFT CAMLI PENCERE (Kaplamaız Cam)				ÇİFT CAMLI LOW-E KAPLAMALI PENCERE			
			ARA BOŞLUK (mm)				ARA BOŞLUK (mm)			
			6	9	12	16	6	9	12	16
DOĞRAMASIZ		5,7	3,3	3,0	2,9	2,7	2,6	2,1	1,8	1,6
DOĞRAMA TİPİ	AHŞAP DOĞRAMA (sert ağaçlar)	5,1	3,3	3,1	3,0	2,8	2,8	2,3	2,2	2,0
	AHŞAP DOĞRAMA (i�ne yapraklı yumuşak ağaçlar)	4,9	3,1	2,9	2,8	2,6	2,6	2,2	2,0	1,8
	PLASTİK DOĞRAMA (2 odacıklı)	5,2	3,4	3,2	3,0	2,9	2,9	2,4	2,3	2,1
	PLASTİK DOĞRAMA (3 odacıklı)	5	3,2	3,0	2,8	2,7	2,7	2,2	2,1	1,9
	AL�M�NYUM DOĞRAMA	5,9	4,0	3,9	3,7	3,6	3,6	3,1	3,0	2,8
	AL�M�NYUM DOĞRAMA (yalıtım köprülü)	5,2	3,4	3,2	3,0	2,9	2,9	2,4	2,3	2,1

Çizelge 2.2. incelendiğinde enerji etkin bina tasarımımda do ramalar içerisinde ahşap do rama (i ne yapraklı yumuşak ağaçlar), camlar içerisinde low-e kaplamalı camlar ve camlar arası boşluğun maksimum değerde olması tercih edilmelidir. Optimum

pencere, cam seçeneklerinin farklı iklim bölgelerinde binaların minimum enerji tüketimini sağlayabilmek amacıyla birçok çalışma yürütülmektedir

Göksal Özbalta ve Yıldız (2019) gerçekleştirdikleri çalışmada; İzmir’de bulunan bir üniversite binasında yer alan ofiste uygulanan çift kabuk cephe sisteminin cam tipine bağlı olarak soğutma yükü üzerindeki etkisi deneysel olarak ve simülasyon modeli ile araştırılmıştır. Çalışmada sıcak-nemli iklime sahip İzmir İlinde bulunan üniversite binasının güney cephesinde farklı katlarda yer alan 2 ofis mekanı deneysel çalışma alanı olarak belirlenmiştir. 1/1 ölçek çift kabuk cephe uygulanan 2. katta yer alan ofis ve aynı cephede 1. katta yer alan mevcut referans mekandan sıcaklık ve nem değerlerine ilişkin ölçümler veri kaydeciler aracılığı ile toplanmıştır. Çift kabuk cephenin enerji performansı, farklı U-değeri ve güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC) değerine sahip 6 farklı cam seçeneği için DesignBuilder aracılığı ile hesaplanmıştır. Mevcut durumda, çift kabuk cephe uygulanmış ofiste soğutma yükünün tek kabuk cephe kuruluşuna sahip ofise göre %20 oranında daha fazla olduğu görülmüştür. Çift kabuk cephede, dış cam tipinin farklı özelliklere sahip camlar ile değiştirilmesi durumunda elde edilen soğutma yükü tasarrufunun %7,1 ile %30,4 arasında değiştiği görülmüştür.

Kon ve Bulgurcu (2015) yaptıkları çalışmada; TS 825’e göre 2. Bölgede bulunan Balıkesir ilindeki tek katlı üstü çatılı bir konut için; farklı cam(tek cam, kaplamalı cam, low-e kaplamalı, konfor cam), doğrama(Alüminyum, PVC) seçenekleriyle pencerelere bağlı ısıtma(doğalgaz) ve soğutma(elektrik) enerji gereksinimi derece-gün metodu göre incelenmiştir. Ayrıca pencerelerde panjur, perde, jaluzi kullanılmasıyla ısıtma ve soğutma enerji ihtiyacı ile yakıt tüketimi değişimi incelenmiştir. Son olarak, ısıtma ve soğutma döneminde en düşük ısı geçirgenlik katsayılı pencere ile en yüksek ısı geçirgenlik katsayılı pencere için yıllık enerji ve yakıt tasarrufu hesaplanmıştır.

Koyun ve Koç (2017) gerçekleştirdikleri çalışmada; Antalya’da bulunan ayırık nizam konutta farklı cam türleri için farklı yönlerdeki pencere/duvar alan oranı değişiminin ısı kaybına olan etkisi hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, binalarda pencere/duvar alanı oranı %30 ila %40 arasında olduğunda enerji tüketimi üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Farklı yönlerdeki pencere/duvar alanı oranının %30’dan %40’a artırılması durumunda bütün binanın toplam ısı kaybı değerinin arttığı görülmüştür. Bu artışı minimize etmek için tek cam yerine çift cam ve kaplamalı reflekte cam kullanılarak ısı kaybı hesapları tekrarlanmıştır. Sonuçlar içinde uygulanabilirlik ve ekonomik durum açısından optimum değerin bulunması amaçlanmıştır. Elde edilen hesaplamalara göre en uygun değeri %30 pencere/dış duvar oranı, gaz beton tuğla duvar, plastik çerçeve ve kaplamalı 4-12-4 mm cam tipi kombinasyonunun sağladığı görülmüştür.

Pul vd. (2016) çalışmalarında; Türkiye’nin yedi bölgesinde farklı dış hava sıcaklığına sahip her il(Afyon, Antalya, Bursa, Gaziantep, Kars, Konya, Ordu) için iki cam plaka arasına hapsedilen hava tabakası 1 mm’den başlayıp 300mm’ye kadar arttırarak hava tabakasının penceredeki yalıtıma etkileri analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre pencerelerde her il için optimum hava tabakası kalınlığı yaklaşımları getirilmiştir. Yedi il için optimum hava tabakası kalınlıkları; Afyon 11,5 mm, Antalya 13,5 mm, Bursa 12,1 mm, Gaziantep 11,8 mm, Kars 10,2 mm, Konya 12,3 mm, Ordu 10,9 mm olarak hesaplanmıştır.

Kon, (2016b) tarafından yapılan çalışmada; farklı derece-günler için optimum hava tabakası kalınlığına sahip çift camlı pencerelerin tek camlı pencerelere göre yakıt tüketimi, CO₂ ve SO₂ emisyonu azalımı incelenmiştir. Yakıt olarak kömür, doğal gaz ve fuel-oil kullanılmıştır. Hesaplamalarda ömür maliyet analizi ve derece-gün metodu ile gerçekleştirilmiştir. Çift camlı pencere için optimum hava tabakası kalınlığı kömür kullanıldığında 14,1-17,8mm, doğal gaz kullanıldığında 13,9-17,8mm, fuel-oil kullanıldığında ise 16,3-18,2mm arasında değiştiği görülmüştür. Hesaplanan hava tabakalarına bağlı yakıt tüketimindeki azalım ise kömür kullanıldığında 16.634-102.065 kg/m², doğal gaz kullanıldığında, 9.841-60.296 m³/m², fuel-oil kullanıldığında 9.902-59.604 kg/m² arasında değiştiği; tüketilen yakıt miktarlarına bağlı olarak CO₂ emisyonu azalımı kömür kullanıldığında, 51.865-318.238 kg/m², doğal gaz kullanıldığında 19.797-121.298 kg/m², fuel-oil kullanıldığında 31.895-191.985 kg/m² arasında değiştiği; SO₂ emisyonu azalımı ise kömür kullanıldığında 0.107-0.653 kg/m² ve fuel-oil kullanıldığında ise 0.166-0.995 kg/m² arasında değiştiği hesaplanmıştır.

- **Malzemeler:**

Güneş ışıını etkileriyle kazanılan ve yitirilen ısı miktarları bina kabuğunun optik ve termofiziksel özelliklerine bağlıdır. Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özelliklerine göre binanın ısıtması ve iklimlendirmesi için harcanacak enerji miktarı belirlenmektedir (Özdemir 2005). Bina kabuğunun optik özelliği, güneş ışıınına ilişkin yutuculuk(a), yansıtıcılık (r), geçirgenlik (τ) değerlerine bağlı iken termofiziksel özellik ise toplam ısı geçirme katsayısı (U), saydamlık oranı (SO), zaman geciktirme ve genlik küçültme faktörüne bağlıdır (Serbest 2014).

Binanın dış yüzeyindeki güneş ışıını, bileşenin yutuculuk, yansıtıcılık ve geçirgenlik özelliklerine bağlı olarak güneş ısı kazancına dönüşür. Kabuğun güneş ışıınına ilişkin yutuculuk(a), yansıtıcılık (r) ve geçirgenlik (τ) gibi optik özellikleri arasındaki bağıntılar, opak bina yüzeyleri için Denklem (2.1)'de ve Denklem (2.2)'de gösterilmiştir. Denklem (2.1)'de a₀, opak bileşenin yutuculuk katsayısını, r₀ ise opak bileşenin yansıtıcılık katsayısını belirtmektedir. Denklem (2.2)'de; a_c, saydam bileşenin yutuculuk katsayısını, r_c, saydam bileşenin yansıtıcılık katsayısını, τ_c ise saydam bileşenin geçirgenlik katsayısını göstermektedir.

$$a_0 + r_0 = 1 \quad (2.1)$$

$$a_c + r_c + \tau_c = 1 \quad (2.2)$$

Toplam ısı geçirme katsayısı(U), bina kabuğunun opak ve saydam bileşenlerine ait bir termofiziksel özellik olup “farklı iki çevreyi ayıran bir bina bileşeninin iki tarafında etkili olan hava sıcaklıkları arasındaki fark 1°C iken, 1m² alandan bu alana dik doğrultuda 1 saatte geçen toplam ısı miktarı” olarak tanımlanmaktadır. Saydamlık oranı (SO) ise, saydam ve opak bileşenlerden oluşmuş bina elemanlarının saydam bileşen alanının bina elemanı alanına oranı olarak ifade edilmektedir. Bina kabuğunda birim alanda yitirilen ve kazanılan ısı miktarları iç yüzeyin ve iç hava sıcaklığının termofiziksel özelliklerine bağlı olarak değişim göstermektedir (Koca 2006). Opak bileşenler için toplam ısı geçirme katsayısı Denklem (2.3) yardımıyla hesaplanır (Erdim 2010). Denklem (2.3)'de; U₀, opak bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı(W/m²K); α_i, α_d, iç ve dış yüzeysel ısı iletkenlik

katsayıları(W/m²K); d₁, d₂...d_n, opak bileşeni oluşturan malzemelerin kalınlıkları(m); λ₁, λ₂...λ_n, opak bileşeni oluşturan malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları(W/mK) ifade etmektedir. TS-825 Binalarda ısı yalıtım yönetmeliğine göre yapı kabuğunda maksimum alınması tavsiye edilen U değerleri Çizelge 2.3'te gösterilmiştir.

$$U_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad (2.3)$$

Çizelge 2.3. TS-825 (2013); Binalarda ısı yalıtım yönetmeliğine göre maksimum alınması tavsiye edilen U değerleri

Bölgeler	U _{duvar} (W/m ² K)	U _{tavan} (W/m ² K)	U _{taban} (W/m ² K)	U _{pencere} (W/m ² K)
1. Bölge	0,66	0,43	0,66	1,8
2. Bölge	0,57	0,38	0,57	1,8
3. Bölge	0,48	0,28	0,43	1,8
4. Bölge	0,38	0,23	0,38	1,8
5. Bölge	0,36	0,21	0,36	1,8

Binalarda enerji gereksinimi miktarlarını azaltmak için yer seçimi, binaların diğer binalara göre konumu, yönlendiriliş durumları, bina formu, bina kabuğu, güneş kontrol sistemleri, doğal havalandırma tasarımı gibi enerji etkin pasif tasarım parametreleri yukarıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Çalışma kapsamında aktif sistemlerden hava kaynaklı ısı pompası ve fotovoltaiik sistemler açıklanmıştır.

2.4.1.2. Yerleşme birimlerinde aktif sistemler ile enerji kullanımı

Enerji etkin tasarım parametresinin bir girdisi olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için bir diğer yöntem yapı kabuğuna aktif sistemlerin entegrasyonudur. Bu kapsamda iç mekanda gerekli olan konfor şartlarının sağlanmasında gerekli olan ısıtma, soğutma, aydınlatma enerjisinin tüketilebilir, pahalı kaynaklardan sağlanması engellenerek yenilenebilir enerji kaynaklarının yapılara adaptasyonu gerçekleştirilmektedir. Bu amaca yönelik geliştirilen aktif sistemler; güneş ve rüzgar enerjisini iç mekanlarda kullanılabilir kılan mekanik ve elektronik sistemler bütünü olarak tanımlanabilmektedir (Ulusoy Şentürk ve Altın 2014).

- **HVAC Sistemler**

HVAC sistemler; binanın ısıtma, soğutma, havalandırma, nem alma veya kurutma ihtiyaçlarının tümünü veya birkaçını sağlayan teknolojik ekipmanların oluşturduğu sistemleri ifade etmektedir (Yüksel 2019).

- **Elektrik Sistemleri**

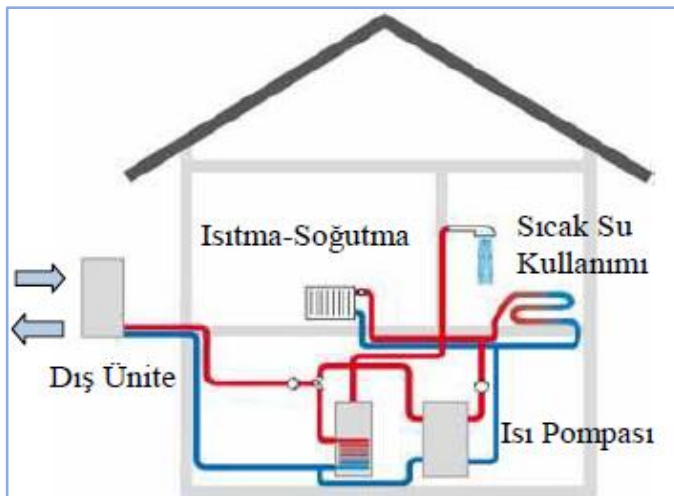
Yapıların enerji tüketimleri incelendiğinde, elektriğin büyük oranda mekanik sistemler kapsamında yer alan elektrikli ekipmanlar tarafından tüketildiği görülmektedir. Elektrik sistemleri içerisinde yer alan gün ışığı, hareket ve varlık sensörleri ile otomatik zaman kontrolü enerji tüketiminde tasarruf sağlamaktadır. ASHRAE 90.1-2010

standardına göre, aydınlatma sisteminde programlanmış zaman kontrolünün kullanılması durumunda %10; varlık sensörünün kullanılması durumunda ise %15 aydınlatma için tüketilen elektrik enerjisinden tasarruf elde edilmektedir. Aydınlatma için tüketilecek enerjinin etkin kullanımında temel referans noktası ışık kaynaklarının seçimidir. Işık kaynaklarının; fotometrik değerleri bilinen, ışığı istenilen şekilde yayan ve içindeki elemanları dış etkilere koruyan kaliteli aydınlatma aygıtları içine yerleştirilmesi ve bu aygıtların yapılan tasarım hesaplarına uygun olarak konumlandırılmaları gerekmektedir. Binalarda amaca uygun, kaliteli ve gerekli aydınlık düzeyini aşmadan iyi görme koşullarını sağlayan bir aydınlatma ile enerji tasarrufu ve enerjinin etkin kullanımı sağlanabilmektedir (Yüksel 2019).

Hava kaynaklı ısı pompası sistemi

Isı pompaları toprak, hava ve yeraltı suyu gibi çevre enerjisi kaynakları kullanıldığından, binaların ihtiyaç duyduğu ek yapma sistemlere ait yüklerin ısı pompaları tarafından karşılanmalarının enerji korunumlu bina tasarımı açısından daha etkin olmaktadır. Isı pompaları çevre enerjisi kaynağına, bulunduğu bölgenin iklimsel koşullarına ve uygulanan binanın formuna bağlı olarak farklı performans gösterirler (Erdim 2010). Hava kaynaklı ısı pompaları yapının bulunduğu çevredeki havayı kullanarak soğutma veya ısıtma yapan sistemlerdir (Fazlıç 2018). Isı pompaları, havadan aldıkları enerjiyi suya aktardıklarında döşemeden veya radyatörle ısıtma, havaya aktardıklarında ise fan-coillerle soğutma yapmaktadırlar.

Hava kaynaklı ısı pompası dış ünitesiyle birlikte ısıtmada, havadan düşük sıcaklıktaki ısıyı alarak sıcaklığını artırır ve soğutucu akışkan vasıtasıyla hava kaynaklı ısı pompası iç ünitesine aktarır. İç ünite, ısıtmada soğutucu akışkandaki enerjiyi, döşemede ısıtma sistemine, radyatörlere ve sıcak kullanım suyu boylere; soğutmada ise fan-coillere aktarılır (Şekil 2.50.). Hava kaynaklı ısı pompalarının, ısı kaynağına kullanım kolaylığı, düşük maliyet, kolay kurulum ve daha az bakım ihtiyacı gibi avantajları olmasına karşılık, ısı kaynağı olan havanın kararlı bir sıcaklığa sahip olmamasından dolayı etkinlik katsayıları diğer ısı pompalarına göre daha düşüktür (Erdim 2010).



Şekil 2.50. Hava kaynaklı ısı pompası (Erdim 2010)

Fotovoltaik sistemler

Güneş enerjisi günümüzde konutlarda; ısıtmada, soğutmada ve sıcak suyun sağlanmasında; endüstride proses ısısının üretiminde; tarımda sulamada, kurutmada ve pişirmede kullanılan temiz enerji kaynaklarından biridir (Acaroğlu 2013). Güneş enerjisinin en ekonomik ve en yaygın kullanım türü sıcak su ısıtma sistemleridir. Sadece iki adet kaliteli düzlemsel güneş kolektörüne sahip bir güneş enerji sisteminin ürettiği sıcak su ile bir yılda yaklaşık olarak 3000 kg odunun, 765 kg fuel-oilun, 1088 kWh elektrik enerjisinin, 720 kg LPG'nin, 960 m³ doğalgazın, 2200 kg yerli-Soma kömürünün ve 1480 kg ithal taş kömürünün kullanılmasının ve bunlardan ortaya çıkacak 1600-1800 m³ CO₂ gazının önüne geçilmiş olacaktır. Ayrıca; konutlarda kullanılan enerjinin tahminen %3 ila %5'i ve sanayide kullanılan enerjinin %3 ila %4'ü sıcak su ihtiyacı için harcanmaktadır. 2017 yılında Türkiye enerji ihtiyacını karşılamak için enerji hammadde ithaline karşılık yurt dışına 36,8 milyar dolar ödemiştir. Bu tutar içerisinde sıcak su için harcanan enerji kaynaklarının parasal değeri yılda toplam 2,2 ila 3,2 milyar dolar arasında değiştiği söylenebilir (Yiğit ve Atmaca 2018). Binalarda güneş kolektörü kullanımının yaygınlaşmasıyla sıcak su elde etmek için enerjiye ödenen yılda ortalama 2,7 milyar doların ülkemizde kalabilecektir.

PV (fotovoltaik) paneller, binaların ısıtma, soğutma ve aydınlatma amaçlı elektrik gereksinimini karşılamak amacıyla güneşten elektrik enerjisi üreten sistemlerdir. Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmede kullanılan bu paneller, kullanım süresince sera gazlarına sebep olmaması nedeniyle enerji etkin bina tasarımı konusunda en önemli yenilenebilir enerji teknolojilerinden biridir. İlk yatırım maliyetlerinin yüksek olması ve gerekli bilgilendirme çalışmalarının eksikliği nedeniyle ülkemizde yaygınlaşmamıştır (Kılıç Demircan ve Gültekin 2015; Kılıç Demircan ve Gültekin 2017). Güneş enerjisi, Türkiye'deki toplam elektriğin yüzde 3,28'ini oluşturmaktadır. Türkiye Elektrik İletim Kurumu 2018 verilerine göre, PV panellerin ürettiği toplam enerji 4.726 MW'tır (Kazaz and Adıguzel Istitil 2019). Ülkemiz bulunduğu konum nedeniyle güneş zengini olmasına rağmen güneşten elektrik üretimi istenilen seviyede yer almamaktadır.

Yapı kabuğunun doğrudan güneş ışınlarına maruz kalması nedeniyle verim açısından PV panellerin bina kabuğunda yer alabilmesi avantajlı yapı için avantajlı bir durum oluşturmaktadır. PV paneller yapı cephesinde gölgeleme elemanı, yağmur perdesi, giydirme cephe sistemleri olarak tasarlanabilmektedir. PV paneller yapı kabuğu olarak cephede kullanımının yanı sıra uygun eğim açısının daha kolay verilmesi nedeniyle verimlilikleri daha yüksek olan çatıda da yer alabilmektedir. PV panellerin çatı uygulamaları monte ve entegre PV sistemler olarak iki farklı şekilde uygulanmaktadır. Binaya monte PV sistemler çatı kaplamasının üzerine uygulanmaktadır. Kaplama ve panel arasında boşluk bırakıldığı takdirde paneller havalandırıldığı için enerji verimlilikleri artmaktadır. Bina entegre PV sistemler ise, çatı strüktürünün yerini alarak kabuğun kendisini oluşturmaktadır (Ulusoy Şentürk ve Altın 2014). Sıcak iklim bölgelerinde yaygın olarak tasarlanan teras çatılar PV panellerin optimum monte koşulunu sağlamaktadır (Şekil 2.51.).



Şekil 2.51. PV panel çatı uygulamaları; **a)** teras çatı PV sistemler, **b)** entegre PV sistemler, **c)** monte PV sistemler (Anonim 3)

3.METERYAL VE METOT

Tez çalışmasında örneklem olarak Antalya ili Kepez İlçesi, Gülveren Mahallesi'nde gerçekleştirilen ada bazlı kentsel dönüşüm projesi, enerjinin etkin kullanılmasına yönelik uygulamaların ve bu uygulamalar sonucunda ortaya çıkacak maliyetin incelenmesi amacıyla seçilmiştir. Kentsel dönüşüm projelerinde enerjinin etkin kullanılmasına yönelik tasarımların simülasyon programları yardımıyla uygulanmasıyla kullanıcıların enerji ihtiyacının ne derece azaltılabileceği irdelenmiştir.

Çalışma kapsamında; Kepez Belediyesi öncülüğünde gerçekleştirilen projenin kentsel dönüşüm projesi olması, proje uygulama alanının TS 825'e göre 1. Derece Gün Bölgesinde yer alması, ada bazlı kentsel dönüşüm modeline sahip olması ve I. Etabın 6 bloklu konut projesi olması nedeniyle tercih edilmiştir. Tez çalışmasında; binaların diğer binalara göre konumu, yönlendiriliş durumu, kat sayısı, cephe uzunlukları gibi kriterler ile adadaki diğer binalar için genel bilgi vereceği düşünülen B Blok, D Blok ve F Blok baz alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Çalışmada kullanılan ihtiyaç duyulan mimari, statik, mekanik, elektrik projeleri ve gerekli olan diğer tüm bilgi, belge Kepez Belediyesi Kentsel Tasarım Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.

Tez çalışması kapsamında kentsel dönüşüm projesinde yer alan B Blok, D Blok ve F Blok için mevcut yapılarına göre modellenerek oluşturulan "Baz Bina Modelleri"ne enerjide etkin tasarım kriterleri kapsamında iyileştirme ve uygulama senaryoları yansıtılarak "Tasarım Bina Modelleri" oluşturulmuştur. Baz Bina Modelleri ile Tasarım Bina Modelleri arasında enerji tüketim ve malzeme maliyet karşılaştırması yapılarak Antalya için optimum enerji verimli yapı kriterleri oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda;

- Bina kabuğunda ısı yalıtımının iyileştirilmesi
- Bina kabuğunda kullanılan camların iyileştirilmesi
- Güneş kırıcı sistem tasarımı ve uygulaması
- Aydınlatma sisteminin iyileştirilmesi
- Fotovoltaik panel tasarımı ve uygulaması
- Hava kaynaklı ısı pompası uygulaması
- Optimum yönelim uygulaması

gerçekleştirilmiştir. Enerjinin etkin kullanılmasına yönelik yapılan iyileştirmeler ve uygulamalar sonrasında elde edilen veriler, tablolar ve grafikler halinde sunulmuştur.

Çalışmada öncelikle B Blok, D Blok ve F Blok için ayrı ayrı enerji tüketim ve maliyet verilerine göre Baz Bina Modelleri oluşturulmuştur. Baz Bina ve Tasarım Bina modellerinde kullanılan her bir malzeme için T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 2021 yılı birim fiyat listesine ve piyasa araştırmasına göre maliyet hesabı yapılmıştır. Analizler dinamik termal simülasyon programı olan meteorolojik veri tabanı ve 3 boyutlu modelleme olanağına sahip DesignBuilder ve EnergyPlus dinamik simülasyon araçları kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında her bir iyileştirme ve uygulamada ısıtma enerjisi olarak doğalgazın yanı sıra elektrik enerjisi de kullanılmasıdır.

Tez çalışmasında, referans alınan her bir blok için ısıtmada kullanılan enerji türüne göre 2 adet Baz Bina modeli oluşturulmuştur. Isıtma enerjisi olarak doğalgaz kullanıldığı durumda “Baz Bina-1”, elektrik kullanıldığı durumda ise “Baz Bina-2” modelleri oluşturulmuştur. Baz Binalarda yapılan enerji etkin iyileştirme ve uygulama senaryoları sonucunda Tasarım Binalar oluşturulmuştur. Baz Bina-1 modeline uygulanan her bir iyileştirme senaryosu sonucunda elde edilen tasarım binaların enerji tüketim değerleri Baz Bina-1 ile karşılaştırılarak en iyi senaryolar elde edilmiştir. En iyi senaryolar toplanarak tekrar Baz Bina-1 modeline uygulanmasıyla “Optimum Tasarım Bina-1” modeli oluşturulmuştur. Optimum Tasarım Bina-1 modelinden, elde edilen enerji tasarrufunun çok düşük oranda kalması ve oluşturduğu maliyet artışının oldukça yüksek olması nedeniyle, hava kaynaklı ısı pompası çıkartılarak “Optimum Tasarım Bina-1” modeli oluşturulmuştur. Bu durum benzer şekilde Baz Bina-2 modelinde de gerçekleştirilerek “Optimum Tasarım Bina-2” ve “Optimum Tasarım Bina-2” modelleri elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında referans alınan her bir blok için oluşturulan dört farklı Tasarım Bina Modeli, enerji etkin bina maliyetlerinin bina kullanıcıları ve yatırımcılar açısından değerlendirilmesinde alternatif olması amacıyla oluşturulmuştur. Binada ısıtma enerjisi olarak doğalgazın kullanıldığı durumda, yıllık enerji masrafının minimum olmasını amaç edinen ve bu kapsamda ilk yatırım maliyetinin yüksek olmasını tolere edebilen bina kullanıcıları veya yatırımcılar için Optimum Tasarım Bina-1 modeli uygun görülebilecekken, ilk yatırım maliyet artışının yüksek olmasından ziyade yıllık enerji masrafındaki artışın kabul edilebilecek seviyede olduğunu düşünen bina kullanıcıları veya yatırımcılar için ise Optimum Tasarım Bina-1' modeli uygun olacağı düşünülmektedir. Eğer binada ısıtma enerjisi olarak elektrik kullanılması durumunda ise bina kullanıcıları veya yatırımcılar için en iyi tercihin Tasarım Bina-2' olduğu söylenebilir.

3.1. Enerji Etkin Bina Tasarımında Gerçekleştirilen Uygulamalar ve Analizler

Tez çalışması kapsamında oluşturulan Baz Bina ve Tasarım Bina modellerinde maliyet ve enerji analizleri gerçekleştirilen iyileştirmeler, uygulamalar hakkında detaylar aşağıda verilmiştir.

3.1.1. Bina kabuğu ısı yalıtım uygulaması

Tez çalışmasında; Baz Binalarda bina kabuğunda kullanılan yalıtım malzemeleri analiz edilerek yapılan iyileştirmeler sonrasında enerji verimliliği hesaplanmıştır. İmar planları, arsa konumu, komşu parsellerle olan durumlar, çekme mesafesi, kullanıcı talebi vb. dikkate alındığı takdirde tasarımcının en çok müdahil olabileceği enerji etkin bina kriterlerinden bina kabuğu tasarımıdır. Bu kapsamda tez çalışmasında bina kabuğu ısı yalıtım uygulaması diğer uygulamalara göre etkin bir biçimde Antalya özelinde irdelenmiştir. Çalışmada, TS 825'e göre 1. Bölgede yer alan Antalya ili için, inşaat sektöründe yaygın olarak uygulanan üç farklı duvar tipi (tuğla, bims blok, gazbeton), dört farklı yakıt (doğalgaz, kömür, fuel-oil ve elektrik) ve dört farklı yalıtım (xps, eps, camyünü, taşıyünü) malzemesi kullanılarak ısıtma enerjisi gereksinimi için optimum yalıtım kalınlığı, soğutma enerjisi gereksinimi için optimum yalıtım kalınlığı ve hem ısıtma hem de soğutma enerjisi gereksinimi için optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır.

Hesaplamalar ömür maliyet analizine göre güncel ısıtma ve soğutma derece gün değerleri kullanılarak optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu, geri ödeme süresi ve çevresel analizler statik yöntemle hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler Baz Binalarda mevcut yalıtımın yerine kullanılarak Tasarım Binalar oluşturulmuştur. Isı yalıtım maliyet bilgileri T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2021 birim fiyat listesinden temin edilmiştir.

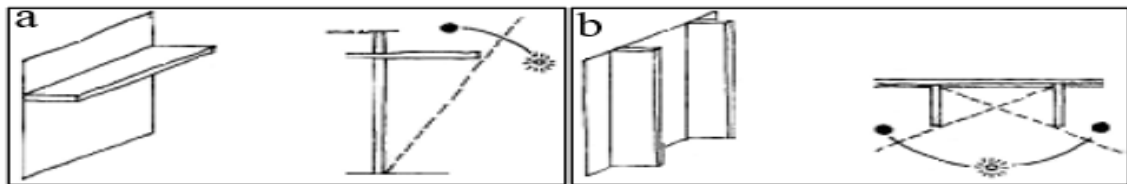
3.1.2. Bina kabuğunda kullanılan camların iyileştirilmesi

Tez çalışmasında; saydam yüzeylerde kullanılan mevcut camlara göre enerjide etkin camlar kullanılarak binanın enerji performansındaki değişim gözlemlenmiştir. Mevcut bina modelleri ve tasarım bina modelleri arasında enerji maliyet, emisyon ve tasarruf oranları Design Builder simülasyon programı ile saatlik hesaplamalar sonucunda elde edilmiştir. Farklı ısıcam serisi(K, K3+), farklı cam kombinasyonu(4mm+12+4mm, 4mm+16+4mm, 4mm+12+4mm+12+4mm, 4mm+16+4mm+16+4mm) ve camlar arası farklı dolgu gazı (hava, argon) kullanılarak her bir baz bina modeli için toplam 8 adet senaryo uygulanarak tasarım bina modelleri oluşturulmuştur. Baz binalarda ve optimum tasarım bina modellerinde kullanılan camların maliyet bilgisi piyasa araştırmasıyla elde edilerek yatırım maliyetleri karşılaştırılmıştır.

3.1.3. Güneş kırıcı sistem tasarımı ve uygulaması

Mevcut baz binalar incelendiğinde, saydam dış kabukta panjur sistemi tasarlandığı görülmüştür. Panjur sistemlerde güneş etkisi kontrolünün kullanıcı tercihi bırakılmış olması nedeniyle dış mekan görsel konforun ve bina içi aydınlatmanın sağlanamaması nedeniyle güneş enerjisinden optimum seviyede yararlanılamamaktadır. Bu kapsamda, enerjide verimliliğin ve görsel konforun daha etkin olduğu yatay ve düşey güneş kırıcılar Baz Bina Modellerine uygulanarak Tasarım Bina Modelleri oluşturulmuştur. Baz Bina Modellerinde herhangi bir gölgeleme sisteminin bulunmadığı kabulüne dayanarak yatay ve düşey güneş kırıcı sistemlerinin entegre edildiği Tasarım Bina modellerinde enerji tüketim değerleri Design Builder simülasyon programı ile saatlik elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında, ASHRAE tarafından iklim bölgelerine göre önerilen, güney cephelerde yatay, doğu ve batı cephelerde ise dikey güneş kırıcı sistemleri baz bina modellerine uygulanarak oluşturulan tasarım binalarda enerji tüketim ve güneş kırıcı sistemlerinin yatırım maliyeti hesaplanmıştır (Şekil 3.1). Güneş kırıcı sistemlerinin maliyet hesabı piyasa araştırması yapılarak elde edilen alüminyum güneş kırıcı ürün fiyatı üzerinden hesaplanmıştır.



Şekil 3.1. Tasarım binalarda uygulanan güneş kırıcılar; **a)** yatay güneş kırıcı plan ve kesiti, **b)** düşey güneş kırıcı plan ve kesiti

3.1.4. Aydınlatma sisteminin iyileştirilmesi

Çalışmanın bu bölümünde baz bina modellerinde aydınlatma armatürleri sabit kalacak şekilde sadece ampuller değiştirilerek tasarım bina modelleri oluşturulmuştur. Baz binalarda 12W ve 20W tasarruf ampuller(Kompakt floresan ampul) yerine yaklaşık eşdeğer ışık şiddetine(lümen) ve daha çok enerji verimliliğine sahip olan 9W ve 14W Led (Lighting Emited Diodes) ampuller kullanılarak tasarım bina modelleri oluşturulmuştur (Çizelge 3.8),(Şekil 3.21.). Baz bina modelleri ve tasarım bina modelleri arasındaki enerji tüketimi, maliyet artışı, emisyon azalımı Design Builder simülasyon programı ile saatlik hesaplamalar sonucunda elde edilmiştir. Tasarruf ve Led ampullerin maliyet bilgileri piyasada yer alan firmalardan temin edilmiştir.

Çizelge 3.1. Ampullerin ışık miktarına ve enerji kullanımına göre karşılaştırması (Anonim 32)

Akkor Ampul (watt)	Tasarruflu Ampul (watt)	LED Ampul (watt)	Işık Miktarı (lm)
40	8-12	6-9	400-500
60	13-18	8-12.5	650-900
75-100	18-22	13+	1100-1750
100	23-30	16-20	1800+
150	30-55	25-28	2780



Ampul Tipi	Akkor Ampul	Tasarruflu Ampul	LED Ampul
Enerji Tüketimi (watt)	60	13	9
Işık Miktarı (lm)	710	825	806
Kullanım Ömrü (saat)	1.000	10.000	25.000
Tasarruf Oranı ¹	x	%65-%70	%87-%93

¹ Akkor ampule göre

Şekil 3.2. Ampullerin kullanım ömrüne ve tasarruf oranına göre karşılaştırması (Anonim 32)

3.1.5. Fotovoltaik panel tasarımı ve uygulaması

Çalışma kapsamında ele alınan baz binalarda güneş enerjisinden elektrik üretimi sağlamak amacıyla fotovoltaik panel (PV Panel) sistemi bulunmamaktadır. Gerçekleştirilen tez çalışmasında baz binalarda fotovoltaik panel tasarımı yapılarak güneş enerjisinden elektrik üretimi elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Solar PV sistemleri tasarlamak amacıyla cw-enerji firmasının sunmuş olduğu PV simülasyon yazılımına sahip program yardımıyla baz binaların PV elektrik üretim raporu elde edilmiştir. PV sistem maliyeti piyasada yer alan firmalardan temin edilmiştir. Her bir blok için maliyet analizi yapılarak tablolar halinde sunulmuştur.

3.1.6. Hava kaynaklı ısı pompası uygulaması

Çalışma kapsamında, baz binalarda ısıtma ihtiyacı kazan+radyatör ile sağlanmaktadır. Baz bina modellerinde ısıtma sisteminde hava kaynaklı ısı pompası olması durumunda ısı pompasının enerji performansına olan etkisi incelenmiştir. Mevcut bina modelleri ve tasarım bina modelleri arasındaki enerji maliyet, emisyon ve tasarruf oranları analiz edilmiştir. Isı pompasının maliyet hesaplamalarında ÇŞB'nin 2021 yılı birim fiyat listesi esas alınmıştır.

3.1.7. Optimum yönelim

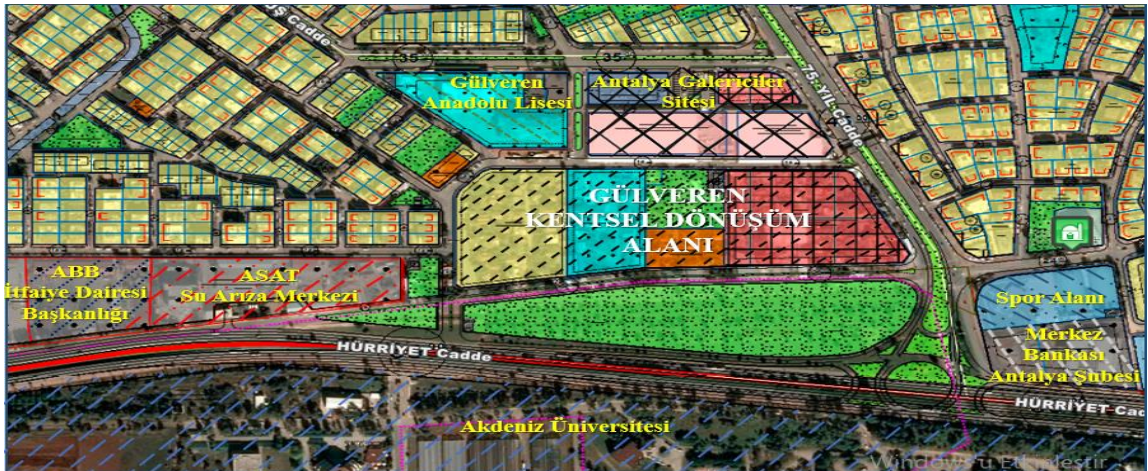
İmar adasında yer alan binaların günün belirli saatlerinde oluşturduğu gölge; binaların konumuna, binalar arası mesafeye, binaların yüksekliğine, binanın jeodezik konumuna, günün saatine, o saatteki güneş denklinasyon açısına, güneş azimut açısına ve güneş zenit açısına bağlıdır. Günümüzde iskan alanlarında yapılacak binalar için ayrık nizam veya birleşik nizam uygulanmaktadır. Bir binanın gölge etkisi dikkate alınarak tasarım yapılabilmesi amacıyla hazırlanmış özel yazılımlar mevcuttur. Bu kapsamda bir binanın oluşturduğu gölgenin komşu binaları ne derece etkilediğini hesaplamak mümkündür (İnce ve Erdem 2020). Böylece güneş ışınımından faydalanmak veya kaçınmak amacıyla bina tasarımı kriterlerini doğru tespit etmek daha kolay olmaktadır. Sıcak nemli iklim bölgelerinde enerjide verimliliğin sağlanabilmesi amacıyla bina-güneş ilişkisi açısından en uygun yönelim aralığı 19° (güney-batı) ile 30° (güney-doğu) arasında, optimum yönelim ise güney doğu yönünde 3° olduğu yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmiştir. Tez çalışması kapsamında, baz binalar referans aralığında 5'er derece yönlendirilerek tasarım bina modelleri oluşturulmuştur. Mevcut bina modelleri ve tasarım bina modelleri arasında enerji maliyet, emisyon ve tasarruf oranları Design Builder simülasyon programı ile saatlik hesaplamalar sonucunda elde edilmiştir.

4.BULGULAR

Tez çalışmasında elde edilen bulgular doğrultusunda, Baz Binalar ile Tasarım Binalar incelenmiş olup yapılan enerji verimli iyileştirmeler öncesinde ve sonrasında binalarda tüketilen enerji miktarı, kullanılan malzemelerin maliyeti ve emisyon oranları karşılaştırılmıştır. Mevcut B Blok, D Blok ve F Blok modellenerek oluşturulan Baz Binalara, enerji verimli bina tasarım senaryolarının uygulanmasıyla Tasarım Binalar elde edilmiştir. Tasarım Binalarda her bir iyileştirme için optimum enerji verimli senaryolar tespit edilmiştir. Optimum enerji verimli senaryoların toplamının oluşturduğu optimum enerji verimli B Blok, D Blok ve F Blok Tasarım Binalar elde edilmiştir. Baz Binaların enerji performansını, Tasarım Binaların ise enerji verimliliğini hesaplayabilmek amacıyla dinamik ısısal simülasyon programı olan DesignBuilder kullanılmıştır. DesignBuilder simülasyon motoru olarak bütünleşik bir simülasyon programı olan EnergyPlus programından yararlanılmıştır. DesignBuilder ve EnergyPlus dinamik simülasyon programları kullanarak ısıl zonlama, bina kabuğu özellikleri tanımlanması ve mekanik ekipmanların modellenmesi ile yıllık toplam enerji tüketimi hesaplanarak enerji verimliliği değerleri tablolar ve grafikler halinde gösterilmiştir. Optimum enerji verimli uygulamaların oluşturduğu maliyetler T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 2021 Birim Fiyat kataloğunda bulunan malzemeler için katalogdaki birim fiyatlar esas alınmıştır. Katalogda yer almayan malzemeler için ise piyasa araştırması yapılarak fiyat bilgisi temin edilmiştir.

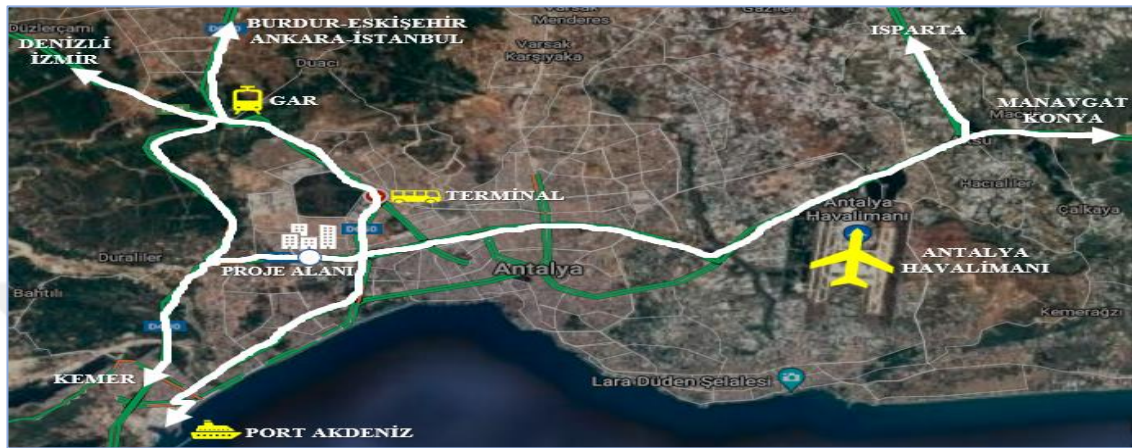
4.1. Proje Alan Analizi

Antalya İli, 2020 yılında 2.548.308 nüfus büyüklüğü ile İstanbul, Ankara, İzmir ve Bursa illerinden sonra 5. sırada yer almaktadır (Anonim 22). 20.177 km²'lik yüzölçümü ile Türkiye yüzölçümünün %2,6'lık kısmını oluşturmaktadır. Kentsel dönüşüm projesi; Konyaaltı ve Muratpaşa İlçesi'nin kuzeyinde yer alan Kepez İlçesi'nin, Gülveren Mahallesi sınırları içerisinde uygulanmaktadır. Proje alanının kuzeyinde Antalya Galerici Sitesi ve Gülveren Anadolu Lisesi, güneydoğu cephesinde Merkez Bankası Antalya Şubesi ile semt spor alanı, güneyinde Akdeniz Üniversitesi, doğusunda Antalya Su ve Atık Su İdaresi (ASAT) Genel Müdürlüğü Su Arıza Merkezi ile Antalya Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Dairesi Başkanlığı yer almaktadır (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Proje alanı yakın çevre analizi

Proje alanının en önemli ulaşım aksları; doğusunda yer alan Antalya-Burdur-Eskişehir-Ankara-İstanbul Karayolu, Tramvay Durağı (Son durak) ve batısında yer alan Batı Çevre Yolu'dur. Ayrıca proje alanının kuzeyinde yapılması planlanan Eskişehir-Antalya hızlı tren hattı ve bu hatta ait yük ve yolcu istasyonu bulunmaktadır (Şirin 2018). Ulaşım araçlarına olan uzaklığına bakıldığında ise; Antalya Otobüs Terminali'ne 5 km, en yakın hafif raylı sistem güzergahına 1,4 km ve Antalya Havalimanı'na 18,5 km uzaklıktadır (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Proje alanının ulaşım analizi

Kepez İlçe nüfusu 574.183 ile Antalya nüfusunun %22,5'ini oluşturmaktadır. (Anonim 24). Kepez ilçesi Türkiye'nin en kalabalık ilçe sıralamasında 19. sırada yer alırken, Antalya'nın en kalabalık merkez ilçesidir (Anonim 25). Kepez İlçesi 68 mahalleden oluşmakta olup, projenin gerçekleştiği Gülveren Mahallesi 4.646 nüfus ile Kepez'in %0,8'ini oluşturmaktadır (Anonim 26). Antalya'nın ortalama hane halkı büyüklüğü 3,1 iken proje alanının bulunduğu Kepez İlçesi'nin hane halkı büyüklüğü yaklaşık olarak 3,5'tir (Anonim 27). Gülveren Mahallesi'nde ise hane halkı büyüklüğü yaklaşık 2,5'tir.

Antalya Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü verilerine göre Antalya il sınırları içerisinde 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun kapsamında 31 Aralık 2018 tarihi itibarıyla 9.923 adet yapı riskli olarak ilan edilerek 9.329 adedinin yıkımı gerçekleştirilmiştir. Antalya kent merkezinde 8.512 adet yapı riskli ilan edilmiş olup riskli yapıları %83,1’lik kısmı Kepez ilçesinde bulunmaktadır (Bayraktar ve Bayraktar 2019). Mevcut yapılar itibarıyla “gecekondu bölgesi” olarak adlandırılan Kepez ilçesinde Sütçüler Mahallesi, Gazi Mahallesi ve Güneş Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projeleri ilk uygulanan dönüşüm projeleri olup Kepez-Santral Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi ve Gülveren Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi yapımı devam eden dönüşüm projeleridir (Eciş 2019).

Gülveren Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi; 65.911 m² alanda yaklaşık 160 adet gecekondü ve 137 hak sahibini kapsamaktadır(Şekil 4.3., 4.4., 4.5.). Gülveren Mahallesi, 6306 sayılı kanun kapsamında Bakanlar Kurulu’nun 12.12.2016 tarih ve 2016/9615 sayılı kararı ile riskli alan ilan edilmiştir. Bu karar 03.01.2017 tarih ve 29937 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (Kepez Belediyesi, 2020).



Şekil 4.3. Gülveren Mahallesi kentsel dönüşüm öncesi görüntüsü (1) (Anonim 28)



Şekil 4.4. Gülveren Mahallesi kentsel dönüşüm öncesi görüntüsü (2) (Anonim 29)



Şekil 4.5. Gülveren Mahallesi kentsel dönüşüm öncesi görüntüsü (3) (Anonim 29)

Kentsel Dönüşüm Projesi 16.01.2020 tarihinde kat/arsa karşılığı inşaat işleri, 2886 sayılı Devlet İhale Kanunu'nun 35/a maddesine göre kapalı teklif usulü ihale modeli ile açık artırma yöntemiyle gerçekleştirilerek 48 milyon 500 bin TL ile ihale edilmiştir. Gülveren Kentsel Dönüşüm Projesi kapsamında; 14.000 m² konut alanı, 17.147 m² ticaret alanı, 9.115 m² ilköğretim alanı, 3.500 m² kültürel tesis alanı, 6.342 m² park alanını bulunmaktadır (Şekil 4.6.). Projeye, 3 Şubat 2020 tarihinde başlanarak 14 Nisan 2021 tarihinde I. Etap kapsamında 37.647 m² toplam inşaat alanı içerisinde, hak sahiplerine ait 6 bloktan oluşan 317 konut tamamlanmıştır (Şekil 4.7.) (Anonim 30). Kentsel dönüşüm projesi devam etmektedir.



Şekil 4.6. Gülveren Kentsel Dönüşüm Proje alanı (1/1000 Uygulama İmar Planı)



Şekil 4.7. Antalya Gülveren Mahallesi I. etap kentsel dönüşüm sonrası görüntüsü

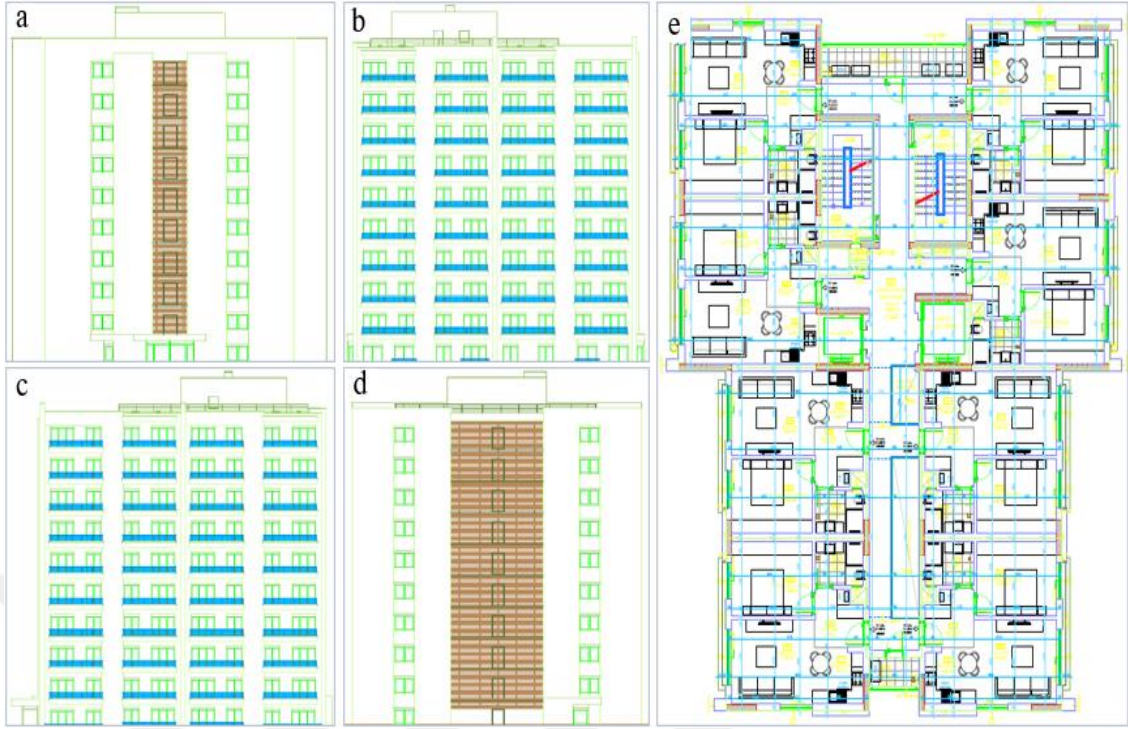
4.2. Gülveren Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi I. Etap Analizi

Gülveren Kentsel Dönüşüm Projesi I. Etap kapsamında 6 blok, 317 konut, toplam 37.647 m² inşaat alanından oluşmaktadır. A blok 10 kattan oluşmakta olup, 41 bağımsız bölüme sahiptir. +27.70m, +30.85m, +34.00m kotlarında üç adet ortak terası bulunmaktadır. Toplam 5086,4 m² net kullanım alanına sahiptir. B blok 10 kattan oluşmakta olup, 76 bağımsız bölüme sahiptir. Toplam 4743,7 m² net kullanım alanına sahiptir. C blok 8 kattan oluşmakta olup, 36 bağımsız bölüme sahiptir. Toplam 3271,0 m² net kullanım alanına sahiptir. D blok 11 kattan oluşmakta olup, 41 bağımsız bölüme sahiptir. +27.70m, +30.85m, +34.00m kotlarında üç adet ortak terası bulunmaktadır. Toplam 5102,4 m² net kullanım alanına sahiptir. E blok 9 kattan oluşmakta olup, 72 bağımsız bölüme sahiptir. Toplam 4901,8 m² net kullanım alanına sahiptir. F blok 9 kattan oluşmakta olup, 51 bağımsız bölüme sahiptir. +24.55m, +27.70m kotlarında iki adet ortak terası bulunmaktadır. Toplam 5201,3 m² net kullanım alanına sahiptir (Şekil 4.8.).

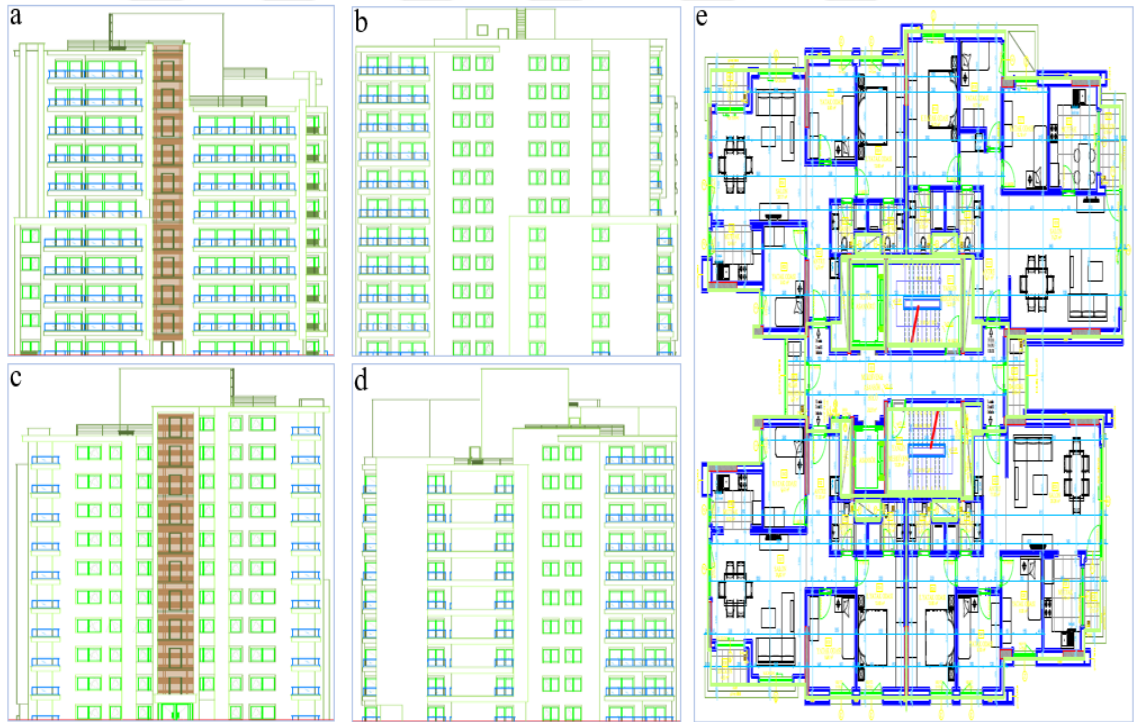
Çalışma kapsamında B Blok, D Blok ve F Blok baz alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Bu bloklar yönelim, konumlanma, net kullanım alanı, cephe alanı, saydam yüzey oranı, kullanıcı sayısı gibi faktörler dikkate alınarak adanın genelini değerlendirme imkanı sağlaması nedeniyle tercih edilmiştir (Şekil 4.9, 4.10, 4.11.).



Şekil 4.8. Gülveren Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi I. etap; a) vaziyet planı; b) kesitler



Şekil 4.9. Gülveren Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi I. etap B blok görünüşü; **a)** güney cephesi; **b)** batı cephesi; **c)** doğu cephesi; **d)** kuzey cephesi; **e)** normal kat planı



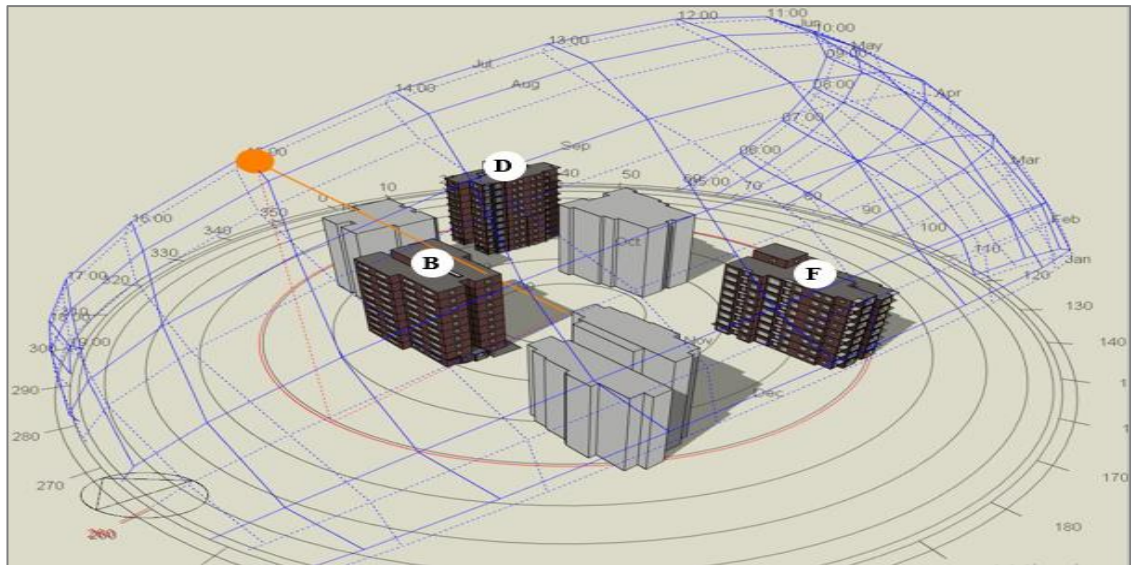
Şekil 4.10. Gülveren Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi I. etap D blok görünüşü; **a)** güney cephesi; **b)** batı cephesi; **c)** doğu cephesi; **d)** kuzey cephesi; **e)** normal kat planı



Şekil 4.11. Gülveren Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi I. etap F blok görünüşü; **a)** güney cephesi; **b)** batı cephesi; **c)** doğu cephesi; **d)** kuzey cephesi; **e)** normal kat planı

4.3. Baz Binaların Analizi

Tez çalışması kapsamında; Antalya ilinde gerçekleşen kentsel dönüşüm projeleri içerisinde ada bazlı Gülveren Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi seçilmiştir. Kentsel dönüşüm projesinde I. Etapta yer alan 6 bloklu konut projesinde adada yer alan tüm bloklar için genel bilgi vermesi amacıyla binaların konum, yönelim, kat sayısı, cephe uzunluğu, net kullanım alanı gibi tasarım kriterleri ışığında B Blok, D Blok ve F Blok “Baz Binalar” olarak seçilmiştir (Şekil 4.12.).



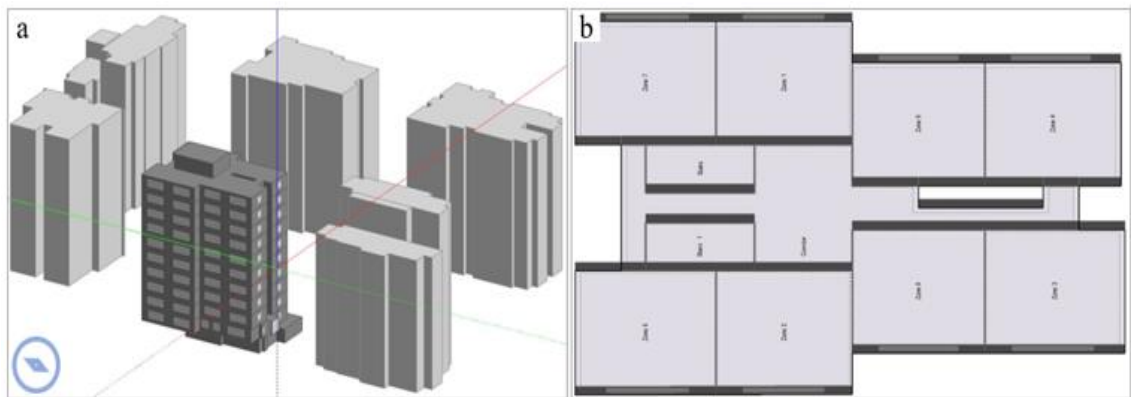
Şekil 4.12. Gülveren Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi ada bazında oluşturulan model görüntüsü

Tez çalışmasında, tasarım projeler dikkate alınarak mevcut binaların enerji tüketim davranışlarını temsil eden bir enerji modeli geliştirilmiştir. Mevcut binaların enerji modellerine enerji verimli senaryolar uygulanarak tasarım modelleri oluşturulmuştur. Mevcut bina modelleri referans alınarak tasarım bina modellerinin enerji performansı üzerindeki etkisinin incelenmiştir. Çalışmada, Baz Binaların yer aldığı Antalya ili için ısıtma ve soğutma yükü hesapları, ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) tarafından önerilen ASHRAE 90.1-2010 standartına göre ASHRAE İklim Zonu 3A Bölgesi¹, (Türkiye'nin 1. İklim Bölgesi) 1984-2008 yılları arası Antalya ili için ölçülmüş iklim verileri kullanılmıştır. Binalarda ısıtma kazan+radyatör ve split klima(7800W, COP:3.20), soğutma ise split klima(7100W, EER:3.00) ile yapılmaktadır. Hesaplamalarda iç hava sıcaklığı konfor değeri ısıtma dönemi için 22°C, soğutma dönemi için de 25°C olarak alınmıştır. Binalarda doğal havalandırma tasarlanmış olup hava değişim katsayı (ACH) 0,5(1/h) olarak alınmıştır. Baz Binalar ve Tasarım Binalar ASHRAE Standartı konut kullanım profiline göre modellenmiştir. Bu kapsamda binaların kullanım kişi sayısı 20 m²/kişi ve operasyon saatleri/günleri ise sürekli, 7/24 olarak alınmıştır.

Kentsel dönüşüm projesinde yer alan binaların enerji verimliliği endeksi c tipi bina (normal enerji verimli bina) kategorisinde yer almaktadır. Dış hava temaslı duvarlarda w sınıfı tuğlalar kullanılmıştır. Mevcut projede w sınıfı tuğla kullanılan dış hava temaslı duvarlarda ısı yalıtımı bulunmamaktadır. Bloklarda C sınıfı, PVC çerçeveli, 4mm+12HB+4mm kombinasyonuna sahip sıradan çift camlar kullanılmıştır. Binalarda dış hava temaslı alüminyum çerçeveli, 4mm+14HB+4mm kombinasyonuna sahip sıradan çift camlara sahip kapılar kullanılmıştır. Toprak temaslı döşemelerde ısı yalıtım malzemesi olarak 0,05m kalınlığa sahip ekstrüde polistiren köpük kullanılmıştır. Dış hava temaslı betonarme duvarlarda ısı yalıtım malzemesi olarak 0,04m kalınlığa sahip poliüretan sert köpük kullanılmıştır.

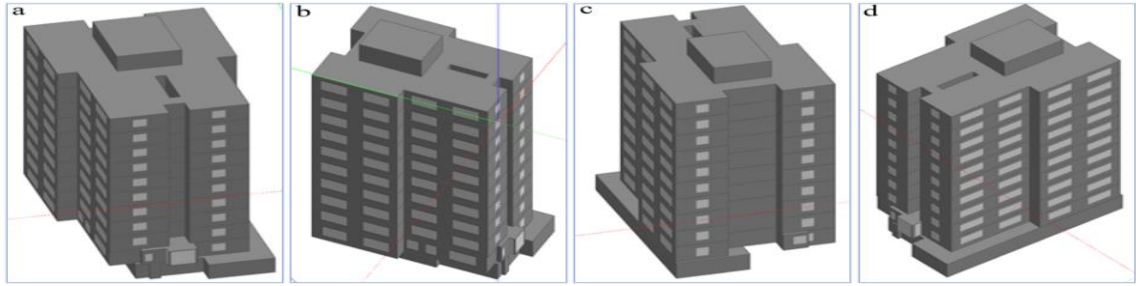
4.3.1. B blok model analizi

Tasarım projeleri incelendiğinde B Blok 10 katlı olup 76 bağımsız bölüme sahiptir. B Blok 1014824 m³ brüt hacmi, 4743,68 m² net kullanım alanı bulunmaktadır. B Blok doğu-batı yönelimine sahiptir (Şekil 4.13, 4.14.).



Şekil 4.13. B Blok model görünüşü; a) vaziyet planı, b) kat planı

¹ Veri dosyası "TUR_ANTALYA_173000_IW2.epw" kullanılmıştır.

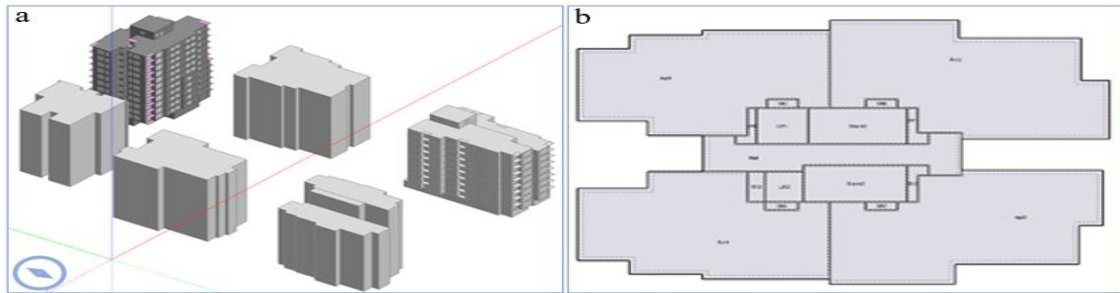


Şekil 4.14. B Blok model görünüşü; **a)** güney cephe, **b)** batı cephe, **c)** kuzey cephe, **d)** doğu cephe

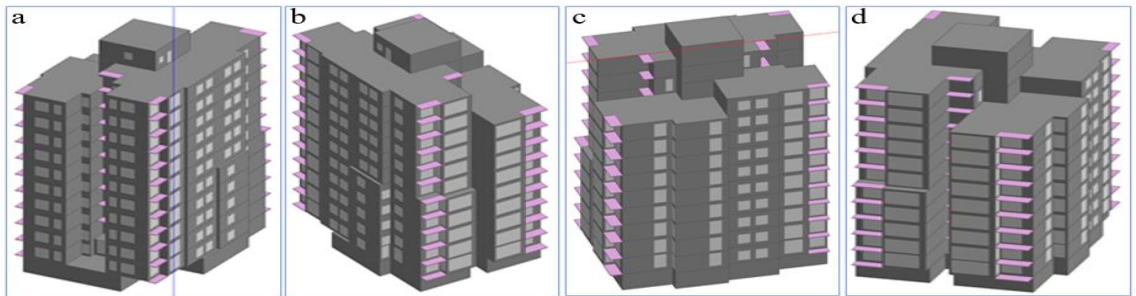
Toplam dış hava temaslı tuğla duvar alanı 1485m^2 , dış hava temaslı betonarme duvarlar alanı ise 904m^2 dir. Pencereilerin toplam alanı $894,70\text{ m}^2$ olup $60,60\text{m}^2$ güney cephede, $51,70\text{m}^2$ kuzey cephede, $388,30\text{m}^2$ doğu cephede ve $394,10\text{m}^2$ batı cephe yer almaktadır. Dış cephede opak yüzeylerin saydam yüzeylere oranı %30 olmaktadır. B Bloкта 540 m^2 toplam alana sahip çatı döşemesi(tavan-üzeri açık) teras olarak tasarlanmıştır.

4.3.2. D blok model analizi

Tasarım projeleri incelendiğinde D Blok 11 katlı olup 41 bağımsız bölüme sahiptir. D Blok 15945 m^3 brüt hacmi, $5102,4\text{ m}^2$ net kullanım alanı(daire alanları 3700m^2 , çekirdek ve koridor alanları 1402m^2) bulunmaktadır. D Blok kuzey-güney yönelimine sahiptir (Şekil 4.15, 4.16.).



Şekil 4.15. D Blok model görünüşü; **a)** vaziyet planı, **b)** kat planı

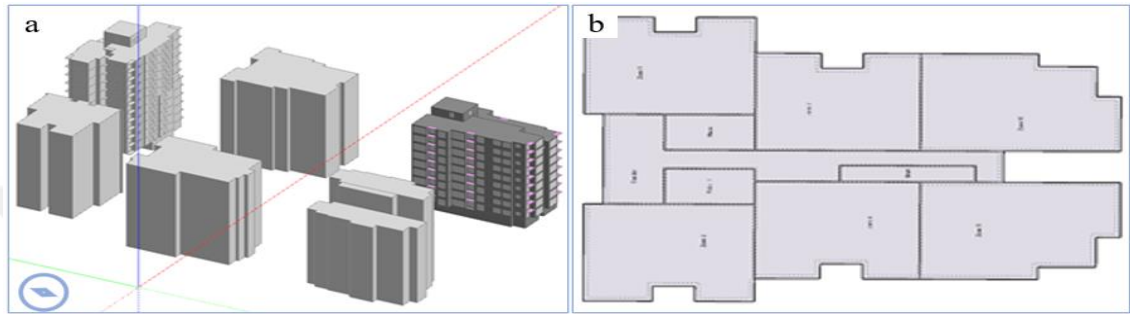


Şekil 4.16. D Blok model görünüşü; **a)** güney-batı cephesi, **b)** güney-doğu cephesi, **c)** kuzey cephe, **d)** doğu cephe

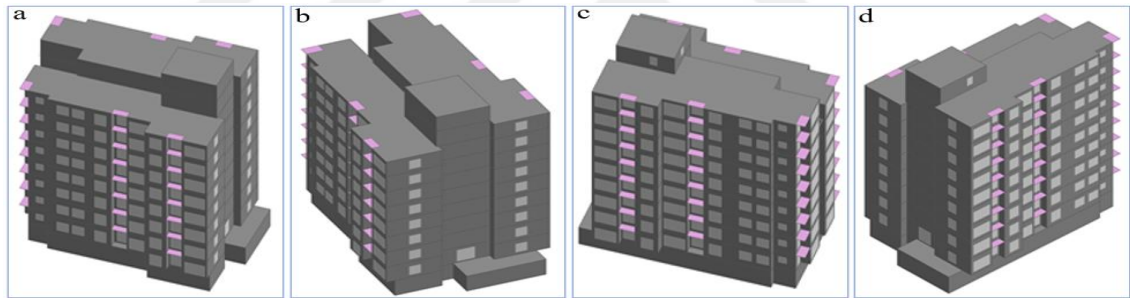
Toplam dış hava temaslı tuğla duvar 2135m^2 , dış hava temaslı betonarme duvarlar ise 1131m^2 'dir. D Bloкта pencerelerin toplam alanı $953,20\text{ m}^2$ olup $278,70\text{m}^2$ güney cephede, $229,10\text{m}^2$ kuzey cephede, $309,70\text{m}^2$ doğu cephede ve $135,70\text{m}^2$ batı cephe yer almaktadır. Dış cephede opak yüzeylerin saydam yüzeylere oranı %32,25 olmaktadır.

4.3.3. F blok model analizi

F Blok 9 katlı olup 51 bağımsız bölüme sahiptir. F Blok 16254 m^3 brüt hacmi, $5201,3\text{ m}^2$ net kullanım alanı bulunmaktadır. F Blok doğu-batı yönelimine sahiptir (Şekil 4.17, 4.18.).



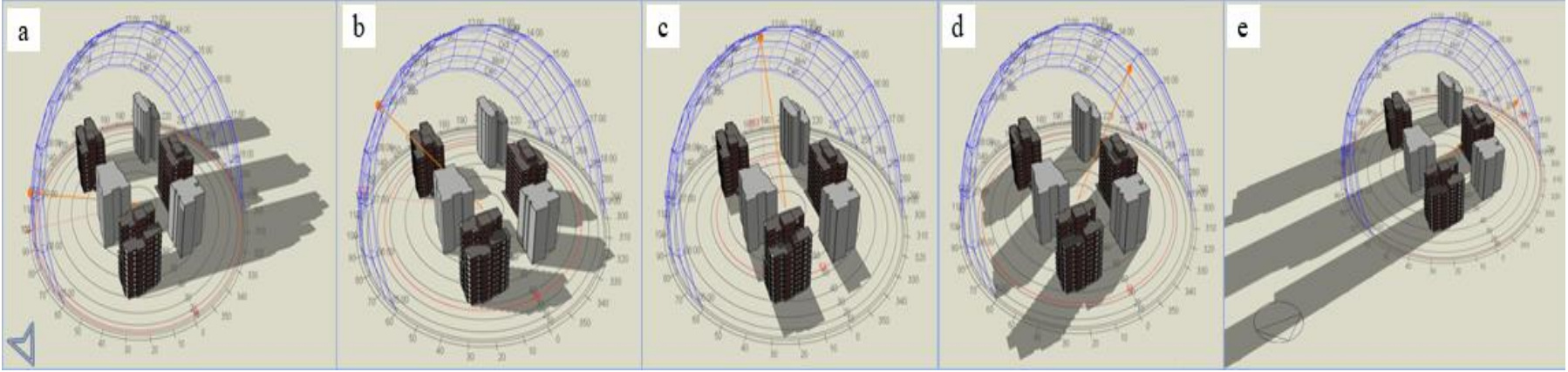
Şekil 4.17. F Blok model görünüşü; a) vaziyet planı, b) kat planı



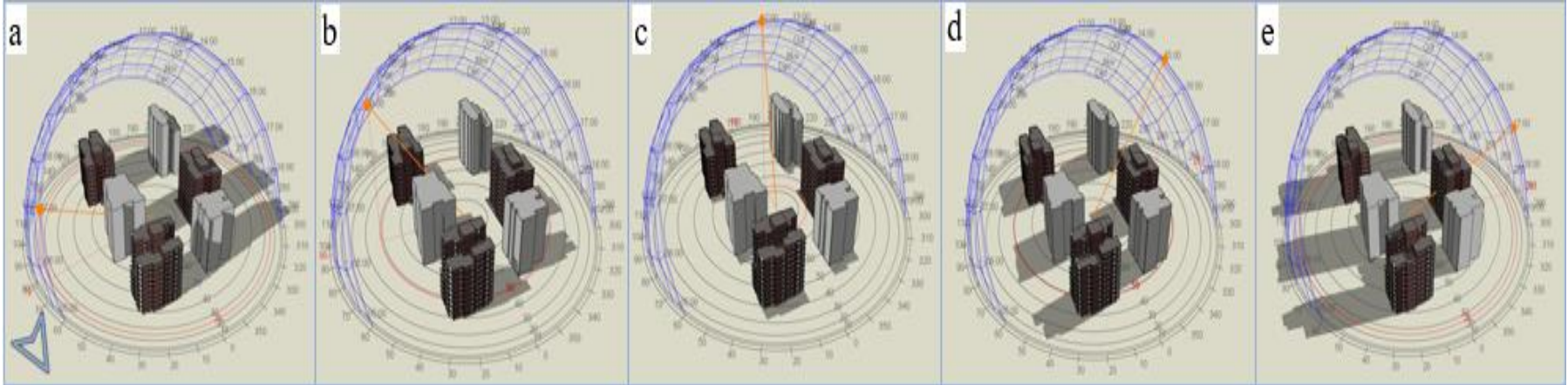
Şekil 4.18. F Blok model görünüşü; a) doğu cephe, b) kuzey cephe, c) batı cephe, d) kuzey-batı cephesi

F Bloкта toplam dış hava temaslı tuğla duvar 1578m^2 , dış hava temaslı betonarme duvarlar ise 1086m^2 dir. Pencerelerin toplam alanı 1023 m^2 olup $193,80\text{m}^2$ güney cephede, $24,05\text{m}^2$ kuzey cephede $402,10\text{m}^2$ doğu cephede ve $402,10\text{m}^2$ batı cephe yer almaktadır. Dış cephede opak yüzeylerin saydam yüzeylere oranı %39,41 olmaktadır. F Bloкта 596m^2 alana sahip çatı döşemesi(tavan-üzeri açık) teras olarak tasarlanmıştır.

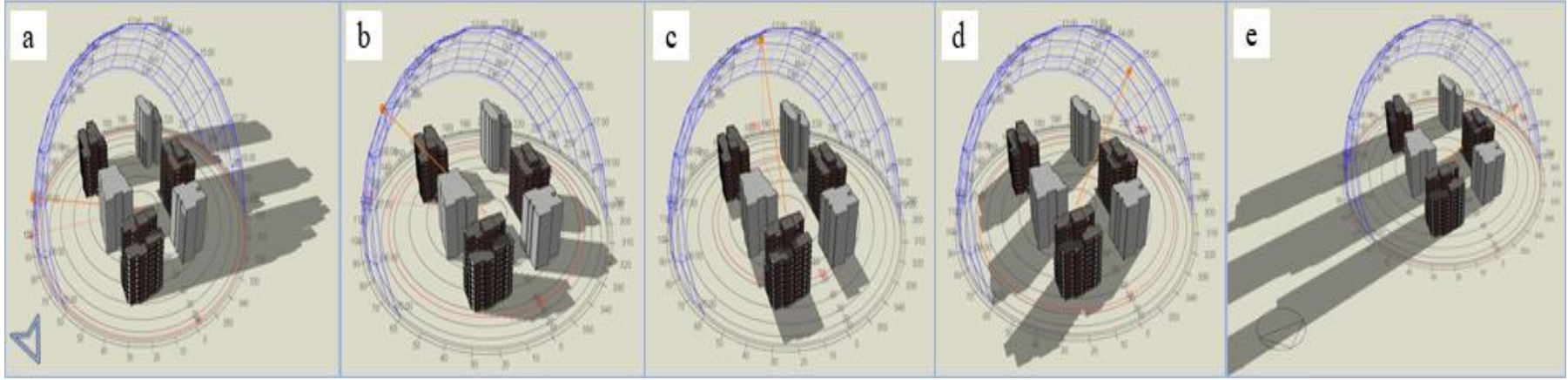
Çalışmada, kentsel dönüşüm projesinde her bir binanın enerji verimliliğini artıran uygulamaların yanı sıra ada bazında binaların yeri, konumu, binalar arası mesafe gibi yapıya yönelik temel seçimlerin enerji verimliliği üzerine etkisi de incelenecektir. Binalar; aralarındaki mesafelere, yoğunluğa, yükseklik ve konumlandırılış biçimlerine göre birbirleri için güneş ışınlımı ve rüzgar engeli olarak işlev görebilmektelerdir. Ekinoks tarihlerinde binaların birbirlerine gölge etkisi (Şekil 4.19, 4.20, 4.21, 4.22) gözlemlenmiştir.



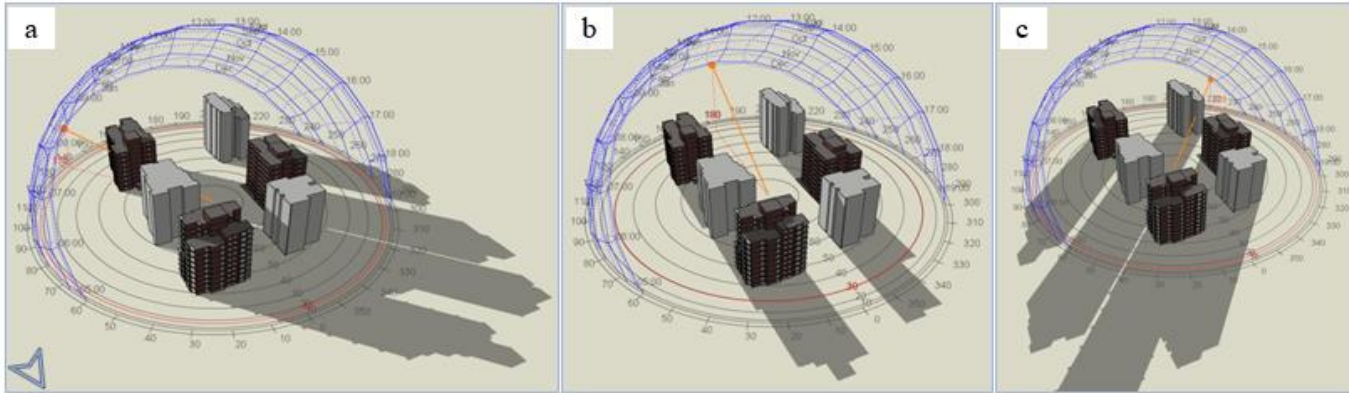
Şekil 4.19. 21 Mart'ta binaların oluşturduğu gölge boyları; **a)** saat 7:00, **b)** saat 9:00, **c)** saat 12:00, **d)** saat 15:00, **e)** saat 17:00



Şekil 4.20. 21 Haziran'da binaların oluşturduğu gölge boyları; **a)** saat 7:00, **b)** saat 9:00, **c)** saat 12:00, **d)** saat 15:00, **e)** saat 17:00



78 **Şekil 4.21.** 23 Eylül’de binaların oluşturduğu gölge boyları; **a)** saat 7:00, **b)** saat 9:00, **c)** saat 12:00, **d)** saat 15:00, **e)** saat 17:00



Şekil 4.22. 21 Aralık’ta binaların oluşturduğu gölge boyları; **a)** saat 9:00, **b)** saat 12:00, **c)** saat 15:00

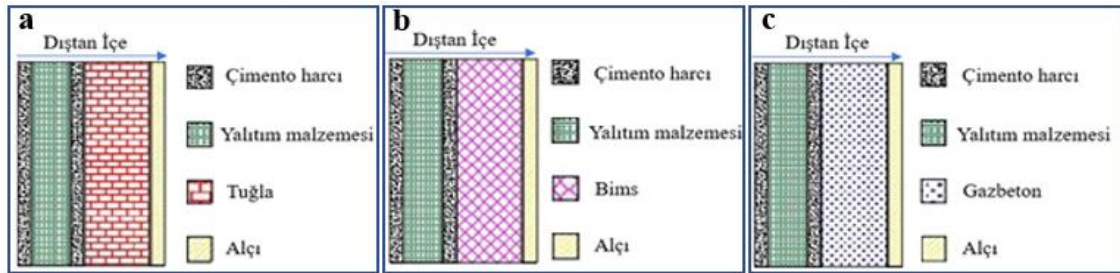
4.4. Bina Kabuğu Isı Yalıtımı

Tez çalışmasında; TS 825'e göre 1. Bölgede yer alan Antalya'da yaygın olarak kullanılan üç farklı duvar tipi (üç sıralı bims blok, tuğla, gazbeton), dört farklı yakıt türü (doğalgaz, kömür, fuel-oil ve elektrik) ve dört farklı yalıtım malzemesi (xps, eps, camyünü, taşyünü) kullanılarak ısıtma enerjisi gereksinimi için optimum yalıtım kalınlığı, soğutma enerjisi gereksinimi için optimum yalıtım kalınlığı ve hem ısıtma hem de soğutma enerjisi gereksinimi için optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır. Hesaplamalar ömür maliyet analizine göre ısıtma (HDD=711) ve soğutma (CDD=751) derece gün değerleri kullanılarak optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu, geri ödeme süresi ve çevresel analiz statik yöntemle hesaplanmıştır. Antalya özelinde dış duvar, betonarme duvar, çatı döşemesi ve toprak temaslı döşeme için hesaplamalar yapılarak tüm bina kabuğu elemanlarının optimum yalıtım kalınlığı bulunmuştur. Elde edilen bulgular tablolar ve grafikler halinde sunulmuştur. Elde edilen optimum yalıtım kalınlıkları Baz Binalara uygulanarak DesignBuilder ve EnergyPlus dinamik simülasyon araçları yardımıyla yıllık toplam enerji tüketimi, iyileştirme sonrası enerji tasarrufu ve emisyon oranları hesaplanarak gösterilmiştir.

Tez çalışması kapsamında binalarda yapılan tüm hesaplamalarda ısıtmada yakıt türü olarak doğalgazın kullanımının yanı sıra elektrik enerjisi de kullanılmıştır. Antalya özelinde yaygın olarak ısıtma ihtiyacı elektrik enerjisi kullanılarak giderilmektedir. Bu kapsamda enerji etkin bina tasarımında ısıtma enerjisi olarak elektrik enerjisinin kullanılması durumunda yapı kabuğunda meydana gelecek malzeme ve maliyet değişimi irdelenmiştir.

- **Dış kabuk yalıtımının incelenmesi**

Dış duvarlarda ısı yalıtımın; içten yalıtım, sandviç tipi yalıtım ve dıştan yalıtım olmak üzere üç farklı uygulaması mevcuttur. Yaygın olarak ısı köprüsüne izin vermeyen, ısı kaybını etkin bir şekilde önleyen dıştan yalıtımlı ısı yalıtım uygulanmaktadır. Bu kapsamda tez çalışmasında dıştan yalıtım tercih edilmiştir. Kullanılan duvar kesit konfigürasyonları Şekil 4.23'te, duvar malzemelerinin fiziksel özellikleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Çalışma kapsamında duvarlarda kullanılan yapı malzemesi Şekil 4.24'te, yapı malzemelerine ait fiziksel özellikler Çizelge 4.2'de, yalıtım malzemeleri Şekil 4.25'te, yalıtım malzemelerine ait fiziksel özellikler ve maliyet bilgisi ise Çizelge 4.3'te ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4.23. Duvar kesitini oluşturan malzemeler; **a)** tuğla duvar; **b)** bims duvar; **c)** gazbeton duvar

Çizelge 4.1. Duvar malzemelerinin fiziksel özellikleri

Malzeme	Yapının Elaman Kalınlığı d (m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (w/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m^2K/W)
1.Tip Duvar			
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13
Alçı harcı, kireçli alçı harcı (iç)	0,03	0,70	0,04
Üç Sıralı Blok Bims	0,19	0,20	0,95
Kireç harcı, kireç-çimento harcı (dış)	0,03	1,00	0,03
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04
Toplam=			1,19
2.Tip Duvar			
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13
Alçı harcı, kireçli alçı harcı (iç)	0,03	0,70	0,04
Delikli Tuğla	0,25	0,22	1,14
Kireç harcı, kireç-çimento harcı (dış)	0,03	1,00	0,03
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04
Toplam=			1,38
3.Tip Duvar			
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13
Alçı harcı, kireçli alçı harcı (iç)	0,03	0,70	0,04
Gazbeton	0,15	0,19	0,79
Kireç harcı, kireç-çimento harcı (dış)	0,03	1,00	0,03
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04
Toplam=			1,03

**Şekil 4.24.** Duvarda kullanılan yapı malzemeleri; a) tuğla; b) 3 sıralı blok bims; c) gazbeton (Geliş ve Yeşildal 2020)**Çizelge 4.2.** Duvar malzemelerinin birim fiyatı ve ısı iletimlik değeri

Duvar Malzemesi	Boyut (GxUxY) (mm)	Isıl İletim Katsayısı (W/m.K)	Birim Fiyat ¹ (TL/m³)
Üç Sıralı Blok Bims	190x390x180	0,20	223,57
Delikli Tuğla	250x200x235	0,22	132,73
Gazbeton	150x250x600	0,19	481,68

¹ Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2020 yılı İnşaat Birim Fiyatları kullanılmıştır.

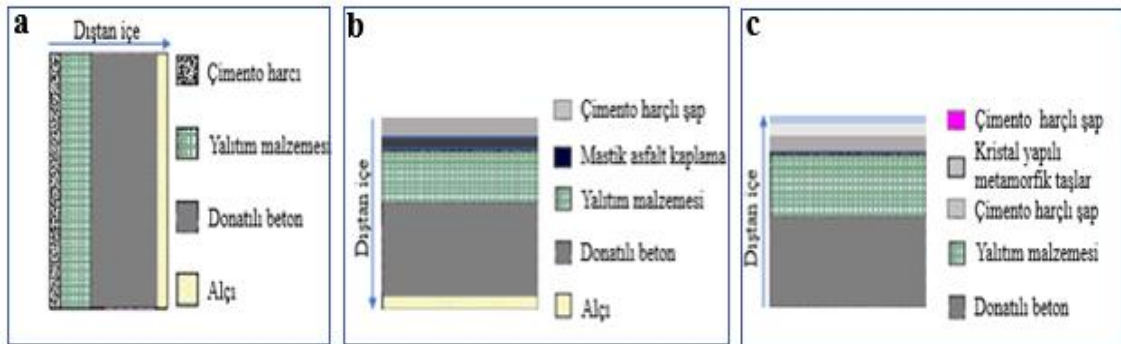


Şekil 4.25. Yapıda kullanılan yalıtım malzemeleri; **a)** ekstrüde polistiren (XPS); **b)** ekspande polistiren (EPS); **c)** camyünü; **d)** taşyünü (İzocam 2021)

Çizelge 4.3. Yalıtım malzemeleri ve özellikleri (İzocam 2021)

Yalıtım Malzemeleri	k (W/m.K)	Cins (TL/m ³)
Ekstrüde Polistiren (XPS) ¹	0,035	495
Ekspande Polistiren (EPS) ²	0,032	322
Camyünü	0,031	531
Taşyünü	0,037	590

Çalışma kapsamında ayrıca cephe, tavan ve taban yüzeylerini oluşturan betonarme duvar(dış hava teması), çatı döşemesi(teraz çatı) ve toprakla temas eden döşeme içinde yalıtım malzemesi ve optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır. Kesit konfigürasyonları Şekil 4.26’da ve malzemelerinin fiziksel özellikleri Çizelge 4.4’te gösterilmiştir. Buradan elde edilen optimum yalıtım malzemesi ve kalınlığı; betonarme yüzeylerde hesaplanan optimum yalıtım malzemesi ve kalınlığı tasarım modellerde uygulanmıştır.



Şekil 4.26. Bina betonarme kabuk yapısı; **a)** betonarme duvar; **b)** çatı döşemesi; **c)** toprak temaslı döşeme

¹ 12.01.2021 TCMB Efektif Satış Fiyatları \$/TL=7,486

² 12.01.2021 TCMB Efektif Satış Fiyatları €/TL=9,099

Çizelge 4.4. Betonarme duvar ve döşemelerin fiziksel özellikleri

Malzeme	Yapının Elaman Kalınlığı d (m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λh (w/mK)	Isıl İletken k Direnci R (m^2K/W)
Betonarme duvar			
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13
Alçı harcı, kireçli alçı harcı (iç)	0,03	0,70	0,04
Donatılı- Normal beton(TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,25	2,50	0,10
Kireç harcı, kireç-çimento harcı (dış)	0,03	1,00	0,03
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04
Toplam=			0,34
Çatı döşemesi			
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04
Çimento harçlı şap	0,05	1,40	0,04
Mastik asfalt kaplama ≥ 7 mm	0,008	0,70	0,01
Donatılı- Normal beton(TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,15	2,50	0,06
Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,03	0,07	0,04
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13
Toplam=			0,32
Toprak temaslı döşeme			
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17
Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,03	1,00	0,03
Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar(granit, bazalt, mermer, vb.)	0,02	3,50	0,01
Çimento harçlı şap	0,05	1,40	0,04
Donatılı- Normal beton(TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,15	2,50	0,06
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,13
Toplam=			0,44

- Derece-gün yöntemi**

Enerji ihtiyacının tahmini için kullanılan derece-gün yönteminde, derece-gün sayısı belli bir denge sıcaklık değerini (T_b) temel alarak hesaplanır. Denge sıcaklığı, bir binadaki ısı kaynakları ile binadan olan ısı kayıplarının dengede olduğu sıcaklık olarak ifade edilmektedir (Tolun 2010). Isıtma gün derecesi bir binanın ısıtılması için gerekli olan enerji ihtiyacının tespit edilmesi için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde ölçüm; dış sıcaklığın denge noktası sıcaklığın altına düştüğü durumunda hesap yapılmaktadır. Soğutma gün derecesi ise dış sıcaklığın denge noktası sıcaklığının üzerinde olması durumunda yapı içerisinde soğutma ihtiyacının belirlenmesi için kullanılan bir yöntemdir (An vd. 2018). Derece-gün sayısı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Kon ve Yüksel 2013).

$$DG = \sum_1^N (T_i - T_o) \quad (T_o \leq T_b) \quad (4.1)$$

$$DG = 0 \quad (T_o > T_b) \quad (4.2)$$

Denklem (4.1)'de; N , ısıtma yapılan toplam gün sayısı, T_i iç ortam sıcaklığı, T_o dış ortamın günlük ortalama sıcaklığıdır. T_{min} ve T_{mak} gün içerisinde kaydedilen en düşük ve en yüksek hava sıcaklığı değerleridir. T_o aşağıdaki denklemle hesaplanmaktadır (Kaynaklı ve Yamankaradeniz 2007).

$$T_o = \frac{T_{min} + T_{max}}{2} \quad (4.3)$$

Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalar Türkiye iklim coğrafyasında 1. bölgedeki Antalya ili için yapılmıştır. Hesaplamalarda ısıtma derece gün değeri $T \leq 15^\circ C$ ve soğutma derece gün değeri $T > 22^\circ C$ alınarak dış kabuktaki ısı kayıpları ve buna bağlı enerji ihtiyaçları tespit edilmiştir. Isıtma ve soğutma gün derecesi verileri 2010-2020 yılları arasındaki ortalama yıllık değerler kullanılmıştır. Antalya ilinin 2010-2020 yılları arası ısıtma-soğutma derece gün değerleri ortalaması sırasıyla 711 (HDD) ve 751 (CDD) olarak hesaplanmıştır.

- **Bina dış kabuğunun ısıtma ve soğutma yük hesabı**

Dış duvarlarda birim yüzeyde meydana gelen ısı kaybı ve kazancı Denklem (4.4) ile hesaplanmaktadır (Kürekci ve Erdem 2019).

$$q = U \cdot \Delta T \quad (4.4)$$

Burada U , toplam ısı geçiş katsayısı, ΔT ise dış ortam sıcaklığı ile sabit iç ortam sıcaklık farkıdır. Birim yüzeyde meydana gelen yıllık ısı kaybı ($q_{yıl,i}$) ve kazancı ($q_{yıl,s}$) ise toplam ısı geçiş katsayısı (U), ısıtma derece gün (IDG) ve soğutma derece gün (SDG) değerleri kullanılarak Denklem (4.5) ve Denklem (4.6) yardımıyla hesaplanmaktadır (Kurekci 2016). Tipik bir duvar için toplam ısı geçiş katsayısı olan U değeri Denklem (4.7) yardımıyla hesaplanmaktadır (Gürel ve Cingiz 2011; Gürel ve Daşdemir 2011).

$$q_{yıl,i} = 86400 \cdot IDG \cdot U \quad (4.5)$$

$$q_{yıl,s} = 86400 \cdot SDG \cdot U \quad (4.6)$$

$$U = \frac{1}{R_i + R_{duvar} + R_y + R_d} \quad (4.7)$$

Burada R_i ve R_d sırasıyla iç ve dış ortamın ısı taşınım direncini, R_{duvar} duvar katmanlarının ısı yalıtımı olmadan ısı iletim direncini göstermektedir. R_y ise yalıtım malzemesinin ısı direnci olup Denklem (4.8) ile hesaplanmaktadır (Aytaç ve Aksoy 2006).

$$R_y = \frac{x}{k} \quad (4.8)$$

Burada x ve k sırasıyla yalıtım malzemesinin kalınlığı ile yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısını göstermektedir. Yalıtımsız duvar tabakasının toplam direnci $R_{d,t}$

Denklem (4.9) kullanılarak hesaplanmaktadır (Uygunoğlu and Keçebaş 2011). Toplam ısı geçiş katsayısı U , Denklem (4.10) ile ifade edilir (Ertürk vd. 2016).

$$R_{d,t} = R_i + R_{duvar} + R_d \quad (4.9)$$

$$U = \frac{1}{R_{d,t} + R_y} \quad (4.10)$$

Isıtma için gerekli olan yıllık enerji ihtiyacı $E_{yıl,i}$, ve soğutma için gerekli yıllık enerji ihtiyacı $E_{yıl,s}$ değeri, Denklem (4.11) ve Denklem (4.12) yardımıyla hesaplanmaktadır (Ucar and Balo 2010). Çalışma kapsamında kullanılan yakıtlar ve özellikleri Çizelge 4.5'te sunulmuştur.

$$E_{yıl,i} = \frac{86400 \cdot IDG}{(R_{d,t} + R_y) \cdot \eta} \quad (4.11)$$

$$E_{yıl,s} = \frac{86400 \cdot SDG}{(R_{d,t} + R_y) \cdot COP} \quad (4.12)$$

Çizelge 4.5. Isıtma için kullanılan yakıtlar ve özellikleri (Çay and Gürel 2013; Ertürk 2021)

Yakıt	Fiyat	Alt Isıl Değer (H_u)	Verim ($\eta_{H,S}$)
Doğalgaz ¹	2,04 TL/m ³	34,285x10 ⁶ J/m ³	0,93
Kömür ²	1,85 TL/kg	29,260x10 ⁶ J/kg	0,65
Fuel-oil ³	4,81 TL/kg	40,594x10 ⁶ j/kg	0,80
Elektrik ⁴	0,62 TL/kWh	3,599x10 ⁶ j/kWh	0,99

- **Maliyet analizi ve optimum yalıtım kalınlığının saptanması**

Binalarda dış duvarlara yalıtım uygulanarak, bina yüzeyinde meydana gelecek ısı kaybı ve kazancı önemli ölçüde azaltmak mümkündür. Ancak optimum yalıtım kalınlığının belirlenebilmesi için maliyet analizinin yapılması gerekmektedir. Birim yüzey için ısıtma ve soğutma yıllık enerji maliyeti sırasıyla $C_{yıl,i}$, $C_{yıl,s}$ aşağıdaki denklemlerle bulunmaktadır (Kaynaklı ve Yamankaradeniz 2007; Kandemir vd. 2019).

$$C_{yıl,i} = \frac{86400 \cdot U \cdot IDG \cdot C_{yakıt}}{H_u \cdot \eta} \quad (4.13)$$

$$C_{yıl,s} = \frac{86400 \cdot U \cdot SDG \cdot C_e}{COP} \quad (4.14)$$

Burada $C_{yakıt}$ yakıtın birim fiyatını, H_u yakıtın alt ısı değerini, η yakma sistemi ısı verimini, C_e elektrik birim fiyatını, COP ise soğutma sisteminin etkinlik değerini göstermektedir. Çalışma kapsamında COP değeri 3 olarak alınmıştır.

¹ Enerya Enerji A.Ş.-Mesken-Ocak 2021

² Ulusoy Kömür-Ocak 2021

³ Türkiye Petroller-Ocak 2021

⁴ Ck Akdeniz Elektrik A.Ş.-Mesken-Ocak 2021

- **Ömür maliyet analizi**

Optimum yalıtım kalınlığı hesaplanırken, ömür maliyet analizi metodu kullanılmıştır. Yıllık enerji maliyeti, şimdiki değer faktörü ve belirlenen ömür süresine göre hesaplanmıştır. Şimdiki değer faktörü (ŞDF), enflasyon (g) ve faiz (i) oranlarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Gerçek faiz oranı (r); faiz oranı enflasyon oranından büyük ise ($i > g$) Denklem (4.15) ile hesaplanırken, faiz oranı enflasyon oranından küçük ise ($g > i$) Denklem (4.16) ile hesaplanmaktadır. Hesaplanan gerçek faiz oranı Denklem (4.17)'de kullanılarak şimdiki değer faktörü hesaplanmaktadır. Eğer faiz oranı enflasyon oranına eşit olduğu durumda ($i = g$) şimdiki değer faktörü Denklem (4.18) yardımıyla bulunmaktadır (Gülten and Bektaş Ekici 2015; Aydın ve Bıyıkoglu 2020). Denklem (4.17)'de ve Denklem (4.18)'de yer alan N değeri ömür süresini göstermektedir. Şimdiki değer faktörünün hesaplanmasında kullanılan ömür, faiz ve enflasyon değerleri Çizelge 4.6'de gösterilmiştir.

$$r = \frac{i-g}{1+g} \quad (4.15)$$

$$r = \frac{g-i}{1+i} \quad (4.16)$$

$$\text{ŞDF} = \frac{(1+R)^N - 1}{r \cdot (1+r)^N} \quad (4.17)$$

$$\text{ŞDF} = \frac{N}{1+i} \quad (4.18)$$

Çizelge 4.6. Ömür maliyet analizinde kullanılan mali değerler

Mali Değerler ¹	Değer
Faiz Oranı (i)	19,60%
Enflasyon Oranı (g)	14,60%
Ömür (N)	10 yıl
Şimdiki Değer Faktörü (ŞDF)	7,95

Yalıtım maliyeti ise Denklem (4.19) ile hesaplanmaktadır (Bolattürk 2008). Denklem (4.19)'da yer alan C_y yalıtım birim fiyatıdır. Sonuç olarak yalıtılmış bir binanın ömür maliyet analizi metoduna göre toplam ısıtma maliyeti Denklem (4.20)'de toplam soğutma maliyeti Denklem (4.21)'de hesaplanmaktadır. Hem ısıtma hem soğutma yapılan binalar için ise toplam maliyet hesabı Denklem (4.22)'de verilmiştir (Kon 2016a).

$$C_{\text{yalıtım}} = C_y \cdot x \quad (4.19)$$

$$C_{\text{yal.top.,i}} = C_{\text{yıl,i}} \cdot \text{ŞDF} + C_y \cdot x \quad (4.20)$$

$$C_{\text{yal.top.,s}} = C_{\text{yıl,s}} \cdot \text{ŞDF} + C_y \cdot x \quad (4.21)$$

$$C_{\text{yal.top.,i,s}} = C_{\text{yıl,i}} \cdot \text{ŞDF} + C_{\text{yıl,s}} \cdot \text{ŞDF} + C_y \cdot x \quad (4.22)$$

¹ Merkez Bankası, 01.01.2021 verileri kullanılmıştır.

Toplam ısıtma maliyetini minimuma indiren optimum yalıtım kalınlığı Denklem (4.23) ve toplam soğutma maliyetini minimuma indiren optimum yalıtım kalınlığı Denklem (4.24) yardımıyla hesaplanmaktadır (Uçar ve Dumrul 2019; Caner 2020). Toplam ısıtma ve soğutma maliyetini minimuma indiren optimum yalıtım kalınlığı ise Denklem (4.25) yardımıyla bulunmaktadır (Özel ve Şengür 2012).

$$X_{opt,l} = 293,94 \cdot \left(\frac{IDG \cdot C_{yakıt} \cdot \dot{S}DF \cdot k}{Hu \cdot C_y \cdot \eta} \right)^{\frac{1}{2}} - k \cdot R_{d,t} \quad (4.23)$$

$$X_{opt,s} = 293,94 \cdot \left(\frac{SDG \cdot C_e \cdot \dot{S}DF \cdot k}{C_y \cdot COP} \right)^{\frac{1}{2}} - k \cdot R_{d,t} \quad (4.24)$$

$$X_{opt,l,s} = 293,94 \cdot \left(\frac{IDG \cdot C_{yakıt} \cdot \dot{S}DF \cdot k}{Hu \cdot C_y \cdot \eta} + \frac{SDG \cdot C_e \cdot \dot{S}DF \cdot k}{C_y \cdot COP} \right)^{\frac{1}{2}} - k \cdot R_{d,t} \quad (4.25)$$

• Geri ödeme süresi

Sadece ısıtma yapılan binalar için yıllık toplam net tasarruf miktarı Denklem (4.26)'da hem ısıtılan hem soğutulan binalarda yıllık toplam net tasarruf miktarı Denklem (4.27)'de hesaplanmıştır. Formüldeki C_l ve $C_{l,s}$ değerleri 10 yıllık ömür boyunca yalıtılmamış binanın ısıtma ve ısıtma-soğutma enerji maliyetleridir. Geri ödeme süreleri ise sırasıyla Denklem (4.28), Denklem (4.29) ile bulunmaktadır (Kürekci ve Erdem 2019).

$$A_{yıl,l} = C_l - C_{yal.top.,l} \quad (4.26)$$

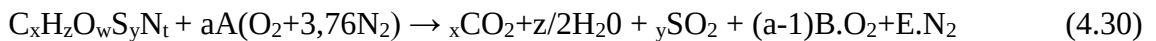
$$A_{yıl,l,s} = C_{l,s} - C_{yal.top.,l,s} \quad (4.27)$$

$$GÖS_l = \frac{C_{yalıtım}}{A_{yıl,l}} \quad (4.28)$$

$$GÖS_{l,s} = \frac{C_{yalıtım}}{A_{yıl,l,s}} \quad (4.29)$$

• Çevresel analiz

Bina dış kabuğunda uygulanan yalıtım, enerji tasarrufu sağlamanın yanı sıra baca gazı emisyonlarının azalmasına da neden olmaktadır. Çalışma kapsamında doğalgaz ve elektrik enerjisi kullanımı durumunda farklı yalıtım malzemesi ve yalıtım kalınlığına bağlı emisyon değerleri hesaplanmıştır. Kullanılan yakıtların genel yanma denklem, Denklem (4.30)'da verilmiştir (Ertürk 2021). Denklem (4.30)'da yer alan A, B ve E sabitleri Denklem (4.31, 4.32, 4.33) yardımıyla hesaplanmaktadır (Karakaya 2018).



$$A = \left(x + \frac{z}{4} + y - \frac{w}{2} \right) \quad (4.31)$$

$$B = (a - 1) \cdot \left(x + \frac{z}{4} + y - \frac{w}{2} \right) \quad (4.32)$$

$$E = 3.76a \left(x + \frac{z}{4} + y - \frac{w}{2} \right) + \frac{t}{2} \quad (4.33)$$

Denklem (4.30)'da CO ve NO_x emisyonları ihmal edilmiştir. 1 kg yakıtın yanmasıyla açığa çıkacak emisyon oranları aşağıdaki Denklem (4.34) ve Denklem (4.35) kullanılarak hesaplanmaktadır (Kon 2018). Yıllık yakıt tüketimine göre birim yüzeydeki CO₂ ve SO₂ emisyon miktarı Denklem (4.36) ve Denklem (4.37) ile verilmiştir (Çay and Gürel 2013). M yakıtın mol ağırlığı olup Denklem (4.38)'de hesaplanmıştır (Ertürk 2021).

$$M_{CO_2} = \frac{x \cdot M_{CO_2}}{M_{yakıt}} \text{ (kg CO}_2\text{/kg yakıt)} \quad (4.34)$$

$$M_{SO_2} = \frac{y \cdot M_{SO_2}}{M_{yakıt}} \text{ (kg SO}_2\text{/kg yakıt)} \quad (4.35)$$

$$M_{CO_2} = \frac{44x}{M_{yakıt}} E_A \text{ (kg CO}_2\text{/m}^2\text{ - yıl)} \quad (4.36)$$

$$M_{SO_2} = \frac{64y}{M_{yakıt}} E_A \text{ (kg SO}_2\text{/m}^2\text{ - yıl)} \quad (4.37)$$

$$M_{yakıt} = 12x + z + 16w + 32y + 14t \text{ (kg /mol)} \quad (4.38)$$

4.4.1. Bina dış duvarlarında ısı yalıtımı

Üç farklı duvar tipi (tuğla, bims blok, gazbeton), dört farklı yakıt (doğalgaz, kömür, fuel-oil ve elektrik) ve dört farklı yalıtım malzemesi (xps, eps, camyünü, taşıyünü) kullanılarak binalarda ısıtma ve soğutma enerjisi gereksinimi için yapı kabuğunu oluşturan yığma duvarlarda ısıtma amacıyla kullanılacak yalıtım kalınlığı Denklem (4.23), soğutma amacıyla kullanılacak yalıtım kalınlığı Denklem (4.24) yardımıyla hesaplanmıştır. Farklı yalıtım malzemelerine ve yakıt türlerine bağlı olarak elde edilen ısıtmada ve soğutmada yalıtım kalınlıkları Çizelge 4.7'de sunulmuştur.

Çizelge 4.7. Farklı dış duvarlarda, yalıtım malzemesi ve yakıt türüne bağlı ısıtma ve soğutma için optimum yalıtım kalınlığı (m)

Yalıtım Malz. Yakıt Cinsi		Üç Sıralı Blok Bims				Delikli Tuğla				Gazbeton			
		XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü
Isıtma	Doğalgaz	0,005	0,017	0,006	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,011	0,023	0,011	0,006
	Kömür	0,016	0,030	0,016	0,010	0,010	0,025	0,010	0,004	0,022	0,036	0,021	0,016
	Fuel-oil	0,030	0,047	0,028	0,023	0,023	0,041	0,022	0,016	0,035	0,052	0,033	0,029
	Elektrik	0,036	0,054	0,033	0,029	0,029	0,048	0,028	0,022	0,041	0,059	0,039	0,035
Soğutma	Elektrik	0,025	0,041	0,024	0,019	0,019	0,036	0,018	0,012	0,031	0,047	0,029	0,025

Çizelge 4.7 incelendiğinde duvarlarda kullanılan yalıtım malzemesine göre ayrı ayrı ısıtma ve soğutma için yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır. Yapı kabuğunu oluşturan duvarlarda hem ısıtma hem soğutma durumu dikkate alınarak, toplam ısıtma ve soğutma maliyetini minimuma indiren optimum yalıtım kalınlığı Denklem (4.25) yardımıyla hesaplanarak Çizelge 4.8'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Üç sıra blok bims, delikli tuğla ve gazbeton duvar için farklı yalıtım malzemelerine bağlı optimum yalıtım kalınlığı (m)

Duvar	Yalıtım Yakıt	XPS			EPS			Camyünü			Taşyünü		
		Xoptı	Xopts	Xoptı,s	Xoptı	Xopts	Xoptı,s	Xoptı	Xopts	Xoptı,s	Xoptı	Xopts	Xoptı,s
Üç Sıralı Bims	Doğalgaz	0,005	0,025	0,040	0,017	0,041	0,059	0,006	0,024	0,038	0,000	0,019	0,033
	Kömür	0,016		0,047	0,030		0,067	0,016		0,044	0,010		0,039
	Fuel-oil	0,030		0,056	0,047		0,078	0,028		0,052	0,023		0,048
	Elektrik	0,036		0,061	0,054		0,083	0,033		0,056	0,029		0,052
Delikli Tuğla	Doğalgaz	0,000	0,019	0,034	0,012	0,036	0,053	0,000	0,018	0,032	0,000	0,012	0,026
	Kömür	0,010		0,041	0,025		0,061	0,010		0,038	0,004		0,033
	Fuel-oil	0,023		0,050	0,041		0,072	0,022		0,047	0,016		0,042
	Elektrik	0,029		0,054	0,048		0,078	0,028		0,051	0,022		0,046
Gazbeton	Doğalgaz	0,011	0,031	0,046	0,023	0,047	0,064	0,011	0,029	0,043	0,006	0,025	0,039
	Kömür	0,022		0,053	0,036		0,072	0,021		0,049	0,016		0,046
	Fuel-oil	0,035		0,062	0,052		0,083	0,033		0,057	0,029		0,054
	Elektrik	0,041		0,067	0,059		0,089	0,039		0,061	0,035		0,059

Dış duvarlarda üç sıralı blok bims, tuğla ve gazbeton kullanılan duvarlar için uygulanacak yalıtım malzemesinin optimum kalınlığına bağlı olarak yıllık tüketilen yakıt miktarı, tüketilen yakıt miktarına ait yıllık yakıt maliyeti, optimum yalıtım malzemesi maliyeti ve bunların toplamının oluşturduğu yıllık ısıtma ve soğutma maliyeti Çizelge 4.9’da gösterilmiştir. Antalya gibi gerek ısıtma gerekse soğutma enerjisinin önemli olduğu iklim bölgelerinde her iki durum dikkate alınarak yapı kabuğu tasarlanmalıdır.

Binalarda optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet hesabı kullanılan enerji türüne göre iki durum referans alınarak yapılmıştır. İlk durum; binada, ısıtmada doğalgaz, soğutmada elektrik enerjisi kullanıldığı durumdur. İkinci durum ise binada hem ısıtmada hem soğutmada elektrik enerjisi kullanıldığı durumdur. Üç sıra blok bims duvar, delikli tuğla duvar ve gazbeton duvar için farklı yalıtım malzemelerine bağlı optimum yalıtım kalınlığı maliyet hesabı aşağıda Çizelge 4.10’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Üç sıralı blok bims duvar, tuğla duvar ve gazbeton duvar için optimum yalıtım kalınlığına bağlı ısıtma ve soğutma maliyet analizi-1

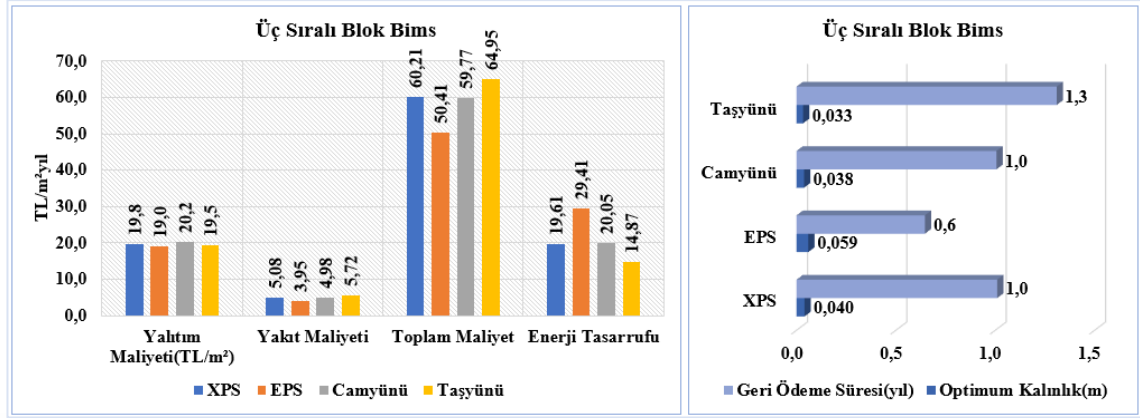
Duvar	Yalıtım Malzemesi		Tüketilen Yakıt Miktarı ¹				Yakıt Maliyeti (TL/m ² -yıl)				Yalıtım Malz. Maliyeti (TL/m ² -yıl)				Toplam Maliyet (TL/m ² -yıl)			
	Yakıt Cinsi		XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü
Blok Bims	Isıtma	Doğalgaz	1,44	1,12	1,39	1,61	2,94	2,28	2,84	3,28	2,48	5,47	3,19	0,00	5,41	7,76	6,02	3,28
		Elektrik	7,75	5,98	7,63	8,71	4,81	3,71	4,73	5,40	17,82	17,39	17,52	17,11	22,63	21,10	22,25	22,51
	Soğutma	Elektrik	6,80	5,24	6,59	7,60	4,22	3,25	4,09	4,71	12,38	13,20	12,74	11,21	16,59	16,45	16,83	15,92
Delikli Tuğla	Isıtma	Doğalgaz	1,40	1,10	1,40	1,40	2,86	2,24	2,86	2,86	0,00	3,86	0,00	0,00	2,86	6,11	2,86	2,86
		Elektrik	7,82	5,99	7,56	8,75	4,85	3,71	4,69	5,43	14,36	15,46	14,87	12,98	19,20	19,17	19,56	18,41
	Soğutma	Elektrik	6,76	5,19	6,63	7,63	4,19	3,22	4,11	4,73	9,41	11,59	9,56	7,08	13,60	14,81	13,67	11,81
Gazbeton	Isıtma	Doğalgaz	1,43	1,10	1,39	1,62	2,92	2,24	2,84	3,30	5,45	7,41	5,84	3,54	8,36	9,65	8,68	6,84
		Elektrik	7,83	6,00	7,54	8,73	4,85	3,72	4,67	5,41	20,30	19,00	20,71	20,65	25,15	22,72	25,38	26,06
	Soğutma	Elektrik	6,78	5,20	6,60	7,61	4,20	3,22	4,09	4,72	15,35	15,13	15,40	14,75	19,55	18,36	19,49	19,47

¹ Doğalgaz için m³/m², Elektrik için kWh/m²

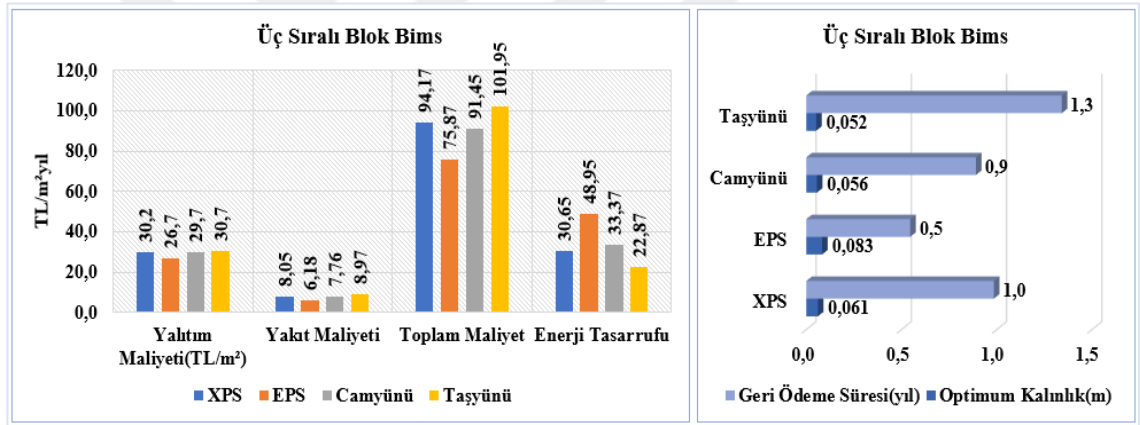
Çizelge 4.10. Üç sıralı blok bims duvar, tuğla duvar ve gazbeton duvar için optimum yalıtım kalınlığı maliyet analizi-2

Kullanılan Enerji		Duvar Malzemesi	Üç Sıralı Blok Bims				Tuğla Duvar				Gazbeton						
İstima	Soğutma	Hesap Kalemleri	Yalıtımsız Durumda Yakıt Maliyeti (TL/m²yıl)	Yalıtım Malzemesi				Yalıtımsız Durumda Yakıt Maliyeti (TL/m²yıl)	Yalıtım Malzemesi				Yalıtımsız Durumda Yakıt Maliyeti (TL/m²yıl)	Yalıtım Malzemesi			
				XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü		XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü		XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü
1. Durum																	
Doğalgaz	Elektrik	Optimum Kalınlık(m)	79,82	0,040	0,059	0,038	0,033	69,17	0,034	0,053	0,032	0,026	92,94	0,046	0,064	0,043	0,039
		Yalıtım Maliyeti(TL/m²yıl)		19,80	19,00	20,18	19,47		16,83	17,07	16,99	15,34		22,77	20,61	22,83	23,01
		Yakıt Maliyeti(TL/m²yıl)		5,08	3,95	4,98	5,72		5,08	3,97	4,98	5,74		5,08	3,97	4,98	5,72
		Toplam Maliyet(TL/m²yıl)		60,21	50,41	59,77	64,95		57,24	48,64	56,58	60,98		63,18	52,18	62,42	68,49
		Enerji Tasarrufu(TL/m²yıl)		19,61	29,41	20,05	14,87		11,93	20,53	12,59	8,19		29,76	40,76	30,52	24,45
		Geri Ödeme Süresi(yıl)		1,0	0,6	1,0	1,3		1,4	0,8	1,3	1,9		0,77	0,51	0,75	0,94
2. Durum																	
Elektrik	Elektrik	Optimum Kalınlık(m)	124,82	0,061	0,083	0,056	0,052	108,20	0,054	0,078	0,051	0,046	144,69	0,067	0,089	0,061	0,059
		Yalıtım Maliyeti(TL/m²yıl)		30,20	26,73	29,74	30,68		26,73	25,12	27,08	27,14		33,17	28,66	32,39	34,81
		Yakıt Maliyeti(TL/m²yıl)		8,05	6,18	7,76	8,97		7,96	6,19	7,79	8,98		7,97	6,19	7,77	8,97
		Toplam Maliyet(TL/m²yıl)		94,17	75,87	91,45	101,95		90,02	74,36	88,99	98,56		96,55	77,90	94,15	106,13
		Enerji Tasarrufu(TL/m²yıl)		30,65	48,95	33,37	22,87		18,18	33,84	19,21	9,64		48,14	66,79	50,54	38,56
		Geri Ödeme Süresi(yıl)		1,0	0,5	0,9	1,3		1,5	0,7	1,4	2,8		0,7	0,4	0,6	0,9

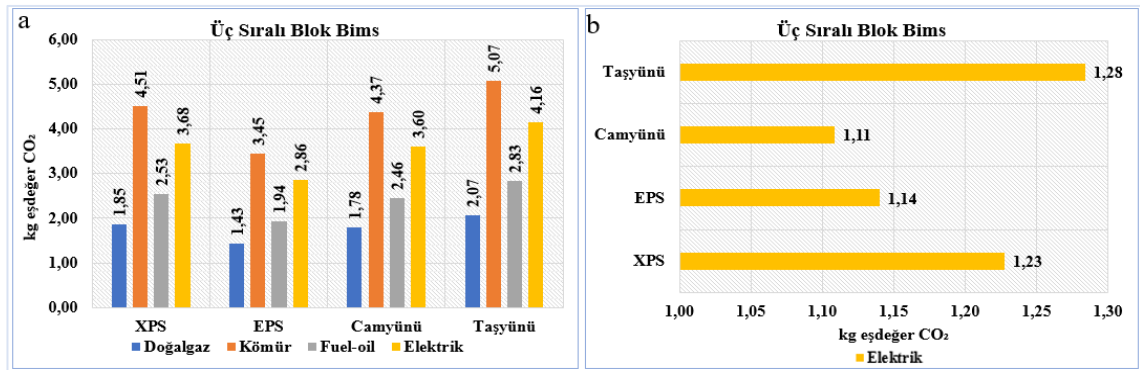
Yapı kabuğunda üç sıralı blok bims kullanıldığı durumda optimum yalıtım kalınlığı maliyet analizi ve enerji tüketimi sonrasında oluşan CO₂ emisyon miktarı aşağıda tablolar halinde sunulmuştur (Şekil 4.27, 4.28, 4.29).



Şekil 4.27. Üç sıralı blok bims duvar için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi doğalgaz, soğutma enerjisi elektrik)

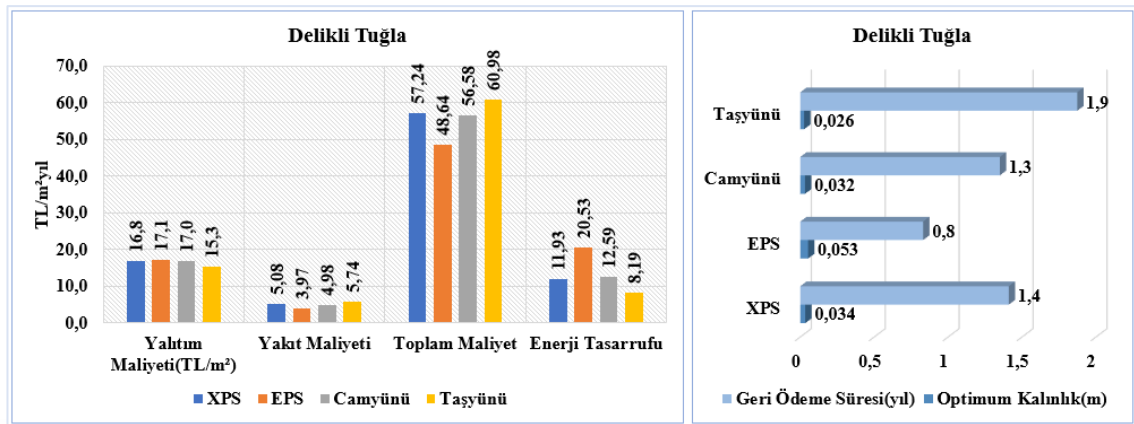


Şekil 4.28. Üç sıralı blok bims duvar için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi elektrik, soğutma enerjisi elektrik)

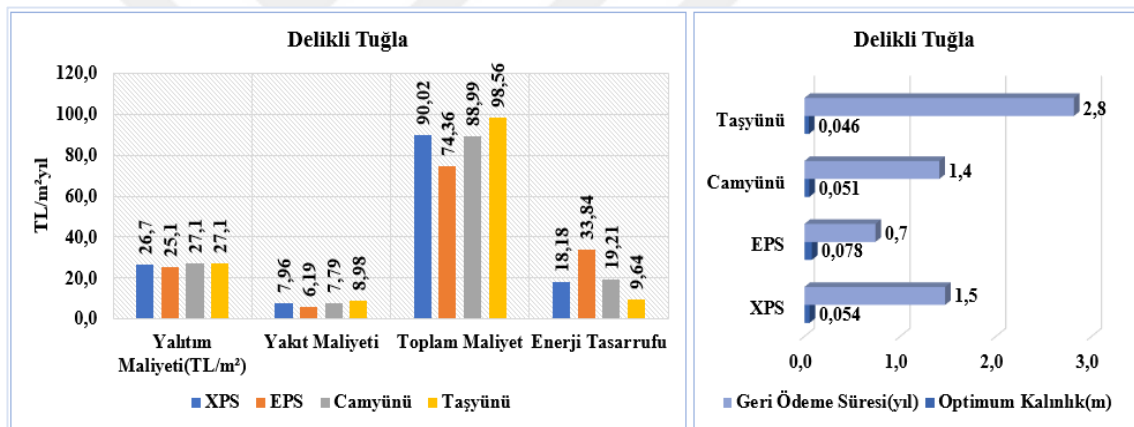


Şekil 4.29. CO₂ emisyon miktarı (kg eşd.CO₂/m²); a) yapının ısıtılması ile oluşan emisyon değerleri, b) yapının soğutulması ile oluşan emisyon değerleri

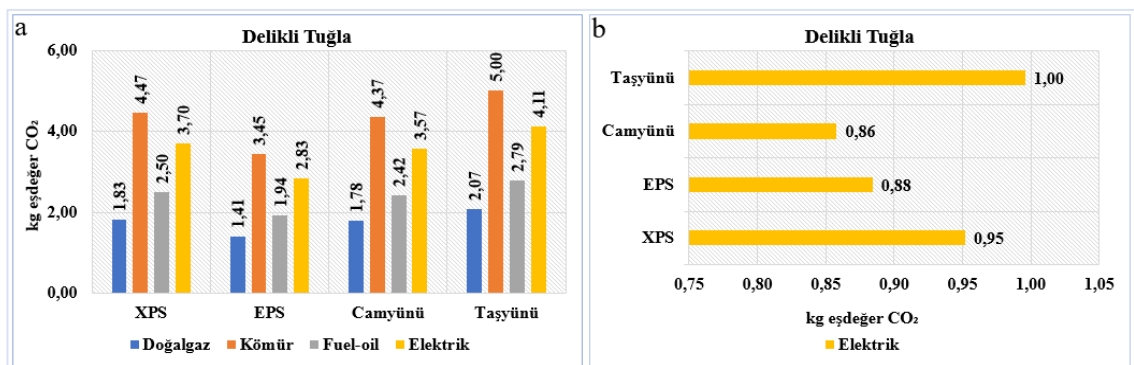
Yapı kabuğunda delikli tuğla kullanıldığı durumda optimum yalıtım kalınlığı maliyet analizi ve enerji tüketimi sonrasında oluşan CO₂ emisyon miktarı aşağıda tablolar halinde sunulmuştur (Şekil 4.30, 4.31, 4.32).



Şekil 4.30. Delikli tuğla duvar için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi doğalgaz, soğutma enerjisi elektrik)

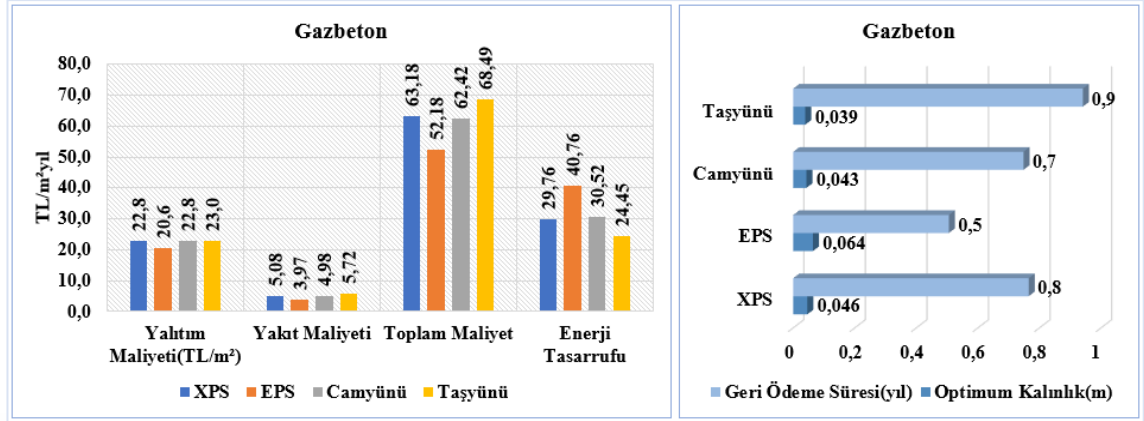


Şekil 4.31. Delikli tuğla duvar için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi elektrik, soğutma enerjisi elektrik)

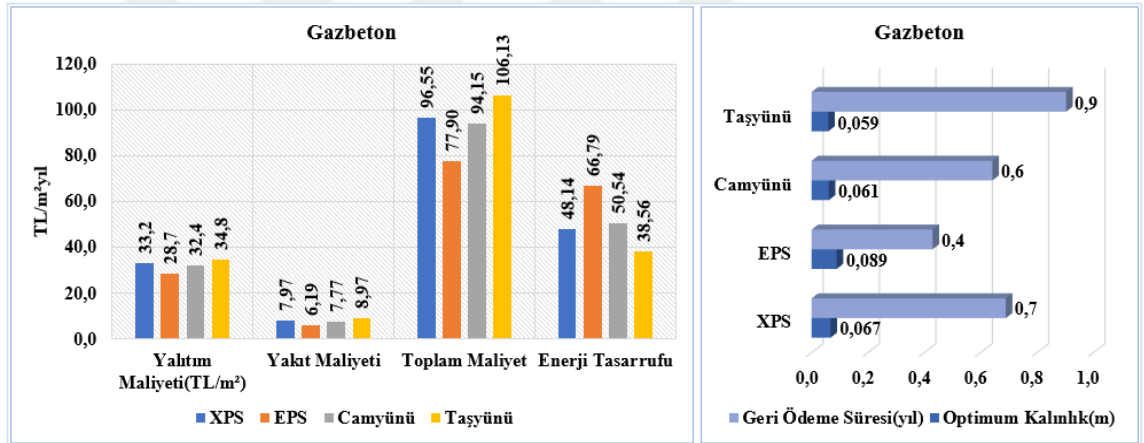


Şekil 4.32. CO₂ emisyon miktarı (kg eşd.CO₂/m²); **a)** yapının ısıtılması ile oluşan emisyon değerleri, **b)** yapının soğutulması ile oluşan emisyon değerleri

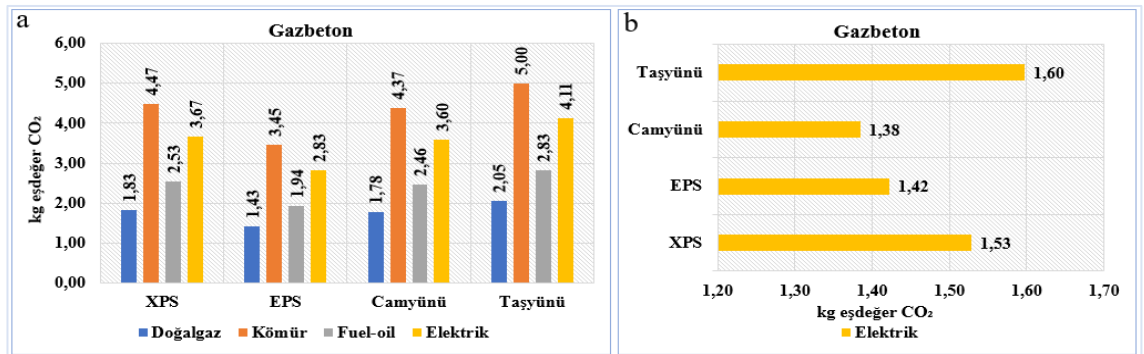
Yapı kabuğunda gazbeton kullanıldığı durumda optimum yalıtım kalınlığı maliyet analizi ve enerji tüketimi sonrasında oluşan CO₂ emisyon miktarı aşağıda tablolar halinde sunulmuştur (Şekil 4.33, 4.34, 4.35).



Şekil 4.33. Gazbeton için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi doğalgaz, soğutma enerjisi elektrik)



Şekil 4.34. Gazbeton için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi elektrik, soğutma enerjisi elektrik)



Şekil 4.35. CO₂ emisyon miktarı (kg eşd.CO₂/m²); a) yapının ısıtılması ile oluşan emisyon değerleri, b) yapının soğutulması ile oluşan emisyon değerleri

4.4.2. Betonarme duvarda ısı yalıtımı

Binada ısıtma ve soğutma enerjisi gereksinimi için yapı kabuğunu oluşturan betonarme duvarda ısıtma amacıyla kullanılacak yalıtım kalınlığı Denklem (4.23), soğutma amacıyla kullanılacak yalıtım kalınlığı Denklem (4.24) yardımıyla hesaplanmıştır. Farklı yalıtım malzemelerine ve yakıt türlerine bağlı olarak elde edilen ısıtmada ve soğutmada yalıtım kalınlıkları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Toplam ısıtma ve soğutma maliyetini minimuma indiren optimum yalıtım kalınlığı Denklem (4.25) yardımıyla hesaplanmıştır. Elde edilen optimum yalıtım kalınlıkları Çizelge 4.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Betonarme duvar için farklı yalıtım malzemelerine ve yakıt türüne bağlı yalıtım kalınlığı (m)

Yalıtım Malz.		XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü
Yakıt Cinsi					
Isıtma	Doğalgaz	0,035	0,045	0,032	0,032
	Kömür	0,046	0,058	0,042	0,042
	Fuel-oil	0,060	0,074	0,054	0,055
	Elektrik	0,066	0,081	0,060	0,060
Soğutma	Elektrik	0,055	0,069	0,051	0,051

Çizelge 4.12. Yalıtım malzemelerine bağlı optimum yalıtım kalınlığı (m)

Yalıtım Malz.	XPS			EPS			Camyünü			Taşıyünü		
	Xoptı	Xopts	Xopti,s	Xoptı	Xopts	Xopti,s	Xoptı	Xopts	Xopti,s	Xoptı	Xopts	Xopti,s
Doğalgaz	0,035	0,055	0,070	0,045	0,069	0,086	0,032	0,051	0,064	0,032	0,051	0,065
Kömür	0,046		0,077	0,058		0,094	0,042		0,070	0,042		0,071
Fuel-oil	0,060		0,086	0,074		0,106	0,054		0,079	0,055		0,080
Elektrik	0,066		0,091	0,081		0,111	0,060		0,083	0,060		0,065

Betonarme duvarda uygulanacak yalıtım malzemesinin optimum kalınlığına bağlı olarak yıllık tüketilen yakıt miktarı, tüketilen yakıt miktarına ait yıllık yakıt maliyeti, optimum yalıtım malzemesi maliyeti ve bunların toplamının oluşturduğu yıllık ısıtma ve soğutma maliyeti Çizelge 4.13’te gösterilmiştir. Binada kullanılacak ısıtma enerjisi türüne göre optimum yalıtım kalınlığı maliyet hesabı yapılarak Çizelge 4.14’te gösterilmiştir. İlk durum; binada, ısıtmada doğalgaz, soğutmada elektrik enerjisi kullanıldığı durumdur. İkinci durum ise binada hem ısıtmada hem soğutmada elektrik enerjisi kullanıldığı durumdur. Yapı kabuğunda yer alan betonarme duvar için yalıtım malzemelerine göre maliyet karşılaştırması Çizelge 4.15’te, Şekil 4.36’da ve Şekil 4.37’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. Betonarme duvar için optimum yalıtım kalınlığına bağlı ısıtma ve soğutma maliyet analizi

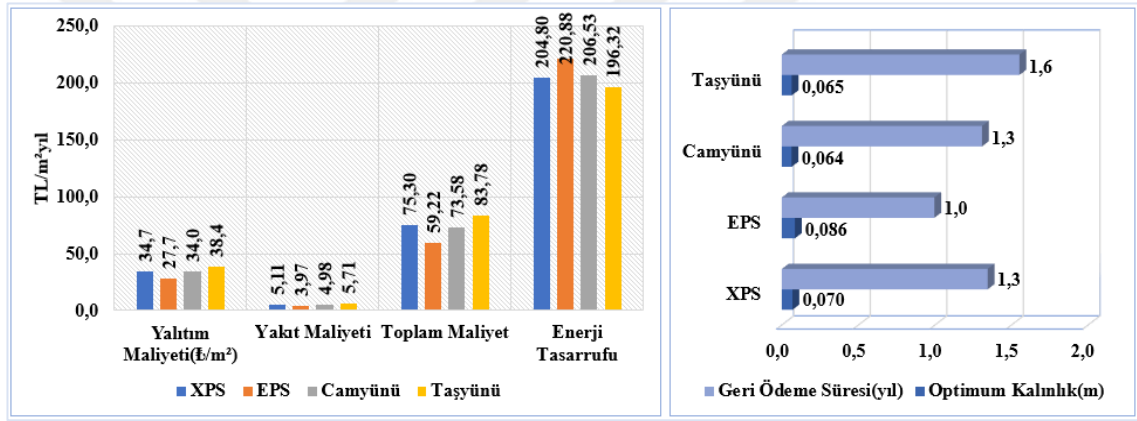
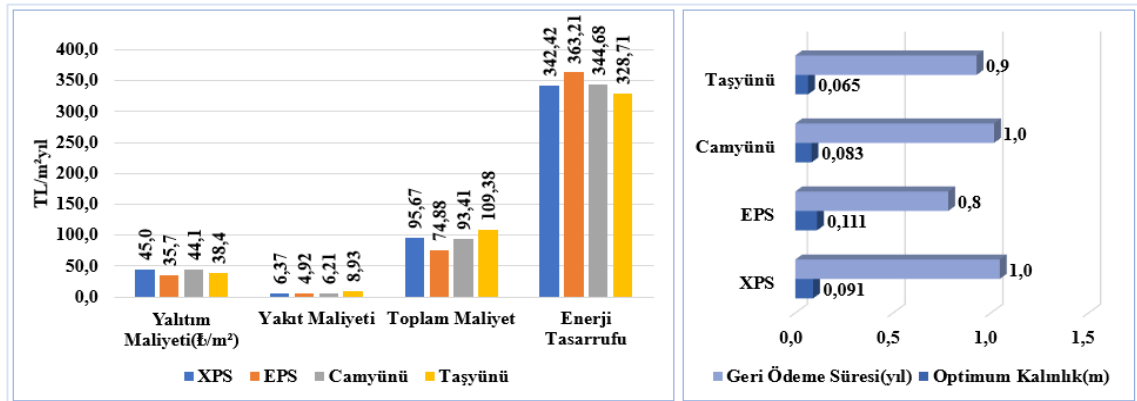
Yalıtım Malzemesi Yakıt Cinsi		Tüketilen Yakıt Miktarı				Yakıt Maliyeti (TL/m ² -yıl)				Yalıtım Malz. Maliyeti (TL/m ² -yıl)				Toplam Maliyet (TL/m ² -yıl)			
		XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü
Isıtma	Doğalgaz	0,72	0,55	0,70	0,80	1,47	1,12	1,43	1,63	17,33	14,49	16,99	18,88	18,79	15,61	18,42	20,51
	Elektrik	3,87	3,00	3,79	4,39	2,40	1,86	2,35	2,72	32,67	26,08	31,86	35,40	35,07	27,94	34,21	38,12
Soğutma	Elektrik	6,79	5,20	6,54	7,55	4,21	3,22	4,05	4,68	27,23	22,22	27,08	30,09	31,43	25,44	31,14	34,77

Çizelge 4.14. Isıtmada kullanılan yakıt türüne bağlı olarak hem ısıtmada hem soğutmada optimum yalıtım kalınlığı maliyet analizi-1

Yalıtım Malzemesi Yakıt Cinsi		Tüketilen Yakıt Miktarı				Yakıt Maliyeti (TL/m²-yıl)				Yalıtım Mal. Maliyeti (TL/m²-yıl)				Toplam Maliyet (TL/m²-yıl)			
		XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü
1. Durum																	
Isıtma	Doğalgaz	0,82	0,64	0,80	0,92	1,67	1,31	1,63	1,88	34,65	27,69	33,98	38,35	36,32	29,00	35,62	40,23
Soğutma	Elektrik	5,55	4,29	5,40	6,19	3,44	2,66	3,35	3,84					38,09	30,35	37,33	42,19
2. Durum																	
Isıtma	Elektrik	5,86	4,53	5,71	8,22	3,63	2,81	3,54	5,10	45,05	35,74	44,07	38,35	48,68	38,55	47,61	43,45
Soğutma	Elektrik	4,41	3,41	4,30	6,19	2,73	2,11	2,67	3,84					47,78	37,86	46,74	42,19

Çizelge 4.15. Betonarme duvar için optimum yalıtım kalınlığı ve maliyet analizi-2

Isıtma Enerjisi	Soğutma Enerjisi	Hesap Kalemleri	Yalıtımsız Durumda Yakıt Maliyeti (TL/m²yıl)	Yalıtım Malzemesi			
				XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü
1. Durum							
Doğalgaz	Elektrik	Optimum Kalınlık(m)	280,10	0,07	0,086	0,064	0,065
		Yalıtım Maliyeti(TL/m²yıl)		34,65	27,69	33,98	38,35
		Yakıt Maliyeti(TL/m²yıl)		5,11	3,97	4,98	5,71
		Toplam Maliyet(TL/m²yıl)		75,30	59,22	73,58	83,78
		Enerji Tasarrufu(TL/m²yıl)		204,80	220,88	206,53	196,32
		Geri Ödeme Süresi(yıl)		1,3	1,0	1,3	1,6
2. Durum							
Elektrik	Elektrik	Optimum Kalınlık(m)	438,09	0,091	0,111	0,083	0,065
		Yalıtım Maliyeti(TL/m²yıl)		45,05	35,74	44,07	38,35
		Yakıt Maliyeti(TL/m²yıl)		6,37	4,92	6,21	8,93
		Toplam Maliyet(TL/m²yıl)		95,67	74,88	93,41	109,38
		Enerji Tasarrufu(TL/m²yıl)		342,42	363,21	344,68	328,71
		Geri Ödeme Süresi(yıl)		1,0	0,8	1,0	0,9

**Şekil 4.36.** Betonarme duvar için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi doğalgaz, soğutma enerjisi elektrik)**Şekil 4.37.** Betonarme duvar için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi elektrik, soğutma enerjisi elektrik)

4.4.3. Toprak temaslı döşemede ısı yalıtımı

Binada ısıtma ve soğutma enerjisi gereksinimi için yapı kabuğunu oluşturan toprak temaslı döşemede ısıtma amacıyla kullanılacak yalıtım kalınlığı Denklem (4.23), soğutma amacıyla kullanılacak yalıtım kalınlığı Denklem (4.24) yardımıyla hesaplanmıştır. Farklı yalıtım malzemelerine ve yakıt türlerine bağlı olarak elde edilen ısıtmada ve soğutmada yalıtım kalınlıkları Çizelge 4.16’te verilmiştir. Toplam ısıtma ve soğutma maliyetini minimuma indiren optimum yalıtım kalınlığı Denklem (4.25) yardımıyla hesaplanmıştır. Elde edilen optimum yalıtım kalınlıkları Çizelge 4.17’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. Toprak temaslı döşeme için farklı yalıtım malzemelerine ve yakıt türüne bağlı yalıtım kalınlığı (m)

Yalıtım Malzemesi		XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü
Yakıt Cinsi					
Isıtma	Doğalgaz	0,018	0,025	0,017	0,015
	Kömür	0,026	0,035	0,024	0,022
	Fuel-oil	0,035	0,046	0,032	0,032
	Elektrik	0,040	0,051	0,036	0,035
Soğutma	Elektrik	0,032	0,042	0,03	0,029

Çizelge 4.17. Yalıtım malzemelerine bağlı optimum yalıtım kalınlığı (m)

Yalıtım Mlz.	XPS			EPS			Camyünü			Taşıyünü		
	Xopti	Xopts	Xopti,s	Xopti	Xopts	Xopti,s	Xopti	Xopts	Xopti,s	Xopti	Xopts	Xopti,s
Doğalgaz	0,018	0,032	0,043	0,025	0,042	0,055	0,017	0,030	0,039	0,015	0,029	0,039
Kömür	0,026		0,048	0,035		0,060	0,024		0,044	0,022		0,043
Fuel-oil	0,035		0,054	0,046		0,068	0,032		0,050	0,032		0,049
Elektrik	0,040		0,057	0,051		0,072	0,036		0,052	0,035		0,052

Toprak temaslı döşemede uygulanacak yalıtım malzemesinin optimum kalınlığına bağlı olarak yıllık tüketilen yakıt miktarı, tüketilen yakıt miktarına ait yıllık yakıt maliyeti, optimum yalıtım malzemesi maliyeti ve bunların toplamının oluşturduğu yıllık ısıtma ve soğutma maliyeti Çizelge 4.18’te gösterilmiştir. Binada kullanılacak ısıtma enerjisi türüne göre optimum yalıtım kalınlığı maliyet hesabı yapılarak Çizelge 4.19’da gösterilmiştir. Yapı kabuğunu oluşturan toprak temaslı döşeme için optimum yalıtım malzemelerine göre toplam maliyet karşılaştırması Çizelge 4.20’de, Şekil 4.38’te ve Şekil 4.39’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. Toprak temaslı döşeme için optimum yalıtım kalınlığına bağlı ısıtma ve soğutma maliyet analizi

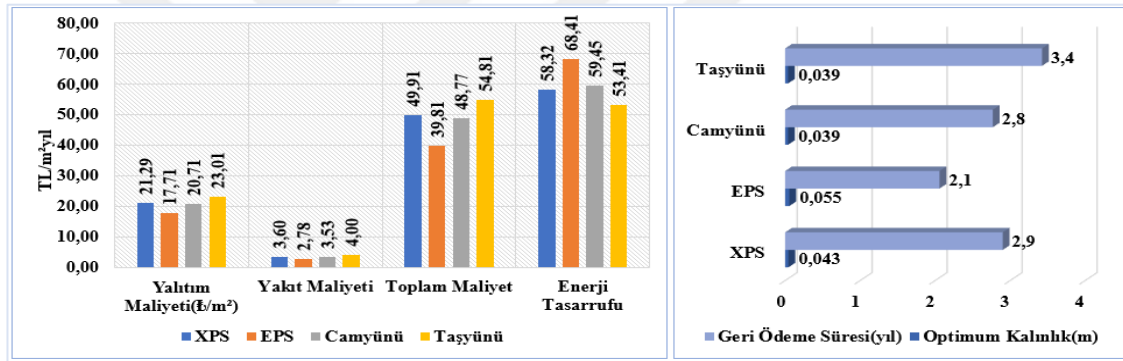
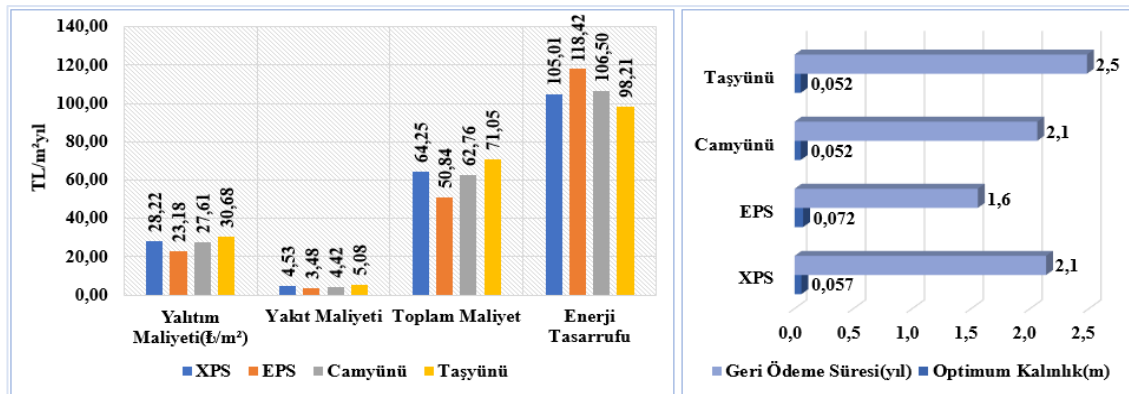
Yalıtım Malzemesi Yakıt Cinsi		Tüketilen Yakıt Miktarı				Yakıt Maliyeti (TL/m ² -yıl)				Yalıtım Malzeme Maliyeti (TL/m ² -yıl)				Toplam Maliyet (TL/m ² -yıl)			
		XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü
Isıtma	Doğalgaz	1,01	0,79	0,98	1,15	2,06	1,61	2,00	2,35	8,91	8,05	9,03	8,85	10,97	9,66	11,03	11,20
	Elektrik	5,46	4,25	5,40	6,24	3,39	2,64	3,35	3,87	19,80	16,42	19,12	20,65	23,19	19,06	22,46	24,52
Soğutma	Elektrik	4,81	3,71	4,62	5,32	2,98	2,30	2,86	3,30	15,84	13,52	15,93	17,11	18,82	15,82	18,79	20,41

Çizelge 4.19. Isıtmada kullanılan yakıt türüne bağlı olarak hem ısıtmada hem soğutmada optimum yalıtım kalınlığı maliyet analizi-1

Yalıtım Malzemesi Yakıt Cinsi		Tüketilen Yakıt Miktarı				Yakıt Maliyeti (TL/m²-yıl)				Yalıtım Malz. Maliyeti (TL/m²-yıl)				Toplam Maliyet (TL/m²-yıl)			
		XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü
1. Durum																	
Isıtma	Doğalgaz	0,58	0,45	0,57	0,64	1,18	0,92	1,16	1,31	21,29	17,71	20,71	23,01	22,47	18,63	21,87	24,32
Soğutma	Elektrik	3,89	3,01	3,82	4,34	2,41	1,87	2,37	2,69					23,70	19,58	23,08	25,70
2. Durum																	
Isıtma	Elektrik	4,17	3,20	4,07	4,67	2,59	1,98	2,52	2,90	28,22	23,18	27,61	30,68	30,80	25,17	30,14	33,58
Soğutma	Elektrik	3,14	2,41	3,06	3,52	1,95	1,49	1,90	2,18					30,16	24,68	29,51	32,86

Çizelge 4.20. Toprak temaslı döşeme için optimum yalıtım kalınlığı ve maliyet analizi-2

Isıtma Enerjisi	Soğutma Enerjisi	Hesap Kalemleri	Yalıtımsız Durumda Yakıt Maliyeti (TL/m².yıl)	Yalıtım Malzemesi			
				XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü
1. Durum							
Doğalgaz	Elektrik	Optimum Kalınlık(m)	108,22	0,043	0,055	0,039	0,039
		Yalıtım Maliyeti(TL/m².yıl)		21,29	17,71	20,71	23,01
		Yakıt Maliyeti(TL/m².yıl)		3,60	2,78	3,53	4,00
		Toplam Maliyet(TL/m².yıl)		49,91	39,81	48,77	54,81
		Enerji Tasarrufu(TL/m².yıl)		58,32	68,41	59,45	53,41
		Geri Ödeme Süresi(yıl)		2,9	2,1	2,8	3,4
2. Durum							
Elektrik	Elektrik	Optimum Kalınlık(m)	169,26	0,057	0,072	0,052	0,052
		Yalıtım Maliyeti(TL/m².yıl)		28,22	23,18	27,61	30,68
		Yakıt Maliyeti(TL/m².yıl)		4,53	3,48	4,42	5,08
		Toplam Maliyet(TL/m².yıl)		64,25	50,84	62,76	71,05
		Enerji Tasarrufu(TL/m².yıl)		105,01	118,42	106,50	98,21
		Geri Ödeme Süresi(yıl)		2,1	1,6	2,1	2,5

**Şekil 4.38.** Toprak temaslı döşeme için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi doğalgaz, soğutma enerjisi elektrik)**Şekil 4.39.** Toprak temaslı döşeme için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi elektrik, soğutma enerjisi elektrik)

4.4.4. Çatı döşemesinde ısı yalıtımı

Binada ısıtma ve soğutma enerjisi gereksinimi için yapı kabuğunu oluşturan çatı döşemesinde ısıtma amacıyla kullanılacak yalıtım kalınlığı Denklem (4.23), soğutma amacıyla kullanılacak yalıtım kalınlığı Denklem (4.24) yardımıyla hesaplanmıştır. Farklı yalıtım malzemelerine ve yakıt türlerine bağlı olarak elde edilen ısıtmada ve soğutmada yalıtım kalınlıkları Çizelge 4.21’de verilmiştir. Toplam ısıtma ve soğutma maliyetini minimuma indiren optimum yalıtım kalınlığı Denklem (4.25) yardımıyla hesaplanmıştır. Elde edilen optimum yalıtım kalınlıkları Çizelge 4.22’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.21. Çatı döşemesi için farklı yalıtım malzemelerine ve yakıt türüne bağlı optimum yalıtım kalınlığı (m)

Yalıtım Malz. Yakıt Cinsi		XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü
Isıtma	Doğalgaz	0,036	0,045	0,033	0,032
	Kömür	0,047	0,058	0,043	0,043
	Fuel-oil	0,060	0,074	0,055	0,055
	Elektrik	0,066	0,082	0,060	0,061
Soğutma	Elektrik	0,056	0,069	0,051	0,051

Çizelge 4.22. Yalıtım malzemelerine bağlı optimum yalıtım kalınlığı (m)

Yalıtım Malz. Yakıt Cinsi	XPS			EPS			Camyünü			Taşıyünü		
	Xopti	Xopts	Xopti,s	Xopti	Xopts	Xopti,s	Xopti	Xopts	Xopti,s	Xopti	Xopts	Xopti,s
Doğalgaz	0,018	0,032	0,043	0,025	0,042	0,055	0,017	0,030	0,039	0,015	0,029	0,039
Kömür	0,026		0,048	0,035		0,060	0,024		0,044	0,022		0,043
Fuel-oil	0,035		0,054	0,046		0,068	0,032		0,050	0,032		0,049
Elektrik	0,040		0,057	0,051		0,072	0,036		0,052	0,035		0,052

Çatı döşemesinde uygulanacak yalıtım malzemesinin optimum kalınlığına bağlı olarak yıllık tüketilen yakıt miktarı, tüketilen yakıt miktarına ait yıllık yakıt maliyeti, optimum yalıtım malzemesi maliyeti ve bunların toplamının oluşturduğu yıllık ısıtma ve soğutma maliyeti Çizelge 4.23’te gösterilmiştir. Binada kullanılacak ısıtma enerjisi türüne göre optimum yalıtım kalınlığı maliyet hesabı yapılarak Çizelge 4.24’te gösterilmiştir. Yapı kabuğunu oluşturan çatı döşemesi için optimum yalıtım malzemelerine göre maliyet karşılaştırması Çizelge 4.25’te, Şekil 4.40’ta ve Şekil 4.41’de sunulmuştur.

Çizelge 4.23. Çatı döşemesi için optimum yalıtım kalınlığına bağlı ısıtma ve soğutma maliyet analizi

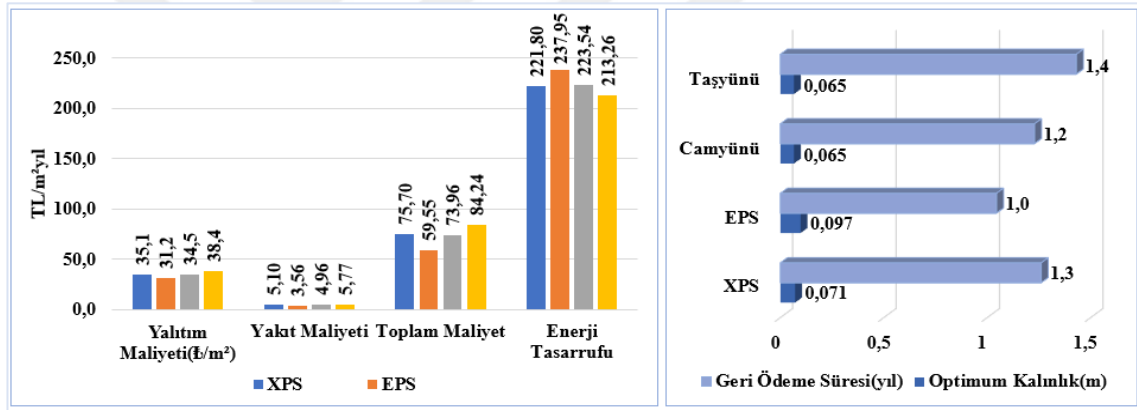
Yalıtım Malzemesi Yakıt Cinsi		Tüketilen Yakıt Miktarı				Yakıt Maliyeti (TL/m ² -yıl)				Yalıtım Malz. Maliyeti (TL/m ² -yıl)				Toplam Maliyet (TL/m ² -yıl)			
		XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü
Isıtma	Doğalgaz	1,43	1,12	1,39	1,62	2,92	2,28	2,84	3,30	17,8	14,49	17,52	18,88	20,74	16,77	20,36	22,18
	Elektrik	7,81	5,98	7,64	8,75	4,84	3,71	4,74	5,43	32,7	26,40	31,86	35,99	37,51	30,11	36,60	41,42
Soğutma	Elektrik	6,75	5,24	6,60	7,64	4,19	3,25	4,09	4,74	27,7	22,22	27,08	30,09	31,91	25,47	31,17	34,83

Çizelge 4.24. Isıtmada kullanılan yakıt türüne bağlı olarak hem ısıtmada hem soğutmada optimum yalıtım kalınlığı maliyet analizi-1

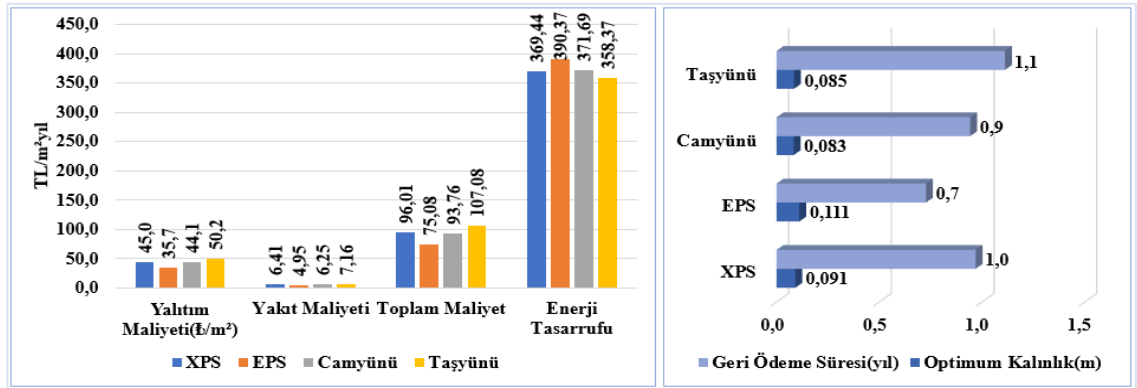
Yalıtım Malzemesi Yakıt Cinsi		Tüketilen Yakıt Miktarı				Yakıt Maliyeti (TL/m²-yıl)				Yalıtım Mal. Maliyeti (TL/m²-yıl)				Toplam Maliyet (TL/m²-yıl)			
		XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü	XPS	EPS	Camyünü	Taşıyünü
1. Durum																	
Isıtma	Doğalgaz	0,82	0,57	0,80	0,93	1,67	1,16	1,63	1,90	35,15	31,23	34,52	38,35	36,82	32,40	36,15	40,25
Soğutma	Elektrik	5,53	3,87	5,37	6,25	3,43	2,40	3,33	3,88					38,57	33,63	37,84	42,23
2. Durum																	
Isıtma	Elektrik	5,90	4,55	5,75	6,59	3,66	2,82	3,57	4,09	45,05	35,74	44,07	50,15	48,70	38,56	47,64	54,24
Soğutma	Elektrik	4,44	3,43	4,33	4,96	2,75	2,13	2,68	3,08					47,80	37,87	46,76	53,23

Çizelge 4.25. Çatı döşemesi için optimum yalıtım kalınlığı ve maliyet analizi-2

Isıtma Enerjisi	Soğutma Enerjisi	Hesap Kalemleri	Yalıtımsız Durumda Yakıt Maliyeti (TL/m²yıl)	Yalıtım Malzemesi			
				XPS	EPS	Camyünü	Taşyünü
1. Durum							
Doğalgaz	Elektrik	Optimum Kalınlık(m)	297,50	0,071	0,097	0,065	0,065
		Yalıtım Maliyeti(TL/m²yıl)		35,15	31,23	34,52	38,35
		Yakıt Maliyeti(TL/m²yıl)		5,10	3,56	4,96	5,77
		Toplam Maliyet(TL/m²yıl)		75,70	59,55	73,96	84,24
		Enerji Tasarrufu(TL/m²yıl)		221,80	237,95	223,54	213,26
		Geri Ödeme Süresi(yıl)		1,3	1,0	1,2	1,4
2. Durum							
Elektrik	Elektrik	Optimum Kalınlık(m)	465,45	0,091	0,111	0,083	0,085
		Yalıtım Maliyeti(TL/m²yıl)		45,05	35,74	44,07	50,15
		Yakıt Maliyeti(TL/m²yıl)		6,41	4,95	6,25	7,16
		Toplam Maliyet(TL/m²yıl)		96,01	75,08	93,76	107,08
		Enerji Tasarrufu(TL/m²yıl)		369,44	390,37	371,69	358,37
		Geri Ödeme Süresi(yıl)		1,0	0,7	0,9	1,1



Şekil 4.40. Çatı döşemesi için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi doğalgaz, soğutma enerjisi elektrik)



Şekil 4.41. Çatı döşemesi için optimum yalıtım kalınlığına bağlı maliyet analizi (ısıtma enerjisi elektrik, soğutma enerjisi elektrik)

Çizelge 4.25 incelendiğinde, bina kabuğunda en fazla optimum kalınlığı çatı döşemesinin sahip olduğu görülmektedir. Isıtmada doğalgaz kullanıldığı durumda çatı döşemesinde 0,097m kalınlığa sahip EPS yalıtım malzemesi ile enerjide optimum tasarruf sağlanmaktadır.

Yapılan ekonomik optimizasyonla yapı kabuğunu oluşturan elemanların optimum yalıtım malzemeleri ve bu yalıtım malzemelerine ait optimum kalınlıklar ayrı ayrı elde edilmiştir. Hesaplamalar sonucunda elde edilen yalıtım kalınlıkları, piyasada standart olarak üretilmiş hazır yalıtım malzemelerinden farklı olması nedeniyle piyasada bulunan yalıtım malzeme kalınlıklarına yuvarlanmıştır. Hesaplanan ve çalışma kapsamında kullanılan yalıtım malzemeleri ve bu malzemelere ait yalıtım kalınlıkları Çizelge 4.26’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.26. Antalya’da farklı yakıt türüne göre bina kabuğunda uygulanması gereken optimum yalıtım malzemesi ve kalınlığı

Yalıtım Uygulama Alanı	Yakıt Türü		Yalıtım Uygulanan Malzeme	Yalıtım Malzemesi	Hesaplanan Yalıtım Malzemesi Kalınlığı(m)	Uygulanan Yalıtım Malzemesi Kalınlığı(m)
	Isıtma	Soğutma				
Toprak Temaslı Döşeme	Doğalgaz	Elektrik	Betonarme	EPS	0,055	0,060
	Elektrik	Elektrik	Betonarme	EPS	0,072	0,070
Çatı Döşemesi	Doğalgaz	Elektrik	Betonarme	EPS	0,087	0,100
	Elektrik	Elektrik	Betonarme	EPS	0,111	0,120
Duvar	Doğalgaz	Elektrik	Üç Sıralı Blok Bims	EPS	0,059	0,060
			Delikli Tuğla	EPS	0,053	0,050
			Gazbeton	EPS	0,064	0,070
	Elektrik	Elektrik	Üç Sıralı Blok Bims	EPS	0,083	0,080
			Delikli Tuğla	EPS	0,078	0,080
			Gazbeton	Camyünü	0,061	0,060
Betonarme Duvar	Doğalgaz	Elektrik	Betonarme	EPS	0,086	0,100
	Elektrik	Elektrik	Betonarme	EPS	0,111	0,120

4.5. Bina Kabuğunda Isı Yalıtımın İyileştirilmesi

Antalya’da farklı yakıt türüne göre bina kabuğunda uygulanması gereken optimum yalıtım malzemesi ve kalınlığı yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilmiştir. Elde edilen optimum ısı yalıtım malzemesi ve kalınlıkları baz binalarda ısı yalıtım iyileştirme senaryolarında kullanılmıştır. Çalışma kapsamında ısıtmada doğalgaz, soğutmada elektrik enerjisi kullanıldığı kabul edilen, referans binalar “Baz Bina-1” olarak ifade edilecektir. Hem ısıtmada hem soğutmada elektrik enerjisi kullanıldığı kabul edilen referans binalar ise “Baz Bina-2” olarak ifade edilecektir. Yapılan ekonomik optimizasyon hesapları sonucunda yapı kabuğu elemanlarında ısı yalıtım için elde edilen optimum yalıtım malzemeleri ve bu yalıtım malzemesine ait optimum yalıtım kalınlıkları senaryolar oluşturularak Baz Bina-1’de ve Baz Bina-2’de mevcut ısı yalıtım malzemeleri yerine uygulanmıştır (Çizelge 4.27). Baz Binalara uygulanan ısı yalıtım iyileştirme

senaryoları sonrasında kabuk elemanlarında hesaplanan ısı geçirgenlik katsayıları Çizelge 4.28’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.27. Baz Binalar için hesaplanan ısı yalıtım iyileştirme senaryoları

Baz Binalar	Senaryolar	Yalıtım Uygulama Alanı								
		Toprak Temaslı Döşeme		Çatı Döşemesi		Duvar			Betonarme Duvar	
		Yalıtım Malzemesi	Yalıtım Kalınlığı	Yalıtım Malzemesi	Yalıtım Kalınlığı	Duvar Elemanı	Yalıtım Malzemesi	Yalıtım Kalınlığı	Yalıtım Malzemesi	Yalıtım Kalınlığı
Baz Bina-1	Senaryo 1	EPS	0,060	EPS	0,100	Üç Sıralı Blok Bims	EPS	0,060	EPS	0,060
	Senaryo 2	EPS	0,060	EPS	0,100	Delikli Tuğla	EPS	0,050	EPS	0,050
	Senaryo 3	EPS	0,060	EPS	0,100	Gazbeton	EPS	0,070	EPS	0,070
Baz Bina-2	Senaryo 1	EPS	0,070	EPS	0,120	Üç Sıralı Blok Bims	EPS	0,080	EPS	0,080
	Senaryo 2	EPS	0,070	EPS	0,120	Delikli Tuğla	EPS	0,080	EPS	0,080
	Senaryo 3	EPS	0,070	EPS	0,120	Gazbeton	Camyünü	0,060	EPS	0,060

Çizelge 4.28. Bina kabuk elemanların iyileştirme öncesi ve sonrası U- değerleri

Kabuk Elemanı-U Değerleri (W/m²K)	TS 825 / 1. İklim Bölgesi	Baz Binalar	Tasarım Binalar-1	Tasarım Binalar-2
Duvar (U_D)	0,66	0,73	0,35	0,30
Çatı Döşemesi (U_T)	0,43	0,57	0,29	0,25
Toprak Temaslı Döşeme (U_I)	0,66	0,53	0,43	0,38
Pencere (U_p)	1,8	2,9	0,6	0,6

Çizelge 4.28 incelendiğinde Baz Binalarda sadece çatı döşemesinde yapılan ısı yalıtım uygulamasının TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği’ne uygun olduğu görülmektedir. Isı yalıtım iyileştirme senaryoları sonucunda oluşturulan Tasarım Binalarda kabuk elemanlarının tümü ısı yalıtım yönetmeliğini sağlamaktadır. Isı yalıtım iyileştirme senaryoları Baz Bina modellerine uygulanarak oluşturulan Tasarım Bina modellerinde, DesignBuilder ve EnergyPlus dinamik simülasyon programıyla analizler gerçekleştirilerek elde edilen enerji tasarrufu, enerji maliyet artışı ve emisyon oranları tablolar halinde aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 4.29. B Blok Baz Bina-1 ve Baz Bina-2 için ısı yalıtım iyileştirme sonrası enerji tüketimi, maliyetleri ve emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet				Emisyon Oranları		
	Enerji Kaynağı	Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Doğalgaz	Elektrik	Toplam	Birim Alan	Doğalgaz	Elektrik	Toplam
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m ² yıl	TL	TL	TL	TL/m ² yıl	kg	kg	kg
Baz Bina-1																		
MD	Baz Bina-1	70881	106702	68714	90819	2555	1125	485	10599	351881	74	13923	181002	194926	41	33316	37091	70408
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	42316	108349	68714	90819	2555	1106	304	10599	324764	68	8312	181935	190247	40	19890	37282	57172
	Tasarruf Oranı	40,30%	-1,54%	0,00%	0,00%	0,00%	1,63%	37,22%	0,00%	7,71%	7,71%	40,30%	-0,52%	2,40%	2,40%	40,30%	-0,52%	18,80%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	43182	108239	68714	90819	2555	1106	308	10599	325523	69	8482	181866	190349	40	20297	37268	57565
	Tasarruf Oranı	39,08%	-1,44%	0,00%	0,00%	0,00%	1,65%	36,46%	0,00%	7,49%	7,49%	39,08%	-0,48%	2,35%	2,35%	39,08%	-0,48%	18,24%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	41032	108381	68714	90819	2555	1106	298	10599	323505	68	8060	181951	190011	40	19286	37286	56572
	Tasarruf Oranı	42,11%	-1,57%	0,00%	0,00%	0,00%	1,66%	38,65%	0,00%	8,06%	8,06%	42,11%	-0,52%	2,52%	2,52%	42,11%	-0,52%	19,65%
Baz Bina-2																		
MD	Baz Bina-2	29031	106688	68714	90819	2555	2811	168	10599	311386	66	-	200575	200575	42	-	41102	41102
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	16103	108888	68714	90819	2555	2766	168	10599	300612	63	-	193636	193636	41	-	39680	39680
	Tasarruf Oranı	44,53%	-2,06%	0,00%	0,00%	0,00%	1,63%	0,00%	0,00%	3,46%	3,46%	-	3,46%	103,5%	3,46%	-	3,46%	3,46%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	15759	108963	68714	90819	2555	2765	168	10599	300342	63	-	193462	193463	41	-	39644	39644
	Tasarruf Oranı	45,72%	-2,13%	0,00%	0,00%	0,00%	1,65%	0,00%	0,00%	3,55%	3,55%	-	3,55%	103,5%	3,55%	-	3,55%	3,55%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	17639	108387	68714	90819	2555	2765	168	10599	301646	64	-	194301	194302	41	-	39816	39816
	Tasarruf Oranı	39,24%	-1,59%	0,00%	0,00%	0,00%	1,66%	0,00%	0,00%	3,13%	3,13%	-	3,13%	103,1%	3,13%	-	3,13%	3,13%

Çizelge 4.30. D Blok Baz Bina-1 ve Baz Bina-2 için ısı yalıtım iyileştirme sonrası enerji tüketimi, maliyetleri ve emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet				Emisyon Oranları		
												Doğalgaz	Elektrik	Toplam	Birim Alan	Doğalgaz	Elektrik	Toplam
	Enerji Kaynağı	Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	TL	TL	TL	TL/m² yıl	kg	kg	kg
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m² yıl	TL	TL	TL	TL/m² yıl	kg	kg	kg
Baz Bina-1																		
MD	Baz Bina 1	81872	85322	57515	84825	3650	770	1116	10599	325668	65	16082	157038	173120	35	36520	30539	67059
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	54414	86307	57515	84825	3650	727	602	10599	298639	60	10689	157314	168003	34	24272	30593	54865
	Tasarruf Oranı	33,54%	-1,15%	0,00%	0,00%	0,00%	5,62%	46,04%	0,00%	8,30%	8,30%	33,54%	-0,18%	2,96%	2,96%	33,54%	-0,18%	18,18%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	55266	86188	57515	84825	3650	725	613	10599	299382	60	10856	157244	168100	34	24652	30579	55231
	Tasarruf Oranı	32,50%	-1,02%	0,00%	0,00%	0,00%	5,81%	45,06%	0,00%	8,07%	8,07%	32,50%	-0,13%	2,90%	2,90%	32,50%	-0,13%	17,64%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	53142	86276	57515	84825	3650	730	582	10599	297319	59	10439	157283	167722	34	23705	30587	54292
	Tasarruf Oranı	35,09%	-1,12%	0,00%	0,00%	0,00%	5,16%	47,80%	0,00%	8,70%	8,70%	35,09%	-0,16%	3,12%	3,12%	35,09%	-0,16%	19,04%
Baz Bina-2																		
MD	Baz Bina 2	31646	85313	57515	84825	3650	1925	168	10599	275640	55	-	177550	177550	36	-	34528	34528
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	19703	86683	57515	84825	3650	1817	168	10599	264959	53	-	170670	170670	34	-	33190	33190
	Tasarruf Oranı	37,74%	-1,60%	0,00%	0,00%	0,00%	5,62%	0,00%	0,00%	3,88%	3,88%	-	3,88%	3,88%	3,88%	-	3,88%	3,88%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	19350	86690	57515	84825	3650	1813	168	10599	264609	53	-	170444	170444	34	-	33146	33146
	Tasarruf Oranı	38,86%	-1,61%	0,00%	0,00%	0,00%	5,81%	0,00%	0,00%	4,00%	4,00%	-	4,00%	4,00%	4,00%	-	4,00%	4,00%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	21234	86266	57515	84825	3650	1826	168	10599	266082	53	-	171393	171393	34	-	33331	33331
	Tasarruf Oranı	32,90%	-1,12%	0,00%	0,00%	0,00%	5,16%	0,00%	0,00%	3,47%	3,47%	-	3,47%	3,47%	3,47%	-	3,47%	3,47%

Çizelge 4.31. F Blok Baz Bina-1 ve Baz Bina-2 için ısı yalıtım iyileştirme sonrası enerji tüketimi, maliyetleri ve emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet				Emisyon Oranları		
	Enerji Kaynağı	Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Doğalgaz	Elektrik	Toplam	Birim Alan	Doğalgaz	Elektrik	Toplam
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m² yıl	TL	TL	TL	TL/m² yıl	kg	kg	kg
Baz Bina-1																		
MD	Baz Bina-1	71084	105454	62027	90320	2555	1112	646	10599	343797	66	13963	175665	189628	36	30488	32848	63336
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	44225	107708	62027	90320	2555	1104	377	10599	318914	61	8687	176937	185625	36	18968	33086	52054
	Tasarruf Oranı	37,79%	-2,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,72%	41,75%	0,00%	7,24%	7,24%	37,79%	-0,72%	2,11%	2,11%	37,79%	-0,72%	17,81%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	44968	107567	62027	90320	2555	1104	381	10599	319520	61	8833	176849	185682	36	19287	33069	52356
	Tasarruf Oranı	36,74%	-2,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,74%	41,09%	0,00%	7,06%	7,06%	36,74%	-0,67%	2,08%	2,08%	36,74%	-0,67%	17,34%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	42778	107730	62027	90320	2555	1101	364	10599	317474	61	8403	176942	185345	36	18348	33087	51434
	Tasarruf Oranı	39,82%	-2,16%	0,00%	0,00%	0,00%	0,95%	43,64%	0,00%	7,66%	7,66%	39,82%	-0,73%	2,26%	2,26%	39,82%	-0,73%	18,79%
Baz Bina-2																		
MD	Baz Bina 2	27957	105441	62027	90320	2555	2780	168	10599	301847	58	–	194431	194431	37	–	36357	36357
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	16129	108257	62027	90320	2555	2760	168	10599	292814	56	–	188612	188612	36	–	35269	35269
	Tasarruf Oranı	42,31%	-2,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,72%	0,00%	0,00%	2,99%	2,99%	–	2,99%	2,99%	2,99%	–	2,99%	2,99%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	15788	108331	62027	90320	2555	2759	168	10599	292547	56	–	188440	188440	36	–	35237	35237
	Tasarruf Oranı	43,53%	-2,74%	0,00%	0,00%	0,00%	0,74%	0,00%	0,00%	3,08%	3,08%	–	3,08%	3,08%	3,08%	–	3,08%	3,08%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	17424	107632	62027	90320	2555	2753	168	10599	293478	56	–	189040	189040	36	–	35349	35349
	Tasarruf Oranı	37,68%	-2,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,95%	0,00%	0,00%	2,77%	2,77%	–	2,77%	2,77%	2,77%	–	2,77%	2,77%

Çizelge 4.29 incelendiğinde, B Blok Baz Bina-1’de ısı yalıtımının iyileştirilmesiyle oluşturulan Tasarım Bina-3’te ısıtmada %42,11 enerji tasarrufu sağlanırken soğutmada %1,57 enerji artışı görülmüştür. B Blok Baz Bina-1’de Senaryo-3’ün uygulanmasıyla toplam yıllık enerji tüketiminde %8,06 tasarruf, toplam enerji maliyetinde %2,52 tasarruf, emisyon salınımında %19,65 azalım elde edilmiştir. Çizelge 4.30 incelendiğinde ise B Blok Baz Bina-2 için en iyi ısı yalıtım iyileştirme senaryosunun Senaryo-1 olduğu görülmektedir. Senaryo-1’in uygulanmasıyla elde edilen Tasarım Bina-1’de, ısıtmada %44,53 enerji tasarrufu sağlanırken soğutmada %2,06 enerji artışı görülmüştür. B Blok Baz Bina-2’de Senaryo-1’in uygulanmasıyla ile yıllık enerji tüketiminde, enerji maliyetinde ve emisyon salınımında %3,46 tasarruf sağlanmıştır.

Çizelge 4.30 incelendiğinde, D Blok Baz Bina-1’de ısı yalıtımının iyileştirilmesiyle oluşturulan Tasarım Bina-3’te ısıtmada %35,09 enerji tasarrufu sağlanırken soğutmada %1,12 enerji artışı görülmüştür. D Blok Baz Bina-1’de Senaryo-3’ün uygulanmasıyla toplam yıllık enerji tüketiminde %8,70 tasarruf, toplam enerji maliyetinde %3,12 tasarruf, emisyon salınımında %19,04 azalım elde edilmiştir. Çizelge 4.32 incelendiğinde ise D Blok Baz Bina-2 için en iyi ısı yalıtım iyileştirme senaryosunun Senaryo-1 olduğu görülmektedir. Senaryo-1’in uygulanmasıyla elde edilen Tasarım Bina-1’de ısıtmada %37,74 enerji tasarrufu sağlanırken soğutmada %1,60 enerji artışı görülmüştür. D Blok Baz Bina-2’de Senaryo-1 ile yıllık enerji tüketiminde, enerji maliyetinde ve emisyon salınımında %3,88 tasarruf sağlanmıştır.

Çizelge 4.31 incelendiğinde, F Blok Baz Bina-1’de ısı yalıtımının iyileştirilmesiyle oluşturulan Tasarım Bina-3’te ısıtmada %39,82 enerji tasarrufu sağlanırken soğutmada %2,16 enerji artışı görülmüştür. F Blok Baz Bina-1’de Senaryo-3’ün uygulanmasıyla yıllık enerji tüketiminde %7,66 tasarruf, enerji maliyetinde %2,26 tasarruf, emisyon salınımında %18,79 azalım elde edilmiştir. Çizelge 4.34 incelendiğinde ise F Blok Baz Bina-2 için en iyi ısı yalıtım iyileştirme senaryosunun Senaryo-1 olduğu görülmektedir. Senaryo-1 ile oluşan Tasarım Bina-1’de ile ısıtmada %42,13 enerji tasarrufu sağlanırken soğutmada %2,67 enerji artışı görülmüştür. F Blok Baz Bina-2’de Senaryo-1’in uygulanmasıyla yıllık enerji tüketiminde, enerji maliyetinde ve emisyon salınımında %2,99 tasarruf sağlanmıştır.

Baz Binalarda uygulanan ısı yalıtım iyileştirme senaryolarının aynı olmasına rağmen Tasarım Binalarda tüketim yoğunluğunda($\text{kWh/m}^2.\text{yıl}$) yaşanan değişkenliğin nedeni binaların komşu binalar arasındaki mesafeden, yükseklikten ve konumlandırılış biçiminden kaynaklı güneş ışınımının yapılar üzerine etkisinin farklı olması söylenebilir. D Bloкта ısıtmada enerji tasarrufu B Bloкта ve F Bloкта sağlanan enerji tasarrufuna göre düşük olması Şekil 4.22 incelendiğinde ısıtma dönemi içerisinde ada içerisindeki binaların oluşturduğu gölgeden en fazla D Bloğun etkilenmesi nedeniyle olduğu söylenebilir. Soğutma enerjisi artış oranının diğer bloklara göre düşük olma nedeni ise D Bloğun konum itibarıyla kuzeyde yer alması, diğer binaların gölge alanı içerisinde kalması ve güney-kuzey yönelime sahip olması söylenebilir. Çizelge 4.32’te mevcut durumda baz binalarda uygulanan ve baz binalarda optimum iyileştirme senaryolarını oluşturan ısı yalıtım malzemeleri gösterilmiştir. Optimum ısı yalıtım senaryoları incelendiğinde binalarda ısıtmada %35,09 ila %42,31 arasında enerji tasarrufu sağlanırken soğutmada %2,67 ila %1,12 arasında enerji tüketiminde artış yaşandığı

görülmüştür. Bu durum; binaların ısı yalıtımında yapılan iyileştirmeler ısıtma döneminde yapı kabuğunda meydana gelen ısı kaybının azalmasına ve böylece ısıtma enerji tüketiminde düşüş yaşanmasına neden olduğu gibi soğutma döneminde ise ısı yalıtımında yapılan iyileştirmeler bina kütlelerinde biriken ısıyı dış ortama geçişini zorlaştırdığından binanın soğutulması için harcanan enerjide artış meydana getirdiği şeklinde açıklanabilir. Bazı Binalarda optimum ısı yalıtım iyileştirmesi öncesinde ve sonrasında kullanılan malzemelerin birim fiyatları Çizelge 4.33'te sunulmuştur. Verilerin elde edilmesinde 2021 ÇŞB Birim Fiyat Kataloğu esas alınmıştır.

Çizelge 4.32. Optimum yalıtım senaryoları ve kullanılan ısı yalıtım malzemeleri

Optimum Senaryolar	Yakıt Türü		Yalıtım Uygulama Alanı								
	Isıtma	Soğutma	Toprak Temaslı Döşeme		Çatı Döşemesi		Duvar			Betonarme Duvar	
			Yalıtım Malzemesi	Yalıtım Kalınlığı (m)	Yalıtım Malzemesi	Yalıtım Kalınlığı (m)	Duvar Elemanı	Yalıtım Malzemesi	Yalıtım Kalınlığı (m)	Yalıtım Malzemesi	Yalıtım Kalınlığı (m)
Mevcut Durum	Doğalgaz	Elektrik	XPS	0,050	XPS	0,050	Delikli Tuğla	X	X	PUR	0,040
Senaryo-1	Doğalgaz	Elektrik	EPS	0,060	EPS	0,100	Gazbeton	EPS	0,070	EPS	0,070
Senaryo-2	Elektrik	Elektrik	EPS	0,070	EPS	0,120	Delikli Tuğla	EPS	0,080	EPS	0,080

Çizelge 4.33. Bina kabuğu ısı yalıtımında kullanılan yalıtım malzemeleri ve duvar elemanları birim fiyatı

Poz No	Tanım	Ölçü Birimi	Birim Fiyat (TL)
Y.19.057/003	5 cm kalınlıkta yüzeyi düzgün levhalar (XPS - 300 kpa basınç dayanımlı) ile yatayda (zemine oturan (toprak temaslı) döşemelerde veya ters teras çatılarda) ısı yalıtımı yapılması	m ²	23,90
04.612/2G	30 kg/m ³ dış cephe ısı yalıtım sistemleri için yüzeylere dik çekme dayanımı ≥ 100 kpa boyutsal kararlılığa en az DS(N)2 sınıfı, uzun süreli kısmi daldırmada su emmesi ≤ 0.3 kg/m ³ olan ekspande (genleştirilmiş) polistren köpük levhalar	m ³	300,00
Y.19.058/011	3 cm kalınlıkta ekspande polistren levhalar (EPS-30 kg/m ³ yoğunlukta) ile yatayda (zemin ya da arakat döşeme betonu üzerinde vb.) ısı yalıtımı yapılması	m ²	14,79+14,79
	3 cm kalınlıkta ekspande polistren levhalar (EPS-30 kg/m ³ yoğunlukta) ile yatayda (zemin ya da arakat döşeme betonu üzerinde vb.) ısı yalıtımı yapılması		
Y.19.059/007	10 cm kalınlıkta ekspande polistren levhalar (EPS-30 kg/m ³ yoğunlukta) ile yatayda (geleneksel gezilebilir teras çatı vb.) ısı yalıtımı yapılması	m ²	41,95
Y.19.055/025	7 cm kalınlıkta ekspande polistren levhalar (EPS-16 kg/m ³ yoğunlukta) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama)	m ²	75,04
04.749/01E07	15 cm kalınlıkta teçhizatsız gazbeton duvar bloğu (g2 sınıfı) (2,50 n/mm ² ve 400 kg/m ³) (ts en 771-4)	m ²	31,5
Y.19.058/011	3 cm kalınlıkta ekspande polistren levhalar (EPS-30 kg/m ³ yoğunlukta) ile yatayda (zemin ya da arakat döşeme betonu üzerinde vb.) ısı yalıtımı yapılması	m ²	14,79+18,85
+	+		
Y.19.058/012	4 cm kalınlıkta ekspande polistren levhalar (EPS-30 kg/m ³ yoğunlukta) ile yatayda (zemin ya da arakat döşeme betonu üzerinde vb.) ısı yalıtımı yapılması	m ²	26,20+26,20
Y.19.059/004	6 cm kalınlıkta ekspande polistren levhalar (EPS - 30 kg/m ³ yoğunlukta) ile yatayda (geleneksel gezilebilir teras çatı vb.) ısı yalıtımı yapılması		
+	+	m ²	77,34
Y.19.059/004	6 cm kalınlıkta ekspande polistren levhalar (EPS - 30 kg/m ³ yoğunlukta) ile yatayda (geleneksel gezilebilir teras çatı vb.) ısı yalıtımı yapılması		
Y.19.055/026	8 cm kalınlıkta ekspande polistren levhalar (EPS-16 kg/m ³ yoğunlukta) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama)	m ²	77,34
10-130-238	250 x 200 x 235 mm düşey delikli tuğla	Ad	1,55

Çizelge 4.34. B Blok Baz Binaların ve Optimum Tasarım Binaların ısı yalıtım maliyet analizi

B Bloкта Yalıtım Uygulanan Yüzeyler	Alan (m ²)	Yalıtım Maliyeti (TL)		Maliyet Artış-1 (TL)	Yalıtım Maliyeti (TL)		Maliyet Artış-2 (TL)
		Baz Bina-1	Tasarım Bina-1		Baz Bina-2	Tasarım Bina-2	
Toprak Temaslı Döşeme	546	13049,40	16150,68	3101,28	13049,40	18367,44	5318,04
Çatı Döşemesi	540	12906,00	22653,00	9747,00	12906,00	28296,00	15390,00
Duvar	1485	0,00	111434,40	111434,40	0,00	114849,90	114849,90
Betonarme Duvar	904	27120,00	67836,16	40716,16	27120,00	69915,36	42795,36
Kullanılan Duvar Elemanı	1485	38362,50	46777,50	8415,00	38362,50	38362,50	0,00
Toplam Maliyet (TL)		91437,90	264851,74	173413,84	91437,90	269791,20	178353,30
Kat Maliyeti (TL)		9143,79	26485,17	17341,38	9143,79	26979,12	17835,33
Daire Başına Düşen Maliyet (TL)		1203,13	3484,89	2281,76	1203,13	3549,88	2346,75

Çizelge 4.35. D Blok Baz Binaların ve Optimum Tasarım Binaların ısı yalıtım maliyet analizi

D Bloкта Yalıtım Uygulanan Yüzeyler	Alan (m ²)	Yalıtım Maliyeti (TL)		Maliyet Artış-1 (TL)	Yalıtım Maliyeti (TL)		Maliyet Artış-2 (TL)
		Baz Bina-1	Tasarım Bina-1		Baz Bina-2	Tasarım Bina-2	
Toprak Temaslı Döşeme	495	11830,50	14642,10	2811,60	11830,50	16651,80	4821,30
Çatı Döşemesi	486	11615,40	20387,70	8772,30	11615,40	25466,40	13851,00
Duvar	2135	0,00	160210,40	160210,40	0,00	165120,90	165120,90
Betonarme Duvar	1131	33930,00	84870,24	50940,24	33930,00	87471,54	53541,54
Kullanılan Duvar Elemanı	2135	55147,05	67252,50	12105,45	55147,05	55147,05	0,00
Toplam Maliyet (TL)		112522,95	347362,94	234839,99	112522,95	349857,69	237334,74
Kat Maliyeti (TL)		10229,36	31578,45	21349,09	10229,36	31805,24	21575,89
Daire Başına Düşen Maliyet (TL)		2744,46	8472,27	5727,80	2744,46	8533,11	5788,65

Çizelge 4.36. F Blok Baz Binaların ve Optimum Tasarım Binaların ısı yalıtım maliyet analizi

F Bloкта Yalıtım Uygulanan Yüzeyler	Alan (m ²)	Yalıtım Maliyeti (TL)		Maliyet Artışı-1 (TL)	Yalıtım Maliyeti (TL)		Maliyet Artışı-2 (TL)
		Baz Bina-1	Tasarım Bina-1		Baz Bina-2	Tasarım Bina-2	
Toprak Temaslı Döşeme	596	14244,40	17629,68	3385,28	14244,40	20049,44	5805,04
Çatı Döşemesi	596	14244,40	25002,20	10757,80	14244,40	31230,40	16986,00
Duvar	1578	0,00	118413,12	118413,12	0,00	122042,52	122042,52
Betonarme Duvar	1086	32580,00	81493,44	48913,44	32580,00	83991,24	51411,24
Kullanılan Duvar Elemanı	1578	40765,00	49707,00	8942,00	40765,00	40765,00	0,00
Toplam Maliyet		101833,80	292245,44	190411,64	101833,80	298078,60	196244,80
Kat Maliyeti		11314,87	32471,72	21156,85	11314,87	33119,84	21804,98
Daire Başına Düşen Maliyet		1996,74	5730,30	3733,56	1996,74	5844,68	3847,94

B Blok, D Blok ve F Blok Baz Binaların ve Optimum Tasarım Binaların yıllık enerji tüketim değerleri, enerji tasarruf oranları ve uygulama maliyet artışı Çizelge 4.37’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.37. Baz Binaların ve Optimum Tasarım Binaların ısı yalıtım maliyet karşılaştırması

Hesap Kalemleri	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2
B Blok				
Tüketim (kW)	351880,65	323504,62	3113385,92	300342,44
Maliyet (TL)	91437,90	264851,74	91437,90	269791,20
Enerji Tasarrufu (kW)	8,1%		3,5%	
Maliyet Artışı (TL)	173413,84		178353,30	
D Blok				
Tüketim (kW)	325667,92	297319,14	275640,1337	264608,6084
Maliyet (TL)	112522,95	347362,94	112522,95	349857,69
Enerji Tasarrufu (kW)	8,7%		4,0%	
Maliyet Artışı (TL)	234839,99		237334,74	
F Blok				
Tüketim (kW)	343797,43	317474,45	301847,08	292546,72
Maliyet (TL)	101833,80	292245,44	101833,80	298078,60
Enerji Tasarrufu (kW)	7,7%		3,1%	
Maliyet Artışı (TL)	190411,64		196244,80	

Çizelge 4.37 incelendiğinde B Blok Baz Binalarda yığma duvarda ısı yalıtımın uygulanmamış olması maliyet artışının yükselmesine neden olmuştur. Isı yalıtımın iyileştirilmesi sonrasında Tasarım Bina-1’de 173.413,84 TL ek maliyet oluşturması karşılık yıllık enerji tasarrufunun %8,1 olduğu gözlemlenmiştir. B Bloкта ısıtmada doğalgaz yerine elektrik enerjisi kullanılması durumunda ısı yalıtım yatırım maliyetinin artmasının yanı sıra yıllık tasarruf oranının %3,5’e düşmesi neden olmaktadır. Bu durum doğalgaz birim fiyatının elektrik enerjisine göre daha uygun olmasıyla açıklanabilir.

Isı yalıtımın iyileştirilmesi D Blok Tasarım Bina-1’de 234.839,99 TL ek maliyet oluşturması karşılık yıllık enerji tasarrufunun %8,7 olduğu gözlemlenmiştir. Isı yalıtım maliyet artışının en fazla D Bloкта olmasının nedeni duvar alanının diğer bloklara göre fazla olması söylenebilir. Maliyet artışının fazla olmasına karşı %8,7 yıllık enerji tasarruf oranı ile ısı yalıtımın iyileştirilmesiyle en fazla tasarruf sağlayan bina olmuştur. Bu durumun nedeni olarak D Bloğun konum itibarıyla kuzeyde yer alması, diğer binaların gölge alanı içerisinde kalması ve güney-kuzey yönelime sahip olması söylenebilir.

Isı yalıtımın iyileştirilmesi sonrasında F Blok Tasarım Bina-1’de 190.411,64 TL ek maliyet oluşturması karşılık yıllık enerji tasarrufunun %7,7 olduğu gözlemlenmiştir. Tasarım Bina-2’de ise yaklaşık aynı ek maliyet artışının oluşmasına rağmen ısıtmada kullanılan enerji kaynağı nedeniyle yıllık enerji tasarruf oranı %3,1’de kalmıştır.

4.6. Bina Kabuğunda Kullanılan Camların İyileştirilmesi

Çalışmada, enerjide etkin bina kriterlerinin oluşturulması amacıyla saydam yüzeylerde daha etkili gölgeleme özelliklerine sahip camların kullanılması durumunda binanın enerji performansı üzerine etkisi incelenmiştir. Baz binalar incelendiğinde sıradan çift cam kullanıldığı görülmüştür. Farklı ısıcam serisi(K, K3+), farklı cam kombinasyonu(4mm+12+4mm, 4mm+16+4mm, 4mm+12+4mm+12+4mm, 4mm+16+4mm+16+4mm) ve camlar arası farklı dolgu gazı (hava, argon) kullanılarak her bir baz bina modeli için toplam 8 adet senaryo uygulanarak tasarım bina modelleri oluşturulmuştur (Çizelge 4.38). Mevcut bina modelleri ve tasarım bina modelleri arasında enerji maliyet, emisyon ve tasarruf oranları Design Builder simülasyon programı ile saatlik analizler gerçekleştirilerek optimum senaryo elde edilmiştir (Çizelge 4.39, 4.40, 4.41, 4.42, 4.43, 4.44).

Çizelge 4.38. Baz Binalarda ve Tasarım Binalarda kullanılan camların özellikleri

Senaryolar	Isıcam Serisi	Cam Kombinasyonu	Gün Işığı (EN 410)		Güneş Enerjisi (EN 410)		Isı Geçirgenlik Katsayısı (U Değeri) (EN 673)	
			Geçirgenlik %	Dışa Yansıtma %	Toplam Geçirgenlik %	Gölgeleme Katsayısı	Hava	Argon
Mevcut Durum	C	4mmDC+12HB+4mmDC	80	14	75	0,86	2,9	X
	C	4mmDC+14HB+4mmDC	80	14	75	0,86	2,7	X
Senaryo-1	K	4mm+12+4mm	71	10	44	0,51	1,6	X
Senaryo-2	K	4mm+12+4mm	71	10	44	0,51	X	1,3
Senaryo-3	K	4mm+16+4mm	71	10	44	0,51	1,3	X
Senaryo-4	K	4mm+16+4mm	71	10	44	0,51	X	1,1
Senaryo-5	K 3+	4mm+12+4mm+12+4mm	63	12	39	0,44	0,9	X
Senaryo-6	K 3+	4mm+12+4mm+12+4mm	63	12	39	0,44	X	0,7
Senaryo-7	K 3+	4mm+16+4mm+16+4mm	63	12	39	0,44	0,7	X
Senaryo-8	K 3+	4mm+16+4mm+16+4mm	63	12	39	0,44	X	0,6

Çizelge 4.39. B Blok Baz Bina-1 için camların iyileştirme öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet				Emisyon Oranları		
	Enerji Kaynağı	Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Doğalgaz	Elektrik	Toplam	Birim Alan	Doğalgaz	Elektrik	Toplam
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m ² yıl	TL	TL	TL	TL/m ² yıl	kg	kg	kg
MD	Baz Bina-1	70881	106702	68714	90819	2555	1125	485	10599	351881	74,16	13923	181002	194926	41	33316	37091	70408
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	68823	67709	68714	90819	2555	741	276	10599	310238	65,38	13519	155504	169023	36	32349	31866	64215
	Tasarruf Oranı	2,90%	36,54%	0,00%	0,00%	0,00%	34,09%	43,04%	0,00%	11,83%	11,83%	2,90%	14,09%	13,29%	13,29%	2,90%	14,09%	8,80%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	64127	67926	68714	90819	2555	732	242	10599	305715	64,43	12596	155616	168212	35	30142	31889	62031
	Tasarruf Oranı	9,53%	36,34%	0,00%	0,00%	0,00%	34,92%	50,12%	0,00%	13,12%	13,12%	9,53%	14,03%	13,70%	13,70%	9,53%	14,03%	11,90%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	60966	68230	68714	90819	2555	731	231	10599	302846	63,82	11976	155804	167779	35	28656	31927	60583
	Tasarruf Oranı	13,99%	36,06%	0,00%	0,00%	0,00%	35,01%	52,42%	0,00%	13,94%	13,94%	13,99%	13,92%	13,93%	13,93%	13,99%	13,92%	13,95%
Senaryo 4	Tasarım Bina-4	57825	68555	68714	90819	2555	730	220	10599	300018	63,2	11359	156006	167364	35	27180	31969	59149
	Tasarruf Oranı	18,42%	35,75%	0,00%	0,00%	0,00%	35,09%	54,61%	0,00%	14,74%	14,74%	18,42%	13,81%	14,14%	14,14%	18,42%	13,81%	15,99%
Senaryo 5	Tasarım Bina-5	55829	64915	68714	90819	2555	692	211	10599	294335	62,03	10967	153630	164597	35	26242	31482	57724
	Tasarruf Oranı	21,24%	39,16%	0,00%	0,00%	0,00%	38,50%	56,43%	0,00%	16,35%	16,35%	21,24%	15,12%	15,56%	15,56%	21,24%	15,12%	18,02%
Senaryo 6	Tasarım Bina-6	49430	65645	68714	90819	2555	691	192	10599	288646	60,83	9710	154088	163797	35	23234	31576	54810
	Tasarruf Oranı	30,26%	38,48%	0,00%	0,00%	0,00%	38,60%	60,46%	0,00%	17,97%	17,97%	30,26%	14,87%	15,97%	15,97%	30,26%	14,87%	22,15%
Senaryo 7	Tasarım Bina-7	47846	65841	68714	90819	2555	690	187	10599	287252	60,54	9398	154210	163609	34	22489	31601	54090
	Tasarruf Oranı	32,50%	38,29%	0,00%	0,00%	0,00%	38,61%	61,41%	0,00%	18,37%	18,37%	32,50%	14,80%	16,07%	16,07%	32,50%	14,80%	23,18%
Senaryo 8	Tasarım Bina-8	46268	66044	68714	90819	2555	690	183	10599	285873	60,25	9088	154338	163427	34	21747	31627	53375
	Tasarruf Oranı	34,72%	38,10%	0,00%	0,00%	0,00%	38,61%	62,33%	0,00%	18,76%	18,76%	34,72%	14,73%	16,16%	16,16%	34,72%	14,73%	24,19%

Çizelge 4.40. B Blok Baz Bina-2 için camların iyileştirme öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Sğutma	İç Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet		Emisyon Oranları
	Enerji Kaynağı	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Elektrik	Birim Alan	Elektrik
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m².yıl	TL	TL/m².yıl	kg
MD	Baz Bina-2	29031,42	106687,50	68714,37	90819,37	2555,00	2811,45	168,00	10599,31	311386,42	65,62	200575,51	42,27	41102,14
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	30400,77	67705,25	68714,37	90819,37	2555,00	1853,04	103,85	10599,27	272750,92	57,48	175688,96	37,03	36002,36
	Tasarruf Oranı	-4,72%	36,54%	0,00%	0,00%	0,00%	34,09%	38,18%	0,00%	12,41%	12,41%	12,41%	12,41%	12,41%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	26862,04	67922,50	68714,37	90819,37	2555,00	1829,76	103,85	10599,27	269406,16	56,78	173534,48	36,57	35560,86
	Tasarruf Oranı	7,47%	36,34%	0,00%	0,00%	0,00%	34,92%	38,18%	0,00%	13,48%	13,48%	13,48%	13,48%	13,48%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	25591,87	68226,77	68714,37	90819,37	2555,00	1827,03	103,85	10599,27	268437,53	56,57	172910,54	36,44	35433,01
	Tasarruf Oranı	11,85%	36,05%	0,00%	0,00%	0,00%	35,01%	38,18%	0,00%	13,79%	13,79%	13,79%	13,79%	13,79%
Senaryo 4	Tasarım Bina-4	24327,32	68551,45	68714,37	90819,37	2555,00	1824,87	103,85	10599,27	267495,50	56,37	172303,75	36,31	35308,66
	Tasarruf Oranı	16,20%	35,75%	0,00%	0,00%	0,00%	35,09%	38,18%	0,00%	14,10%	14,10%	14,10%	14,10%	14,10%
Senaryo 5	Tasarım Bina-5	23580,70	64911,88	68714,37	90819,37	2555,00	1729,14	103,85	10599,27	263013,58	55,43	169416,78	35,70	34717,06
	Tasarruf Oranı	18,78%	39,16%	0,00%	0,00%	0,00%	38,50%	38,18%	0,00%	15,53%	15,53%	15,53%	15,53%	15,53%
Senaryo 6	Tasarım Bina-6	20984,01	65642,58	68714,37	90819,37	2555,00	1726,30	103,85	10599,27	261144,74	55,04	168212,99	35,45	34470,38
	Tasarruf Oranı	27,72%	38,47%	0,00%	0,00%	0,00%	38,60%	38,18%	0,00%	16,13%	16,13%	16,13%	16,13%	16,13%
Senaryo 7	Tasarım Bina-7	20339,38	65838,08	68714,37	90819,37	2555,00	1725,96	103,85	10599,27	260695,28	54,94	167923,48	35,39	34411,05
	Tasarruf Oranı	29,94%	38,29%	0,00%	0,00%	0,00%	38,61%	38,18%	0,00%	16,28%	16,28%	16,28%	16,28%	16,28%
Senaryo 8	Tasarım Bina-8	19696,09	66041,02	68714,37	90819,37	2555,00	1725,81	103,85	10599,27	260254,77	54,85	167639,73	35,33	34352,90
	Tasarruf Oranı	32,16%	38,10%	0,00%	0,00%	0,00%	38,61%	38,18%	0,00%	16,42%	16,42%	16,42%	16,42%	16,42%

Çizelge 4.41. D Blok Baz Bina-1 için camların iyileştirme öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet				Emisyon Oranları		
	Enerji Kaynağı	Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Doğalgaz	Elektrik	Toplam	Birim Alan	Doğalgaz	Elektrik	Toplam
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m².yıl	TL	TL	TL	TL/m².yıl	kg	kg	kg
MD	Baz Bina 1	81871,8	85321,9	57514,6	84824,8	3650,0	770,0	1115,6	10599,3	325667,9	65,1	16082,2	157038,1	173120,2	34,6	36519,9	30539,2	67059,1
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	76520,6	56687,8	57514,6	84824,8	3650,0	544,1	851,9	10599,3	291193,0	58,2	15031,0	138278,4	153309,5	30,7	34132,9	26891,0	61023,9
	Tasarruf Oranı	6,54%	33,56%	0,00%	0,00%	0,00%	29,34%	23,64%	0,00%	10,59%	10,59%	6,54%	11,95%	11,44%	11,44%	6,54%	11,95%	9,00%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	68904,3	56825,9	57514,6	84824,8	3650,0	531,9	723,1	10599,3	283573,7	56,7	13534,9	138276,6	151811,5	30,4	30735,5	26890,7	57626,2
	Tasarruf Oranı	15,84%	33,40%	0,00%	0,00%	0,00%	30,92%	35,18%	0,00%	12,93%	12,93%	15,84%	11,95%	12,31%	12,31%	15,84%	11,95%	14,07%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	66226,2	57043,0	57514,6	84824,8	3650,0	528,9	682,5	10599,3	281069,1	56,2	13008,9	138388,3	151397,2	30,3	29540,9	26912,4	56453,3
	Tasarruf Oranı	13,99%	36,06%	0,00%	0,00%	0,00%	35,01%	52,42%	0,00%	13,94%	13,94%	13,99%	13,92%	13,93%	13,93%	13,99%	13,92%	13,95%
Senaryo 4	Tasarım Bina-4	63540,4	57277,1	57514,6	84824,8	3650,0	525,9	643,6	10599,3	278575,7	55,7	12481,3	138512,2	150993,5	30,2	28342,9	26936,5	55279,4
	Tasarruf Oranı	22,39%	32,87%	0,00%	0,00%	0,00%	31,69%	42,31%	0,00%	14,46%	14,46%	22,39%	11,80%	12,78%	12,78%	22,39%	11,80%	17,57%
Senaryo 5	Tasarım Bina-5	61075,6	54827,9	57514,6	84824,8	3650,0	503,4	602,5	10599,3	273598,0	54,7	11997,1	136893,6	148890,7	29,8	27243,5	26621,7	53865,2
	Tasarruf Oranı	25,40%	35,74%	0,00%	0,00%	0,00%	34,63%	45,99%	0,00%	15,99%	15,99%	25,40%	12,83%	14,00%	14,00%	25,40%	12,83%	19,68%
Senaryo 6	Tasarım Bina-6	55519,9	55364,0	57514,6	84824,8	3650,0	497,7	532,1	10599,3	268502,3	53,7	10905,8	137189,9	148095,7	29,6	24765,3	26679,3	51444,6
	Tasarruf Oranı	32,19%	35,11%	0,00%	0,00%	0,00%	35,36%	52,30%	0,00%	17,55%	17,55%	32,19%	12,64%	14,46%	14,46%	32,19%	12,64%	23,28%
Senaryo 7	Tasarım Bina-7	54131,4	55510,0	57514,6	84824,8	3650,0	496,4	515,5	10599,3	267241,8	53,4	10633,1	137272,3	147905,4	29,6	24145,9	26695,4	50841,3
	Tasarruf Oranı	33,88%	34,94%	0,00%	0,00%	0,00%	35,53%	53,79%	0,00%	17,94%	17,94%	33,88%	12,59%	14,56%	14,56%	33,88%	12,59%	24,18%
Senaryo 8	Tasarım Bina-8	52740,4	55664,4	57514,6	84824,8	3650,0	495,1	499,4	10599,3	265987,9	53,2	10359,8	137360,6	147720,5	29,5	23525,5	26712,5	50238,0
	Tasarruf Oranı	35,58%	34,76%	0,00%	0,00%	0,00%	35,70%	55,23%	0,00%	18,33%	18,33%	35,58%	12,53%	14,67%	14,67%	35,58%	12,53%	25,08%

Çizelge 4.42. D Blok Baz Bina-2 için camların iyileştirme öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Söğütme	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet		Emisyon Oranları
	Enerji Kaynağı	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Elektrik	Birim Alan	Elektrik
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m².yıl	TL	TL/m².yıl	kg
MD	Baz Bina-2	31645,6	85313,4	57514,6	84824,8	3650,0	1925,0	167,5	10599,3	275640,1	55,1	177550,0	35,5	34528,2
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	29790,9	56684,9	57514,6	84824,8	3650,0	1360,1	167,5	10599,3	244592,1	48,9	157550,8	31,5	30638,9
	Tasarruf Oranı	5,86%	33,56%	0,00%	0,00%	0,00%	29,34%	0,00%	0,00%	11,26%	11,26%	11,26%	11,26%	11,26%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	26910,1	56822,9	57514,6	84824,8	3650,0	1329,7	167,5	10599,3	241818,9	48,4	155764,5	31,2	30291,5
	Tasarruf Oranı	14,96%	33,40%	0,00%	0,00%	0,00%	30,92%	0,00%	0,00%	12,27%	12,27%	12,27%	12,27%	12,27%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	25894,6	57040,0	57514,6	84824,8	3650,0	1322,1	167,5	10599,3	241012,8	48,2	155245,3	31,0	30190,6
	Tasarruf Oranı	18,17%	33,14%	0,00%	0,00%	0,00%	31,32%	0,00%	0,00%	12,56%	12,56%	12,56%	12,56%	12,56%
Senaryo 4	Tasarım Bina-4	24873,6	57274,1	57514,6	84824,8	3650,0	1314,9	167,5	10599,3	240218,7	48,0	154733,8	30,9	30091,1
	Tasarruf Oranı	21,40%	32,87%	0,00%	0,00%	0,00%	31,69%	0,00%	0,00%	12,85%	12,85%	12,85%	12,85%	12,85%
Senaryo 5	Tasarım Bina-5	23960,0	54825,4	57514,6	84824,8	3650,0	1258,4	167,5	10599,3	236799,9	47,4	152531,6	30,5	29662,8
	Tasarruf Oranı	24,29%	35,74%	0,00%	0,00%	0,00%	34,63%	0,00%	0,00%	14,09%	14,09%	14,09%	14,09%	14,09%
Senaryo 6	Tasarım Bina-6	21841,9	55361,3	57514,6	84824,8	3650,0	1244,3	167,5	10599,3	235203,6	47,0	151503,3	30,3	29462,9
	Tasarruf Oranı	30,98%	35,11%	0,00%	0,00%	0,00%	35,36%	0,00%	0,00%	14,67%	14,67%	14,67%	14,67%	14,67%
Senaryo 7	Tasarım Bina-7	21312,1	55507,2	57514,6	84824,8	3650,0	1241,0	167,5	10599,3	234816,5	47,0	151254,0	30,3	29414,4
	Tasarruf Oranı	32,65%	34,94%	0,00%	0,00%	0,00%	35,53%	0,00%	0,00%	14,81%	14,81%	14,81%	14,81%	14,81%
Senaryo 8	Tasarım Bina-8	20781,0	55661,6	57514,6	84824,8	3650,0	1237,8	167,5	10599,3	234436,6	46,9	151009,3	30,2	29366,8
	Tasarruf Oranı	34,33%	34,76%	0,00%	0,00%	0,00%	35,70%	0,00%	0,00%	14,95%	14,95%	14,95%	14,95%	14,95%

Çizelge 4.43. F Blok Baz Bina-1 için camların iyileştirme öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet				Emisyon Oranları		
	Enerji Kaynağı	Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Doğalgaz	Elektrik	Toplam	Birim Alan	Doğalgaz	Elektrik	Toplam
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m ² yıl	TL	TL	TL	TL/m ² yıl	kg	kg	kg
MD	Baz Bina-1	71084	105454	62027	90320	2555	1112	646	10599	343797	66	13963	175665	189628	36	30488	32848	63336
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	68015	65661	62027	90320	2555	716	354	10599	300247	58	13360	149589	162949	31	29172	27972	57144
	Tasarruf Oranı	4,32%	37,74%	0,00%	0,00%	0,00%	35,64%	45,18%	0,00%	12,67%	12,67%	4,32%	14,84%	14,07%	14,07%	4,32%	14,84%	9,78%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	62452	65983	62027	90320	2555	707	298	10599	294942	57	12268	149755	162023	31	26786	28003	54789
	Tasarruf Oranı	12,14%	37,43%	0,00%	0,00%	0,00%	36,42%	53,85%	0,00%	14,21%	14,21%	12,14%	14,75%	14,56%	14,56%	12,14%	14,75%	13,49%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	59134	66339	62027	90320	2555	706	281	10599	291961	56	11616	149973	161588	31	25363	28043	53406
	Tasarruf Oranı	13,99%	36,06%	0,00%	0,00%	0,00%	35,01%	52,42%	0,00%	13,94%	13,94%	13,99%	13,92%	13,93%	13,93%	13,99%	13,92%	13,95%
Senaryo 4	Tasarım Bina-4	55842	66718	62027	90320	2555	706	264	10599	289032	56	10969	150206	161175	31	23951	28087	52038
	Tasarruf Oranı	21,44%	36,73%	0,00%	0,00%	0,00%	36,50%	59,18%	0,00%	15,93%	15,93%	21,44%	14,49%	15,00%	15,00%	21,44%	14,49%	17,84%
Senaryo 5	Tasarım Bina-5	53965	63047	62027	90320	2555	667	252	10599	283432	55	10600	147808	158408	30	23146	27639	50784
	Tasarruf Oranı	24,08%	40,21%	0,00%	0,00%	0,00%	39,98%	61,09%	0,00%	17,56%	17,56%	24,08%	15,86%	16,46%	16,46%	24,08%	15,86%	19,82%
Senaryo 6	Tasarım Bina-6	47228	63898	62027	90320	2555	667	221	10599	277516	53	9277	148337	157614	30	20256	27738	47994
	Tasarruf Oranı	33,56%	39,41%	0,00%	0,00%	0,00%	39,98%	65,78%	0,00%	19,28%	19,28%	33,56%	15,56%	16,88%	16,88%	33,56%	15,56%	24,22%
Senaryo 7	Tasarım Bina-7	45569	64129	62027	90320	2555	668	214	10599	276081	53	8951	148482	157433	30	21419	27765	49183
	Tasarruf Oranı	35,89%	39,19%	0,00%	0,00%	0,00%	39,96%	66,86%	0,00%	19,70%	19,70%	35,89%	15,47%	16,98%	16,98%	29,75%	15,47%	22,34%

Çizelge 4.44. F Blok Baz Bina-2 için camların iyileştirme öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet		Emisyon Oranları
	Enerji Kaynağı	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Elektrik	Birim Alan	Elektrik
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m².yıl	TL	TL/m².yıl	kg
M D Baz Bina-2		27957,3	105441,4	62026,6	90320,2	2555,0	2779,8	167,5	10599,3	301847,1	58,0	194430,9	37,4	36356,7
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	26832,0	65655,1	62026,6	90320,2	2555,0	1789,0	103,9	10599,3	259881,1	50,0	167399,0	32,2	31302,0
	Tasarruf Oranı	4,02%	37,73%	0,00%	0,00%	0,00%	35,64%	38,00%	0,00%	13,90%	13,90%	13,90%	13,90%	13,90%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	24875,5	65978,2	62026,6	90320,2	2555,0	1767,5	103,9	10599,3	258226,1	49,7	166333,0	32,0	31102,7
	Tasarruf Oranı	11,02%	37,43%	0,00%	0,00%	0,00%	36,42%	38,00%	0,00%	14,45%	14,45%	14,45%	14,45%	14,45%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	23583,5	66334,0	62026,6	90320,2	2555,0	1765,9	103,9	10599,3	257288,3	49,5	165728,9	31,9	30989,7
	Tasarruf Oranı	15,64%	37,09%	0,00%	0,00%	0,00%	36,47%	38,00%	0,00%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%
Senaryo 4	Tasarım Bina-4	22302,0	66713,4	62026,6	90320,2	2555,0	1765,1	103,9	10599,3	256385,4	49,3	165147,3	31,8	30881,0
	Tasarruf Oranı	20,23%	36,73%	0,00%	0,00%	0,00%	36,50%	38,00%	0,00%	15,06%	15,06%	15,06%	15,06%	15,06%
Senaryo 5	Tasarım Bina-5	21600,2	63042,6	62026,6	90320,2	2555,0	1668,5	103,9	10599,3	251916,2	48,4	162268,6	31,2	30342,7
	Tasarruf Oranı	22,74%	40,21%	0,00%	0,00%	0,00%	39,98%	38,00%	0,00%	16,54%	16,54%	16,54%	16,54%	16,54%
Senaryo 6	Tasarım Bina-6	18966,8	63894,0	62026,6	90320,2	2555,0	1668,6	103,9	10599,3	250134,3	48,1	161120,8	31,0	30128,0
	Tasarruf Oranı	32,16%	39,40%	0,00%	0,00%	0,00%	39,98%	38,00%	0,00%	17,13%	17,13%	17,13%	17,13%	17,13%
Senaryo 7	Tasarım Bina-7	18317,4	64125,1	62026,6	90320,2	2555,0	1669,1	103,9	10599,3	249716,6	48,0	160851,7	30,9	30077,7
	Tasarruf Oranı	34,48%	39,18%	0,00%	0,00%	0,00%	39,96%	38,00%	0,00%	17,27%	17,27%	17,27%	17,27%	17,27%
Senaryo 8	Tasarım Bina-8	17670,7	64365,0	62026,6	90320,2	2555,0	1669,9	103,9	10599,3	249310,7	47,9	160590,2	30,9	30028,8
	Tasarruf Oranı	36,79%	38,96%	0,00%	0,00%	0,00%	39,93%	38,00%	0,00%	17,40%	17,40%	17,40%	17,40%	17,40%

Camların iyileştirilmesi sonrası Baz Binalar ile Tasarım Binalar arasında enerji tüketimi, maliyetleri ve emisyon oranları karşılaştırıldığında enerji etkin optimum cam senaryosunun “4mm+16+4mm+16+4mm” kombinasyonuna sahip K 3+ ısıcam ile (Senaryo-8) elde edildiği görülmüştür. 4mm+16+4mm+16+4mm kombinasyonu sahip K 3+ ısıcam kullanıldığı durumda binalarda ısıtmada %32,16 ila %38,22 arasında, soğutmada ise %34,76 ila %38,96 arasında yıllık enerji tasarrufu sağlandığı görülmüştür. Baz Binalarda ve Tasarım Binalarda kullanılan camların özellikleri ve birim fiyatları sırasıyla Çizelge 4.45’te, Çizelge 4.46’da sunulmuştur.

Çizelge 4.45. Baz Binalarda ve Tasarım Binalarda kullanılan camların özellikleri

Optimum Senaryo	Isıcam Serisi	Cam Kombinasyonu	Gün Işığı (EN 410)		Güneş Enerjisi (EN 410)		Isı Geçirgenlik Katsayısı (EN 673)	
			Geçirgenlik %	Dışa Yansıtma %	Toplam Geçirgenlik %	Gölgeleme Katsayısı	Hava	Argon
Mevcut Durum	C	4mmDC+12HB+4mmDC	80	14	75	0,86	2,9	X
	C	4mmDC+14HB+4mmDC	80	14	75	0,86	2,7	X
Optimum Senaryo	K 3+	4mm*+16+4mm+16+*4mm	63	12	39	0,44	X	0,6

Çizelge 4.46. Baz Binalarda ve Optimum Tasarım Binalarda kullanılan camların birim fiyatı

Poz No	Tanım	Ölçü Birimi	Birim Fiyat (TL)
Piyasa Araştırması	Pvc ve alüminyum doğramaya profil ile 4+4 mm kalınlıkta 12 mm ara boşluklu çift camlı pencere ünitesi takılması (4mmDC+12 HB+4mm DC)	m ²	118,71
Piyasa Araştırması	Pvc ve alüminyum doğramaya profil ile 4+4 mm kalınlıkta 14 mm ara boşluklu çift camlı pencere ünitesi takılması (4mmDC+14 HB+4mm DC)	m ²	125,08
Piyasa Araştırması	Pvc ve alüminyum doğramaya profil ile 4+4+4 mm kalınlıkta 16 mm ara boşluklu, argon gazlı, iç camı ısı kontrol kaplamalı, dış camı güneş kontrol kaplamalı üçlü ısıcamlı pencere ünitesi takılması (4mm Solar Low-e+16AB+4mm DC+16AB+4mm Low-e)	m ²	270,33

Baz Binalarda optimum cam senaryosunun uygulanması öncesinde ve sonrasında kullanılan camların maliyeti Çizelge 4.47’de sunulmuştur. Baz Binaların ve Optimum Tasarım Binaların yıllık enerji tüketim değerleri, enerji tasarruf oranları ve uygulama maliyet artışı Çizelge 4.48’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.47. Baz Binaların ve Tasarım Binaların cam maliyet analizi

Dış Yüzeylerde Kullanılan Cam Alanları	Alan (m²)	Cam Maliyeti (TL)		Maliyet Artış (TL)
		Mevcut Durum	İyileştirilmiş Durum	
B Blok				
Pencerelerde Kullanılan Cam	895	106245,45	241945,35	135699,90
Kapılarda Kullanılan Cam	42	5253,36	11353,86	6100,50
Toplam Maliyet (TL)		111498,81	253299,21	141800,40
Kat Maliyeti (TL)		11149,88	25329,92	14180,04
Daire Başına Düşen Maliyet (TL)		1467,09	3332,88	1865,79
D Blok				
Pencerelerde Kullanılan Cam	953	113130,63	257624,49	144493,86
Kapılarda Kullanılan Cam	100	12508,00	27033,00	14525,00
Toplam Maliyet		125638,63	284657,49	159018,86
Kat Maliyeti		11421,69	25877,95	14456,26
Daire Başına Düşen Maliyet		3064,36	6942,87	3878,51
F Blok				
Pencerelerde Kullanılan Cam	1023	121440,33	276547,59	155107,26
Kapılarda Kullanılan Cam	27	3377,16	7298,91	3921,75
Toplam Maliyet		124817,49	283846,50	159029,01
Kat Maliyeti		13868,61	31538,50	17669,89
Daire Başına Düşen Maliyet		2447,40	5565,62	3118,22

Çizelge 4.48. Baz Binaların ve Tasarım Binaların cam maliyetlerinin karşılaştırması

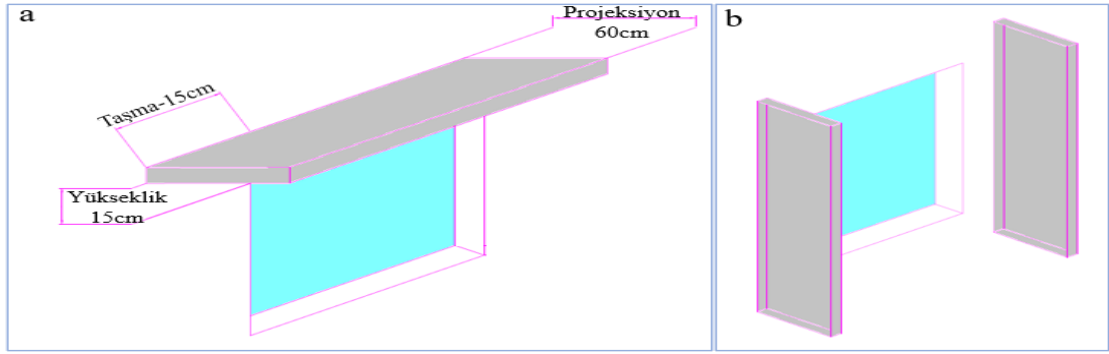
Hesap Kalemleri	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2
B Blok				
Tüketim (kW)	351880,75	285872,57	311386,4248	260254,7711
Maliyet (TL)	111498,81	253299,21	111498,81	253299,21
Enerji Tasarrufu (kW)	18,8%		14,4%	
Maliyet Artışı (TL)	141800,40		141800,40	
D Blok				
Tüketim (kW)	325667,92	265987,89	275640,13	234436,61
Maliyet (TL)	125638,63	284657,49	125638,63	284657,49
Enerji Tasarrufu (kW)	18,3%		15,0%	
Maliyet Artışı (TL)	159018,86		159018,86	
F Blok				
Tüketim (kW)	343797,43	274662,49	301847,08	249310,66
Maliyet (TL)	124817,49	283846,50	124817,49	283846,50
Enerji Tasarrufu (kW)	20,1%		17,4%	
Maliyet Artışı (TL)	159029,01		159029,01	

Çizelge 4.48 incelendiğinde, B Bloкта camların iyileştirilmesiyle ortaya çıkan 141.800,40 TL ek maliyet karşısında binada ısıtmada kullanılacak yakıt türüne göre %14,4 ve %18,8 oranında toplam yıllık enerji tasarrufu sağlandığı görülmüştür. Optimum cam senaryosunun uygulanmasıyla en fazla enerji tasarrufu %20,1 ile F Blok Tasarım Bina-1’de elde edilmiştir. F Blok Baz Binalarda enerjide etkin cam kullanılmasıyla toplam maliyet artışı 159.029,01 TL olarak hesaplanmıştır. Binada yıllık sağlanan enerji verimliliği dikkate alındığında maliyet artış miktarının kabul edilebilir seviyede olduğu görülmektedir.

4.7. Güneş Kırıcı Sistem Tasarım Uygulaması

TS 825'e göre 1. Bölgede yer alan Antalya'da enerjide etkin bina kriterlerine göre binanın soğutma yükü ihtiyacının azalması adına ASHRAE standardı tarafından iklim bölgelerine göre önerilen uygun güneş kırıcı sistemi Tasarım Bina modeline yansıtılarak binanın enerji performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Gölge elemanı parametreleri; projeksiyon 60 cm, yükseklik, derinlik, taşma 15 cm alınarak düşey ve yatay güneş kırıcılar tasarlanmıştır.

Çalışma kapsamında, ASHRAE tarafından iklim bölgelerine göre önerilen, güney cephelerde yatay, doğu ve batı cephelerde ise dikey güneş kırıcı sistemleri baz bina modellerine uygulanarak oluşturulan tasarım binalarda enerji tüketim ve güneş kırıcı sistemlerinin yatırım maliyeti hesaplanmıştır (Şekil 4.42.). Güneş kırıcı sistemlerinin maliyet hesabı piyasa araştırması yapılarak elde edilen alüminyum güneş kırıcı ürün fiyatı üzerinden hesaplanmıştır. Mevcut bina modelleri(Baz Bina) ve Tasarım Bina modelleri arasında Design Builder simülasyon programı ile saatlik analizler gerçekleştirilerek enerji maliyet, emisyon ve tasarruf oranları elde edilmiştir (Çizelge 4.51, 4.52, 4.53.).



Şekil 4.42. Tasarım Bina modellerine yansıtılan güneş kırıcılar; **a)** yatay güneş kırıcı, **b)** düşey güneş kırıcı

Çizelge 4.49. B Blok Baz Binalar için güneş kırıcı sistem uygulaması öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları

Sistem/Kullanım	Enerji Kaynağı	Birim	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Tasarruf Oranı-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2	Tasarruf Oranı-2
Isıtma	Doğalgaz	kWh	70880,81	75298,20	-6,2%	29031,42	30811,29	-6,1%
Soğutma	Elektrik	kWh	106702,31	78940,34	26,0%	106687,51	78929,92	26,0%
Aydınlatma	Elektrik	kWh	68714,37	68714,37	0,0%	68714,37	68714,37	0,0%
Elektrik Ekipmanları	Elektrik	kWh	90819,37	90819,37	0,0%	90819,37	90819,37	0,0%
Ortak Alan Ekipmanlar	Elektrik	kWh	2555,00	2555,00	0,0%	2555,00	2555,00	0,0%
Fanlar - HVAC	Elektrik	kWh	1124,58	1089,25	3,1%	2811,45	2723,13	3,1%
Pompalar	Elektrik	kWh	484,90	514,80	-6,2%	167,50	167,50	0,0%
Kullanım Suyu Isıtma	Elektrik	kWh	10599,31	10599,28	0,0%	10599,31	10599,28	0,0%
Toplam Yıllık Tüketim	-	kWh	351880,65	328530,61	6,6%	311385,92	285319,86	8,4%
Tüketim Yoğunluğu	-	kWh/m ² .yıl	74,16	69,24	6,6%	65,62	60,13	8,4%
Maliyet	Elektrik	TL	181002,39	163116,36	9,9%	200575,20	183785,08	8,4%
	Doğalgaz	TL	13923,18	14790,89	-6,2%	-	-	-
	Toplam	TL	194925,57	177907,26	8,7%	200575,20	183785,08	8,4%
	Birim Alan	TL/m ² .yıl	41,08	37,49	8,7%	42,27	38,73	8,4%
Emisyon Oranları	Elektrik	kg	37091,20	33425,97	9,9%	41102,07	37661,43	8,4%
	Doğalgaz	kg	33316,34	35392,66	-6,2%	-	-	-
	Toplam	kg	70407,53	68818,63	2,3%	41102,07	37661,43	8,4%

Çizelge 4.50. D Blok Baz Binalar için güneş kırıcı sistem uygulaması öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları

Sistem/Kullanım	Enerji Kaynağı	Birim	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Tasarruf Oranı-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2	Tasarruf Oranı-2
Isıtma	Doğalgaz	kWh	81871,82	88202,90	-7,7%	31645,58	34080,07	-7,7%
Soğutma	Elektrik	kWh	85321,87	74630,76	12,5%	85313,44	74624,28	12,5%
Aydınlatma	Elektrik	kWh	57514,60	57514,60	0,0%	57514,60	57514,60	0,0%
Elektrik Ekipmanları	Elektrik	kWh	84824,77	84824,77	0,0%	84824,77	84824,77	0,0%
Ortak Alan Ekipmanlar	Elektrik	kWh	3650,00	3650,00	0,0%	3650,00	3650,00	0,0%
Fanlar - HVAC	Elektrik	kWh	769,98	699,10	9,2%	1924,96	1747,76	9,2%
Pompalar	Elektrik	kWh	1115,60	1675,00	-50,1%	167,50	170,00	-1,5%
Kullanım Suyu Isıtma	Elektrik	kWh	10599,28	10599,28	0,0%	10599,28	10599,28	0,0%
Toplam Yıllık Tüketim	-	kWh	325667,92	321796,41	1,2%	275640,13	267210,76	3,1%
Tüketim Yoğunluğu	-	kWh/m ² .yıl	65,13	64,36	1,2%	55,13	53,44	3,1%
Maliyet	Elektrik	TL	157038,09	150466,23	4,2%	177550,01	172120,34	3,1%
	Doğalgaz	TL	16082,15	17325,77	-7,7%	-	-	-
	Toplam	TL	173120,24	167792,00	3,1%	177550,01	172120,34	3,1%
	Birim Alan	TL/m ² .yıl	34,62	33,56	3,1%	35,51	34,42	3,1%
Emisyon Oranları	Elektrik	kg	30539,21	29261,17	4,2%	34528,16	33472,25	3,1%
	Doğalgaz	kg	36519,87	39343,92	-7,7%	-	-	-
	Toplam	kg	67059,08	68605,10	-2,3%	34528,16	33472,25	3,1%

Çizelge 4.51. F Blok Baz Binalar için güneş kırıcı sistem uygulaması öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları

Sistem/Kullanım	Enerji Kaynağı	Birim	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Tasarruf Oranı-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2	Tasarruf Oranı-2
Isıtma	Doğalgaz	kWh	71083,82	78909,70	-11,0%	27957,26	31003,82	-10,9%
Soğutma	Elektrik	kWh	105454,20	96763,70	8,2%	105441,45	96752,08	8,2%
Aydınlatma	Elektrik	kWh	62026,64	62026,64	0,0%	62026,64	62026,64	0,0%
Elektrik Ekipmanları	Elektrik	kWh	90320,19	90320,19	0,0%	90320,19	90320,19	0,0%
Ortak Alan Ekipmanlar	Elektrik	kWh	2555,00	2555,00	0,0%	2555,00	2555,00	0,0%
Fanlar - HVAC	Elektrik	kWh	1111,91	1033,78	7,0%	2779,77	2584,45	7,0%
Pompalar	Elektrik	kWh	646,40	731,40	-13,1%	167,50	167,50	0,0%
Kullanım Suyu Isıtma	Elektrik	kWh	10599,27	10599,28	0,0%	10599,27	10599,28	0,0%
Toplam Yıllık Tüketim	-	kWh	343797,43	342939,69	0,2%	301847,08	296008,96	1,9%
Tüketim Yoğunluğu	-	kWh/m ² .yıl	66,11	65,95	0,2%	58,05	56,92	1,9%
Maliyet	Elektrik	TL	175664,93	170071,49	3,2%	194430,87	190670,32	1,9%
	Doğalgaz	TL	13963,06	15500,30	-11,0%	-	-	-
	Toplam	TL	189627,98	185571,79	2,1%	194430,87	190670,32	1,9%
	Birim Alan	TL/m ² .yıl	36,47	35,69	2,1%	37,39	36,67	1,9%
Emisyon Oranları	Elektrik	kg	32847,66	31801,74	3,2%	36356,71	35653,53	1,9%
	Doğalgaz	kg	30488,23	33844,79	-11,0%	-	-	-
	Toplam	kg	63335,89	65646,53	-3,6%	36356,71	35653,53	1,9%

Baz Binalarda güneş kırıcı uygulanması öncesinde ve sonrasında kullanılan malzeme maliyeti Çizelge 4.54'te sunulmuştur. Baz Binaların ve Tasarım Binaların yıllık enerji tüketim değerleri, enerji tasarruf oranları ve uygulama maliyet artışı Çizelge 4.55'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.52. Baz Binalara uygulanan güneş kırıcı sistem maliyet analizi

Güneş Kırıcı Tasarımı	Uzunluk (m)	Güneş Kırıcı Maliyeti (TL)		Maliyet Artış Oranı (TL)
		Mevcut Durum	İyileştirilmiş Durum	
B Blok				
Güney Cephe Güneş Kırıcıları	35	–	4273,15	100,0%
Doğu-Batı Cephe Güneş Kırıcıları	602	–	73498,18	
Toplam Maliyet		–	77771,33	
Kat Maliyeti		–	7777,13	
Daire Başına Düşen Maliyet		–	1023,31	
D Blok				
Güney Cephe Güneş Kırıcıları	125	–	15261,25	100,0%
Doğu-Batı Cephe Güneş Kırıcıları	162	–	19778,58	
Toplam Maliyet		–	35039,83	
Kat Maliyeti		–	3185,44	
Daire Başına Düşen Maliyet		–	854,63	
F Blok				
Güney Cephe Güneş Kırıcıları	66	–	8057,94	100,0%
Doğu-Batı Cephe Güneş Kırıcıları	248	–	30278,32	
Toplam Maliyet		–	38336,26	
Kat Maliyeti		–	4259,58	
Daire Başına Düşen Maliyet		–	751,69	

Çizelge 4.53. Baz Binaların ve Tasarım Binaların güneş kırıcı maliyetlerinin karşılaştırması

Hesap Kalemleri	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2
B Blok				
Tüketim (kW)	351880,65	328530,61	311385,92	285319,86
Maliyet (TL)	0,00	77771,33	0,00	77771,33
Enerji Tasarrufu (kW)	6,6%		8,4%	
Maliyet Artış Oranı (TL)	100,00%		100,00%	
D Blok				
Tüketim (kW)	325667,92	321796,41	275640,13	267210,76
Maliyet (TL)	0,00	35039,83	0,00	35039,83
Enerji Tasarrufu (kW)	1,2%		3,1%	
Maliyet Artış Oranı (TL)	100,00%		100,00%	
F Blok				
Tüketim (kW)	343797,43	342939,69	301847,08	296008,96
Maliyet (TL)	0,00	38336,26	0,00	38336,26
Enerji Tasarrufu (kW)	0,2%		1,9%	
Maliyet Artış Oranı (TL)	100,00%		100,00%	

4.8. Aydınlatma Sistemi İyileştirilmesi

İyileştirme sonrası herhangi bir elektrikli alet değişimi olmadığı için elektrikli ekipman güç yoğunluğu değeri değişmemiştir. Baz binada kullanılan elektrikli aletler aynı kalacak şekilde sadece ampul tipi ve aydınlatma güç yoğunluğu değiştirilmiştir. Elektrikli ekipman güç yoğunluğu Baz Binalarda olduğu gibi 6 w/m^2 olarak alınmıştır. Aydınlatma sisteminde mevcut halde ve iyileştirme sonrasında kullanılan ampuller Çizelge 4.56'da sunulmuştur. Binalardaki aydınlatma güç yoğunluğunun iyileştirme öncesi ve sonrası değerleri Çizelge 4.57'de gösterilmiştir. Mevcut Bina modelleri(Baz Bina) ve Tasarım Bina modelleri arasında Design Builder simülasyon programı ile saatlik analizler gerçekleştirilerek enerji maliyet, emisyon ve tasarruf oranları elde edilmiştir (Çizelge 4.58, 4.59, 4.60.).

Çizelge 4.54. Aydınlatma sistemi iyileştirme senaryoları

Tasarım Senaryosu	Ampul Tipi	Uygulama Alanları						
		Salon	Mutfak	Y. Odaları	Antre	Banyo-1	Banyo-2	Balkon
Mevcut Durum	Tasarruflu	20W	20W	20W	20W	12W LED	12W	20W
Tasarım Senaryosu	LED	14 W	14 W	14 W	14 W	12 W	9 W	14 W

Çizelge 4.55. Bina aydınlatma güç yoğunluğunun iyileştirme öncesi ve sonrası değerleri

Mahal	Baz Binalar (W/m ²)	Tasarım Binalar (W/m ²)
Daireler	12	7,8
Koridorlar/Ortak Alanlar	3,2	2,3
Mekanik Oda	8	5,6

Çizelge 4.56. B Blok Baz Binalar için aydınlatma sistemi iyileştirme öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları

Sistem/Kullanım	Enerji Kaynağı	Birim	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Tasarruf Oranı-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2	Tasarruf Oranı-2
Isıtma	Doğalgaz	kWh	70880,81	77617,40	-9,5%	29031,42	31705,84	-9,2%
Soğutma	Elektrik	kWh	106702,31	103902,37	2,6%	106687,51	103887,85	2,6%
Aydınlatma	Elektrik	kWh	68714,37	46372,42	32,5%	68714,37	46372,42	32,5%
Elektrik Ekipmanları	Elektrik	kWh	90819,37	90819,37	0,0%	90819,37	90819,37	0,0%
Ortak Alan Ekipmanlar	Elektrik	kWh	2555,00	2555,00	0,0%	2555,00	2555,00	0,0%
Fanlar - HVAC	Elektrik	kWh	1124,58	1105,25	1,7%	2811,45	2763,13	1,7%
Pompalar	Elektrik	kWh	484,90	528,00	-8,9%	167,50	167,50	0,0%
Kullanım Suyu Isıtma	Elektrik	kWh	10599,31	10599,28	0,0%	10599,31	10599,28	0,0%
Toplam Yıllık Tüketim	-	kWh	351880,65	333499,09	5,2%	311385,92	288870,39	7,2%
Tüketim Yoğunluğu	-	kWh/m ² .yıl	74,16	70,28	5,2%	62,28	57,77	7,2%
Maliyet	Elektrik	TL	181002,39	164822,86	8,9%	200575,20	186072,10	7,2%
	Doğalgaz	TL	13923,18	15246,45	-9,5%	-	-	-
	Toplam	TL	194925,57	180069,32	7,6%	200575,20	186072,10	7,2%
	Birim Alan	TL/m ² .yıl	41,08	37,95	7,6%	40,12	37,21	7,2%
Emisyon Oranları	Elektrik	kg	37091,20	33775,67	8,9%	39005,87	36185,45	7,2%
	Doğalgaz	kg	33316,34	36482,76	-9,5%	-	-	-
	Toplam	kg	70407,53	70258,43	0,2%	39005,87	36185,45	7,2%

Çizelge 4.57. D Blok Baz Binalar için aydınlatma sistemi iyileştirme öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları

Sistem/Kullanım	Enerji Kaynağı	Birim	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Tasarruf Oranı-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2	Tasarruf Oranı-2
Isıtma	Doğalgaz	kWh	81871,82	86440,28	-5,6%	31645,58	33759,35	-6,7%
Soğutma	Elektrik	kWh	85321,87	82534,17	3,3%	85313,44	82526,48	3,3%
Aydınlatma	Elektrik	kWh	57514,60	38521,66	33,0%	57514,60	38521,66	33,0%
Elektrik Ekipmanları	Elektrik	kWh	84824,77	84824,77	0,0%	84824,77	84824,77	0,0%
Ortak Alan Ekipmanlar	Elektrik	kWh	3650,00	3650,00	0,0%	3650,00	3650,00	0,0%
Fanlar - HVAC	Elektrik	kWh	769,98	758,58	1,5%	1924,96	1896,46	1,5%
Pompalar	Elektrik	kWh	1115,60	1220,00	-9,4%	167,50	170,00	-1,5%
Kullanım Suyu Isıtma	Elektrik	kWh	10599,28	10599,28	0,0%	10599,28	10599,28	0,0%
Toplam Yıllık Tüketim	-	kWh	325667,92	308548,74	5,3%	275640,13	255948,00	7,1%
Tüketim Yoğunluğu	-	kWh/m².yıl	65,13	61,71	5,3%	55,13	51,19	7,1%
Maliyet	Elektrik	TL	157038,09	143068,28	8,9%	177550,01	164865,58	7,1%
	Doğalgaz	TL	16082,15	16979,54	-5,6%	-	-	-
	Toplam	TL	173120,24	160047,82	7,6%	177550,01	164865,58	7,1%
	Birim Alan	TL/m².yıl	34,62	32,01	7,6%	35,51	32,97	7,1%
Emisyon Oranları	Elektrik	kg	30539,21	27822,50	8,9%	34528,16	32061,42	7,1%
	Doğalgaz	kg	36519,87	38557,69	-5,6%	-	-	-
	Toplam	kg	67059,08	66380,18	1,0%	34528,16	32061,42	7,1%

Çizelge 4.58. F Blok Baz Binalar için aydınlatma sistemi iyileştirme öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları

Sistem/Kullanım	Enerji Kaynağı	Birim	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Tasarruf Oranı-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2	Tasarruf Oranı-2
Isıtma	Doğalgaz	kWh	71083,82	77322,97	-8,8%	27957,26	30372,65	-8,6%
Soğutma	Elektrik	kWh	105454,20	102807,81	2,5%	105441,45	102795,48	2,5%
Aydınlatma	Elektrik	kWh	62026,64	41680,55	32,8%	62026,64	41680,55	32,8%
Elektrik Ekipmanları	Elektrik	kWh	90320,19	90320,19	0,0%	90320,19	90320,19	0,0%
Ortak Alan Ekipmanlar	Elektrik	kWh	2555,00	2555,00	0,0%	2555,00	2555,00	0,0%
Fanlar - HVAC	Elektrik	kWh	1111,91	1093,26	1,7%	2779,77	2733,14	1,7%
Pompalar	Elektrik	kWh	646,40	706,10	-9,2%	167,50	167,50	0,0%
Kullanım Suyu Isıtma	Elektrik	kWh	10599,27	10599,28	0,0%	10599,27	10599,28	0,0%
Toplam Yıllık Tüketim	-	kWh	343797,43	327085,15	4,9%	301847,08	281223,79	6,8%
Tüketim Yoğunluğu	-	kWh/m ² .yıl	66,11	62,90	4,9%	58,05	54,08	6,8%
Maliyet	Elektrik	TL	175664,93	160881,06	8,4%	194430,87	181146,65	6,8%
	Doğalgaz	TL	13963,06	15188,62	-8,8%	-	-	-
	Toplam	TL	189627,98	176069,68	7,1%	194430,87	181146,65	6,8%
	Birim Alan	TL/m ² .yıl	36,47	33,86	7,1%	37,39	34,84	6,8%
Emisyon Oranları	Elektrik	kg	32847,66	30083,22	8,4%	36356,71	33872,69	6,8%
	Doğalgaz	kg	30488,23	33164,23	-8,8%	-	-	-
	Toplam	kg	63335,89	63247,45	0,1%	36356,71	33872,69	6,8%

Baz Binalarda aydınlatma sisteminin iyileştirilmesi öncesinde ve sonrasında kullanılan malzemelerin birim fiyatı Çizelge 4.61’de, oluşan maliyet Çizelge 4.62’de sunulmuştur. Baz Binaların ve Tasarım Binaların yıllık enerji tüketim değerleri, enerji tasarruf oranları ve uygulama maliyet artışı Çizelge 4.63’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.59. Baz Binalarda ve Tasarım Binalarda kullanılan ampullerin birim fiyatı

Poz No	Tanım	Ölçü Birimi	Birim Fiyat (TL)
Piyasa Araştırması	20W-Tasarruflu Ampul-Philips T3 Kompakt Tornado Ampul E27 Beyaz 20 watt	Ad	22,99
Piyasa Araştırması	12W-Tasarruflu Ampul-Philips T2 Kompakt Tornado Ampul E27 Beyaz 12 watt	Ad	20,00
Piyasa Araştırması	12W-LED Ampul-Makel 12 Watt 6500k Beyaz Led Ampul E27 12W	Ad	11,50
Piyasa Araştırması	14W-LED Ampul-Philips ESS Ledbulb 14 Watt Ampul Beyaz Işık	Ad	40,99
Piyasa Araştırması	12W-LED Ampul-Makel 12 Watt 6500k Beyaz Led Ampul E27 12W	Ad	11,50
Piyasa Araştırması	9W-LED Ampul-Philips ESS LedBulb Ampul 9-70 Watt Beyaz Işık	Ad	24,99

Çizelge 4.60. Baz Binaların ve Tasarım Binaların aydınlatma maliyet analizi

Aydınlatma Sistemi İyileştirilmesi	Adet	Ampul Maliyeti (TL)		Maliyet Artış (TL)
		Mevcut Durum	İyileştirilmiş Durum	
B Blok				
Daire içi Ampuller	783	16437,33	27182,25	10744,92
Toplam Maliyet		16437,33	27182,25	10744,92
Kat Maliyeti		1643,73	2718,23	1074,49
Daire Başına Düşen Maliyet		216,28	357,66	141,38
D Blok				
Daire içi Ampuller	422	8861,94	14659,36	5797,42
Toplam Maliyet		8861,94	14659,36	5797,42
Kat Maliyeti		805,63	1332,67	527,04
Daire Başına Düşen Maliyet		216,14	357,55	141,40
F Blok				
Daire içi Ampuller	524	11004,2	18203,48	7199,28
Toplam Maliyet		11004,2	18203,48	7199,28
Kat Maliyeti		1222,69	2022,61	799,92
Daire Başına Düşen Maliyet		215,77	356,93	141,16

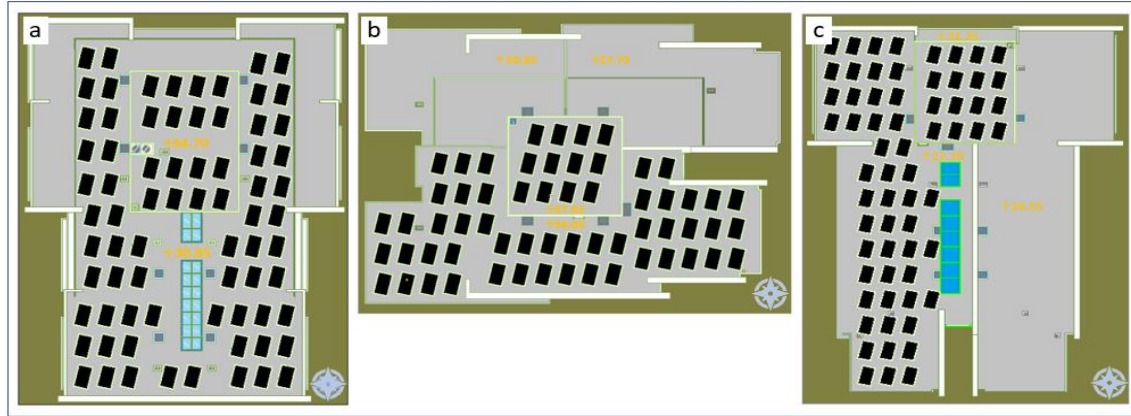
Çizelge 4.61. Baz Binaların ve Tasarım Binaların aydınlatma maliyetlerinin karşılaştırması

Hesap Kalemleri	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2
B Blok				
Tüketim (kW)	351880,65	333499,09	311385,92	288870,39
Maliyet (TL)	16437,33	27182,25	16437,33	27182,25
Enerji Tasarrufu (kW)	5,2%		7,2%	
Maliyet Artışı (TL)	10744,92		10744,92	
D Blok				
Tüketim (kW)	325667,92	308548,74	275640,13	255948,00
Maliyet (TL)	8861,94	14659,36	8861,94	14659,36
Enerji Tasarrufu (kW)	5,3%		7,1%	
Maliyet Artışı (TL)	5797,42		5797,42	
F Blok				
Tüketim (kW)	343797,43	327085,15	301847,08	281223,79
Maliyet (TL)	11004,2	18203,48	11004,2	18203,48
Enerji Tasarrufu (kW)	4,9%		6,8%	
Maliyet Artışı (TL)	7199,28		7199,28	

Çizelge 4.60 ve 4.61 incelendiğinde, Baz Binalarda kullanılan tasarruflu ampuller yerine LED ampullerin kullanılması durumunda binalarda %4,9 ila %7,2 oranında değişen enerji tasarrufu sağlanmıştır. Binalarda daire başına düşen maliyet artış miktarının yaklaşık 141,00 TL olması karşısında %7,2 oranında enerji tasarrufunun sağlanabileceği görülmüştür.

4.9. Fotovoltaik Panel Tasarımı ve Uygulaması

Tez çalışmasında, fotovoltaik panel uygulaması için öncelikle Baz Bina projeleri incelenerek mevcutta herhangi bir fotovoltaik panel (PV Panel) tasarımının bulunmadığı gözlemlenmiştir. Gerçekleştirilen tez çalışmasında, Baz Binalarda fotovoltaik panel tasarımı gerçekleştirilerek güneş enerjisinden elektrik üretimi elde edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında Baz Binalara uygulanan teras çatı PV sistem için panellerin yerleşimi, oryantasyonu, sistemin monte edileceği lokasyon ve gölgelenme etkisi dikkate alınarak optimum tasarım gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.43.).



Şekil 4.43. Baz Binalarda Fotovoltaik panel uygulaması; **a)** B Blok Baz Bina, **b)** D Blok Baz Bina, **c)** F Blok Baz Bina

PV sistemin üreteceği yıllık enerji miktarı cw-enerji firmasının sunmuş olduğu PV simülasyon yazılımı ile hesaplanmıştır. Kullanılan Solar PV programına binanın bulunduğu lokasyon, meteoroloji verileri, tüm sistem bileşenleri ve sistem kayıpları girdi olarak tanımlanarak 8760 saatlik simülasyon yapılmıştır. Simülasyon sonucunda Baz Binalarda üretilen elektrik miktarı Çizelge 4.62’de sunulmuştur.

Çizelge 4.62. Baz Binalara uygulanan fotovoltaik panel sistem bilgileri

PV Sistem Bilgisi	Birim	B Blok Tasarım Bina	D Blok Tasarım Bina	F Blok Tasarım Bina
Güç	kWp	25,4	18,9	20,4
Panel Sayısı	Ad	74	60	64
Çatı kullanım alanı	m ²	220	108	115
PV ile üretilen elektrik miktarı	kWh/yıl	38493,17	28565,00	30929,00
Kurulum Maliyeti	TL	191296,50	141959,50	153708,70
Şebeke Elektrikliğinden Tasarruf	TL/yıl	24794,88	18399,77	19922,51
Sistem Amortisman Süresi ¹	Yıl	7,7	7,7	7,7

¹ Elektrik birim fiyatı-Mesken-Nisan 2021=0,644137 TL/kWh

Isıtmada doğalgaz, soğutmada elektrik enerjisi kullanılan B Blok Baz Bina-1'in yıllık enerji tüketimi 151880,65 kWh olarak hesaplanmıştır. Elektrik enerjisi tüketimi bu değer 280999,84 kWh 'ini oluşturmaktadır. Güneş enerji sistemi ile tüm binanın yıllık elektrik tüketiminin %14'ünü karşılamak mümkündür. Isıtmanın ve soğutmanın elektrik enerjisi kullanılarak karşılanan Baz Bina-2 için bu değer %12 olmaktadır. Ayrıca 277.151 Tn CO₂ salınımı engellenmiştir. Fotovoltaik panel sisteminin ömrü 25 yıl olduğu bilinmektedir. Bu durumda güneş enerji sistemini yaklaşık 17 yıl B Blokta kullanılan elektriğin her yıl yaklaşık %13'ünü ücretsiz kullanılacağı söylenebilir.

Isıtmada doğalgaz, soğutmada elektrik enerjisi kullanılan D Blok Baz Bina-1'in yıllık enerji tüketiminin güneş enerji sistemi ile karşılama oranı %12 olmaktadır. Isıtmanın ve soğutmanın elektrik enerjisi kullanılarak karşılanan Baz Bina-2 için bu değer %10 olarak hesaplanmıştır. F Blok Baz Bina-1'in yıllık enerji tüketiminin güneş enerji sistemi ile karşılama oranı ise %11 olmaktadır. Isıtmanın ve soğutmanın elektrik enerjisi kullanılarak karşılanan Baz Bina-2 için bu değer %10 olarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda ayrıca 222.692 Tn CO₂ doğaya salınımı engellenmiştir.

4.10. Hava Kaynaklı Isı Pompası Kurulumu

Tez çalışmasında, Baz Binalarda ısıtma ihtiyacı kazan+radyatör ile sağlandığı gözlemlenmiştir. Baz Bina modellerine mevcut tasarımda değişiklik yaparak enerjide verimlilik sağlamak amacıyla ısıtma sisteminde hava kaynaklı ısı pompası entegre edilmiştir. Hava kaynaklı ısı pompası seçiminde ASHRAE 90.1-2010 standardının minimum performans gereksinimleri (COP:3,70; EER: 3,00) referans alınmıştır. Mevcut bina modelleri ve tasarım bina modelleri arasındaki enerji maliyet, emisyon ve tasarruf oranları analiz edilmiştir (Çizelge 4.63, 4.64, 4.65.).

Çizelge 4.63. B Blok Baz Binalar için hava kaynaklı ısı pompası uygulaması öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları

Sistem/Kullanım	Enerji Kaynağı	Birim	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Tasarruf Oranı-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2	Tasarruf Oranı-2
Isıtma	Doğalgaz/Elektrik	kWh	70880,81	26059,00	63,2%	29031,42	26059,00	10,2%
Soğutma	Elektrik	kWh	106702,31	106687,51	0,0%	106687,51	106687,51	0,0%
Aydınlatma	Elektrik	kWh	68714,37	68714,37	0,0%	68714,37	68714,37	0,0%
Elektrik Ekipmanları	Elektrik	kWh	90819,37	90819,37	0,0%	90819,37	90819,37	0,0%
Ortak Alan Ekipmanlar	Elektrik	kWh	2555,00	2555,00	0,0%	2555,00	2555,00	0,0%
Fanlar - HVAC	Elektrik	kWh	1124,58	2999,00	-166,7%	2811,45	2999,00	-6,7%
Pompalar	Elektrik	kWh	484,90	171,00	64,7%	167,50	171,00	-2,1%
Kullanım Suyu Isıtma	Elektrik	kWh	10599,31	10599,28	0,0%	10599,31	10599,28	0,0%
Toplam Yıllık Tüketim	-	kWh	351880,65	308604,53	12,3%	311385,92	308604,53	0,9%
Tüketim Yoğunluğu	-	kWh/m².yıl	74,16	65,04	12,3%	65,62400945	65,03783513	0,89%
Maliyet	Elektrik	TL	181002,39	198783,59	-9,8%	200575,1955	198783,5947	0,89%
	Doğalgaz	TL	13923,18	0,00	100,0%	-	-	-
	Toplam	TL	194925,57	198783,59	-2,0%	200575,1955	198783,5947	0,89%
	Birim Alan	TL/m².yıl	41,08	41,89	-2,0%	42,27085257	41,89327601	0,89%
Emisyon Oranları	Elektrik	kg	37091,20	40734,94	-9,8%	37270,00787	40734,93733	-9,30%
	Doğalgaz	kg	33316,34	0,00	100,0%	-	-	-
	Toplam	kg	70407,53	40734,94	42,1%	37270,00787	40734,93733	-9,30%

Çizelge 4.64. D Blok Baz Binalar için hava kaynaklı ısı pompası uygulaması öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları

Sistem/Kullanım	Enerji Kaynağı	Birim	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Tasarruf Oranı-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2	Tasarruf Oranı-2
Isıtma	Doğalgaz/Elektrik	kWh	81871,82	27587,77	66,3%	31645,58	27587,77	12,8%
Soğutma	Elektrik	kWh	85321,87	85313,48	0,0%	85313,44	85313,48	0,0%
Aydınlatma	Elektrik	kWh	57514,60	57514,60	0,0%	57514,60	57514,60	0,0%
Elektrik Ekipmanları	Elektrik	kWh	84824,77	84824,77	0,0%	84824,77	84824,77	0,0%
Ortak Alan Ekipmanlar	Elektrik	kWh	3650,00	3650,00	0,0%	3650,00	3650,00	0,0%
Fanlar - HVAC	Elektrik	kWh	769,98	2030,48	-163,7%	1924,96	2030,48	-5,5%
Pompalar	Elektrik	kWh	1115,60	170,00	84,8%	167,50	170,00	-1,5%
Kullanım Suyu Isıtma	Elektrik	kWh	10599,28	10599,28	0,0%	10599,28	10599,28	0,0%
Toplam Yıllık Tüketim	-	kWh	325667,92	271690,38	16,6%	275640,13	271690,38	1,4%
Tüketim Yoğunluğu	-	kWh/m ² .yıl	65,13	54,34	16,6%	55,13	54,34	1,4%
Maliyet	Elektrik	TL	157038,09	157235,52	-0,1%	177550,01	175005,83	1,43%
	Doğalgaz	TL	16082,15	5419,09	66,3%	-	-	-
	Toplam	TL	173120,24	162654,61	6,0%	177550,01	175005,83	1,43%
	Birim Alan	TL/m ² .yıl	34,62	32,53	6,0%	35,51	35,00	1,43%
Emisyon Oranları	Elektrik	kg	30539,21	30577,60	-0,1%	34528,16	34033,39	1,43%
	Doğalgaz	kg	36519,87	12305,84	66,3%	-	-	-
	Toplam	kg	67059,08	42883,44	36,1%	34528,16	34033,39	1,43%

Çizelge 4.65. F Blok Baz Binalar için hava kaynaklı ısı pompası uygulaması öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet, emisyon oranları

Sistem/Kullanım	Enerji Kaynağı	Birim	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Tasarruf Oranı-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2	Tasarruf Oranı-2
Isıtma	Doğalgaz/Elektrik	kWh	71083,82	25299,00	64,4%	27957,26	25299,00	9,5%
Soğutma	Elektrik	kWh	105454,20	105441,52	0,0%	105441,45	105441,52	0,0%
Aydınlatma	Elektrik	kWh	62026,64	62026,64	0,0%	62026,64	62026,64	0,0%
Elektrik Ekipmanları	Elektrik	kWh	90320,19	90320,19	0,0%	90320,19	90320,19	0,0%
Ortak Alan Ekipmanlar	Elektrik	kWh	2555,00	2555,00	0,0%	2555,00	2555,00	0,0%
Fanlar - HVAC	Elektrik	kWh	1111,91	2860,54	-157,3%	2779,77	2860,54	-2,9%
Pompalar	Elektrik	kWh	646,40	150,00	76,8%	167,50	150,00	10,4%
Kullanım Suyu Isıtma	Elektrik	kWh	10599,27	10599,28	0,0%	10599,27	10599,28	0,0%
Toplam Yıllık Tüketim	-	kWh	343797,43	299252,17	13,0%	301847,08	299252,17	0,9%
Tüketim Yoğunluğu	-	kWh/m ² .yıl	66,11	57,55	13,0%	58,05	57,55	0,9%
Maliyet	Elektrik	TL	175664,93	192759,39	-9,7%	194430,87	192759,39	0,86%
	Doğalgaz	TL	13963,06	0,00	100,0%	-	-	-
	Toplam	TL	189627,98	192759,39	-1,7%	194430,87	192759,39	0,86%
	Birim Alan	TL/m ² .yıl	36,47	37,07	-1,7%	37,39	37,07	0,86%
Emisyon Oranları	Elektrik	kg	32847,66	36044,16	-9,7%	32989,33	36044,16	-9,26%
	Doğalgaz	kg	30488,23	0,00	100,0%	-	-	-
	Toplam	kg	63335,89	36044,16	43,1%	32989,33	36044,16	-9,26%

Baz Binalarda uygulanan hava kaynaklı ısı pompası öncesinde ve sonrasında kullanılan malzemelerin birim fiyatı Çizelge 4.68’de, oluşan maliyet Çizelge 4.69’de sunulmuştur. Baz Binaların ve Tasarım Binaların yıllık enerji tüketim değerleri, enerji tasarruf oranları ve uygulama maliyet artışı Çizelge 4.70’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.66. Hava kaynaklı ısı pompası uygulama birim fiyat

Poz No	Tanım	Ölçü Birimi	Montajlı Birim Fiyat (TL)
Piyasa Araştırması	Hava kaynaklı cihazlarda ERP-ECO DESIGN ve/veya ilgili standartlarına göre belirlenmiş en az COP:3,70, EER: 2,70 verim değerlerine göre ısıtma ve soğutma kapasiteleri verilmiş cihazların, projesine uygun özellikte temini, yerine montajı ve çalışır halde teslimi yapılacaktır. *Cihaz kondenser fanları değişken hızlı olacaktır. Isıtma Kapasitesi 8kW, Soğutma Kapasitesi 6,5 kW	Adet	26890,00

Çizelge 4.67. Baz Binaların ve Tasarım Binaların ısı pompası maliyet analizi

Isı Pompası Uygulaması	Adet	Isı Pompası Maliyeti (TL)		Maliyet Artış Oranı
		Mevcut Durum	İyileştirilmiş Durum	
B Blok				
Hava Kaynaklı Isı Pompası	76	–	2043640,00	100,0%
Toplam Maliyet		–	2043640,00	
Kat Maliyeti		–	204364,00	
Daire Başına Düşen Maliyet		–	26890,00	
D Blok				
Hava Kaynaklı Isı Pompası	41	–	1102490,00	100,0%
Toplam Maliyet		–	1102490,00	
Kat Maliyeti		–	100226,36	
Daire Başına Düşen Maliyet		–	26890,00	
F Blok				
Hava Kaynaklı Isı Pompası	51	–	1371390,00	100,0%
Toplam Maliyet		–	1371390,00	
Kat Maliyeti		–	152376,67	
Daire Başına Düşen Maliyet		–	26890,00	

Çizelge 4.68. Baz Binaların ve Tasarım Binaların ısı pompası maliyet karşılaştırması

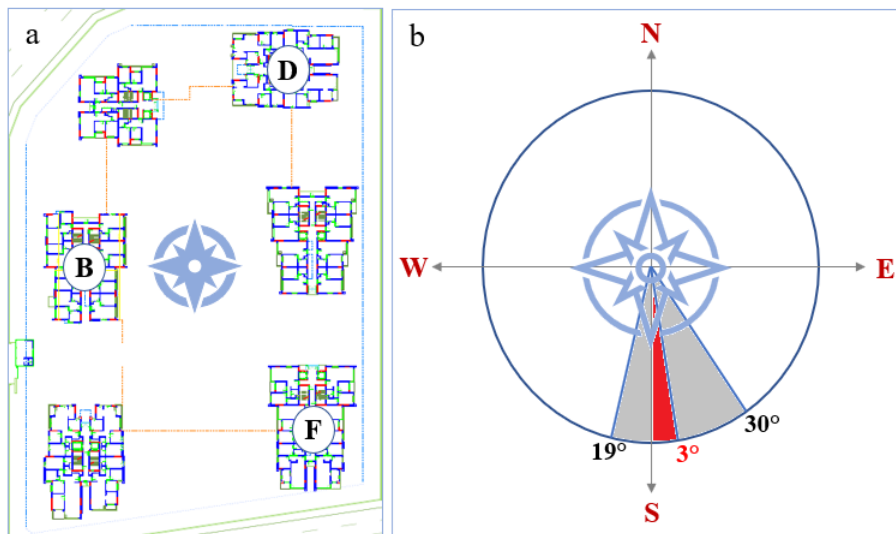
Hesap Kalemleri	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2
B Blok				
Tüketim (kW)	351880,65	308604,53	311385,92	308604,53
Maliyet (TL)	0,00	2043640,00	0,00	2043640,00
Enerji Tasarrufu (kW)	12,3%		0,9%	
Maliyet Artış Oranı (TL)	100,0%		100,0%	
D Blok				
Tüketim (kW)	325667,92	271690,38	275640,13	271690,38
Maliyet (TL)	0,00	1102490,00	0,00	1102490,00
Enerji Tasarrufu (kW)	16,6%		1,4%	
Maliyet Artış Oranı (TL)	100,0%		100,0%	
F Blok				
Tüketim (kW)	343797,43	299252,17	301847,08	299252,17
Maliyet (TL)	0,00	1371390,00	0,00	1371390,00
Enerji Tasarrufu (kW)	13,0%		0,9%	
Maliyet Artış Oranı (TL)	100,0%		100,0%	

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen enerji etkin bina tasarım uygulamaları içerisinde Baz Binalarda ortaya çıkan maksimum maliyet artışı hava kaynaklı ısı

pompalarının kullanılmasıyla oluşmuştur. Çizelge 4.68 incelendiğinde ısıtmanın doğalgaz kullanılarak karşılandığı Baz Binalarda hava kaynaklı ısı pompası kullanımı durumunda yıllık enerji tüketiminde %12,3 ila %16,6 arasında bir tasarruf sağlandığı gözlemlenmiştir. Çizelge 4.63, Çizelge 4.64 ve Çizelge 4.65 incelendiğinde Baz Binalarda ısı pompası kullanılmasıyla elde edilen Tasarım Binalarda toplam enerji maliyetinde tasarruf sağlanamadığı, Tasarım Binaların daha fazla enerjiye ihtiyaç duyduğu görülmüştür. Isı pompalarının birinci iklim bölgesinde yüksek verimle çalışabilmelerine rağmen konutların ısıtma ihtiyacının düşük olması nedeniyle binanın yıllık enerji maliyetine etkisi düşük veya olumsuz olabilmektedir. Ancak binada hem ısıtmada hem soğutmada tek bir ısı pompasının kullanılması durumunda ısıtma amaçlı kazan sistemi kurulumu gereksinimi giderildiğinden dolayı ilk yatırım maliyetleri azaltılabilmektedir.

4.11. Optimum Yönelim Uygulaması

Çalışmada, kentsel dönüşüm projesinde her bir binanın enerji verimliliğini artıran uygulamaların yanı sıra ada bazında binaların yeri, konumu, binalar arası mesafe, yönelim gibi yapıya yönelik temel seçimlerin enerji verimliliği üzerine etkisi irdelenmiştir. Binalar; aralarındaki mesafelere, konumlandırılış biçimlerine ve yönelim durumlarına göre birbirleri için güneş ışıınımı ve rüzgar engeli olarak işlev görebilmektedirler. Bu kapsamda Baz Binalarda Antalya'nın içinde yer aldığı sıcak nemli iklim bölgelerinde enerjide verimliliğin sağlanabilmesi amacıyla bina-güneş ilişkisi açısından en uygun yönelim aralığı 19° (güney-batı) ile 30° (güney-doğu) arasında, optimum yönelim ise güney doğu yönünde 3° olduğu yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmiştir (Şekil 4.44.). Tez çalışması kapsamında, Baz Binalar referans aralığında 5'er derece yönlendirilerek tasarım bina modelleri oluşturulmuştur. Baz Bina Modellerinde yönelim senaryoları, yönetmeliklerde belirtilen parsel sınırı çekme mesafeleri ve binalar arası mesafeler dikkate alınarak uygulanmıştır. Mevcut bina modelleri ve tasarım bina modelleri arasında enerji maliyet, emisyon tasarruf oranları Design Builder simülasyon programı ile saatlik hesaplamalar sonucunda elde edilmiştir.



Şekil 4.44. Optimum yönelim analiz kriterleri; **a)** baz binaların mevcut yönelimi, **b)** sıcak-nemli iklim bölgesinde optimum yönelim aralığı

4.11.1. B blok optimum yönelim analizi

B Blok Baz Bina Modellerinde güney-batı yönünde 5 adet senaryo, güney-doğu yönünde ise 8 adet senaryo belirlenerek B Blok için optimum yönelim açısının bulunması hedeflenmiştir.

4.11.1.1. B blok optimum batı yönelimi

B Blok Baz Bina Modellerinde güney-batı yönünde uygulanan senaryolar Çizelge 4.69’da sunulmuştur. B Blok Baz Binanın ada içerisindeki mevcut yönelimi ile senaryoların oluşturduğu yönelimler Şekil 4.45’te gösterilmiştir. Baz Binalarda yönelim senaryoları öncesinde ve sonrasında oluşan enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları Çizelge 4.70’te ve Çizelge 4.71’de sunulmuştur. B Blok Baz Binaların optimum güney-batı yönelimi sonrası elde edilen enerji tasarruf oranları ise Çizelge 4.72’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.69. B Blok güney-batı yönünde yönelim senaryoları

Senaryolar	Yönelim	Güney ile Yaptığı Açı
Mevcut Durum	Güney	0°
Senaryolar-1	Güney-Batı	3°
Senaryolar-2	Güney-Batı	5°
Senaryolar-3	Güney-Batı	10°
Senaryolar-4	Güney-Batı	15°
Senaryolar-5	Güney-Batı	19°



Şekil 4.45. B blok batı yönünde yönelim senaryoları; **a)** mevcut durum-güney 0°, **b)** güney-batı 3°, **c)** güney-batı 5°, **d)** güney-batı 10°, **e)** güney-batı 15°, **f)** güney-batı 19°

Çizelge 4.70. B Blok Baz Bina-1'in güney-batı yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet				Emisyon Oranları		
	Enerji Kaynağı	Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Doğalgaz	Elektrik	Toplam	Birim Alan	Doğalgaz	Elektrik	Toplam
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m ² yıl	TL	TL	TL	TL/m ² yıl	kg	kg	kg
MD	Baz Bina-1	70881	106702	68714	90819	2555	1125	485	10599	351881	74	13923	181002	194926	41	33316	37091	70408
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	70823	106491	68714	90819	2555	1122	486	10599	351610	74	13912	180866	194777	41	33289	37063	70352
	Tasarruf Oranı	0,08%	0,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,20%	-0,12%	0,00%	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	70796	106348	68714	90819	2555	1121	486	10599	351439	74	13906	180773	194679	41	33276	37044	70320
	Tasarruf Oranı	0,12%	0,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,33%	-0,21%	0,00%	0,13%	0,13%	0,12%	0,13%	0,13%	0,13%	0,12%	0,13%	0,12%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	70718	106167	68714	90819	2555	1119	487	10599	351179	74	13891	180655	194546	41	33240	37020	70260
	Tasarruf Oranı	0,23%	0,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,50%	-0,35%	0,00%	0,20%	0,20%	0,23%	0,19%	0,19%	0,19%	0,23%	0,19%	0,21%
Senaryo 4	Tasarım Bina-4	71069	105961	68714	90819	2555	1117	490	10599	351325	74	13960	180523	194483	41	33405	36993	70398
	Tasarruf Oranı	-0,27%	0,69%	0,00%	0,00%	0,00%	0,63%	-0,95%	0,00%	0,16%	0,16%	-0,27%	0,26%	0,23%	0,23%	-0,27%	0,26%	0,01%
Senaryo 5	Tasarım Bina-5	71677	105598	68714	90819	2555	1115	494	10599	351571	74	14079	180290	194370	41	33690	36945	70636
	Tasarruf Oranı	-1,12%	1,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,87%	-1,75%	0,00%	0,09%	0,09%	-1,12%	0,39%	0,29%	0,29%	-1,12%	0,39%	-0,32%

Çizelge 4.71. B Blok Baz Bina-2'nin güney-batı yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet		Emisyon Oranları
	Enerji Kaynağı	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Elektrik	Birim Alan	Elektrik
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m².yıl	TL	TL/m².yıl	kg
MD	Baz Bina-2	29031,4	106687,5	68714,4	90819,4	2555,0	2811,5	168,0	10599,3	311386,4	65,6	200575,5	42,3	41102,1
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	29007,6	106475,8	68714,4	90819,4	2555,0	2805,9	167,5	10599,3	311144,9	65,6	200419,9	42,2	41070,3
	Tasarruf Oranı	0,08%	0,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,20%	0,30%	0,00%	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	28996,1	106332,1	68714,4	90819,4	2555,0	2802,1	167,5	10599,3	310985,8	65,5	200317,5	42,2	41049,3
	Tasarruf Oranı	0,12%	0,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,33%	0,30%	0,00%	0,13%	0,13%	0,13%	0,13%	0,13%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	28957,9	106149,3	68714,4	90819,4	2555,0	2797,3	167,5	10599,3	310760,1	65,5	200172,0	42,2	41019,5
	Tasarruf Oranı	0,25%	0,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,50%	0,30%	0,00%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%
Senaryo 4	Tasarım Bina-4	29088,2	105942,7	68714,4	90819,4	2555,0	2793,7	167,5	10599,3	310680,1	65,5	200120,6	42,2	41008,9
	Tasarruf Oranı	-0,20%	0,70%	0,00%	0,00%	0,00%	0,63%	0,30%	0,00%	0,23%	0,23%	0,23%	0,23%	0,23%
Senaryo 5	Tasarım Bina-5	29323,8	105579,5	68714,4	90819,4	2555,0	2787,0	167,5	10599,3	310545,8	65,4	200034,0	42,2	40991,2
	Tasarruf Oranı	-1,01%	1,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,87%	0,30%	0,00%	0,27%	0,27%	0,27%	0,27%	0,27%

Çizelge 4.72. B Blok Baz Binaların optimum güney-batı yönelimi sonrası elde edilen enerji tasarruf oranları

Hesap Kalemleri	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2
Tüketim (kW)	351880,75	351178,51	311386,42	310545,81
Maliyet (TL)	0,00	0,00	0,00	0,00
Enerji Tasarrufu (kW)	0,2%		0,3%	
Maliyet Artışı (TL)	0,00		0,00	

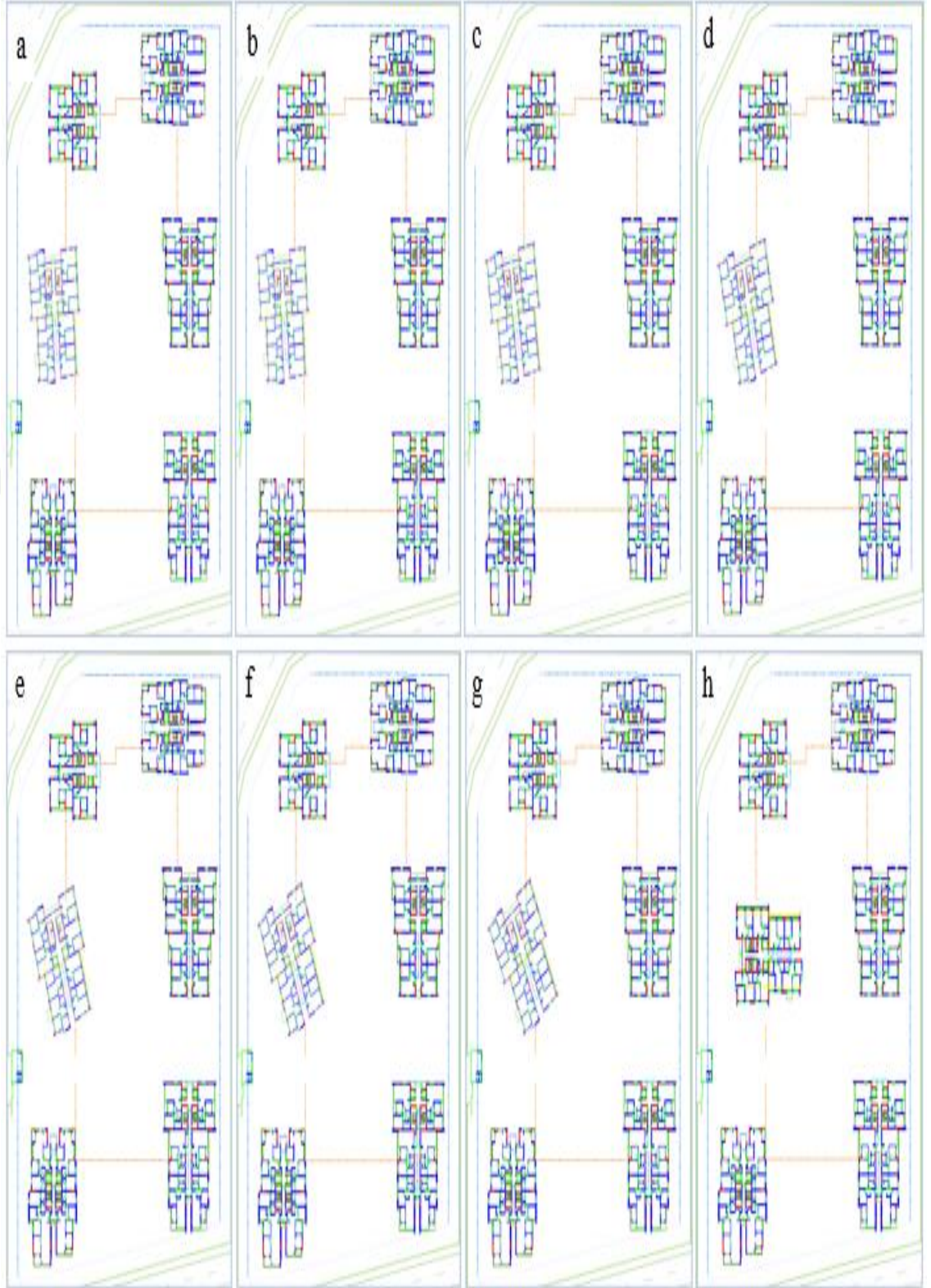
Çizelge 4.72 incelendiğinde, B Blok Baz Binalarda güney-batı yönelim senaryoları sonrasında elde edilen optimum yönelim senaryolarında maksimum %0,3'lük enerji tasarrufu sağlandığı görülmüştür.

4.11.1.2. B blok optimum doğu yönelimi

B Blok Baz Bina Modellerinde güney-doğu yönünde uygulanan senaryolar Çizelge 4.73'te sunulmuştur. B Blok Baz Binanın ada içerisindeki mevcut yönelimi ile senaryoların oluşturduğu yönelimler Şekil 4.46'da gösterilmiştir. B Blok Baz Binada yaşam alanları ağırlıklı olarak doğu ve batı yönelimine sahiptir. B Blok Baz Binada yaşam alanları kuzey ve güney yönelimine sahip olduğu takdirde Baz Binadaki enerji tüketiminin ne denli etkilendiğini irdelemek amacıyla bina güney ile 90° açı meydana getirecek şekilde “Senaryo-8” oluşturulmuştur. Baz Binalarda yönelim senaryoları öncesinde ve sonrasında oluşan enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları Çizelge 4.74'te ve Çizelge 4.75'te sunulmuştur. B Blok Baz Binaların optimum güney-doğu yönelimi sonrası elde edilen enerji tasarruf oranları Çizelge 4.76'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.73. B Blok güney-doğu yönünde yönelim senaryoları

Senaryolar	Yönelim	Güney ile Yaptığı Açı
Mevcut Durum	Güney	0°
Senaryolar-1	Güney-Doğu	3°
Senaryolar-2	Güney-Doğu	5°
Senaryolar-3	Güney-Doğu	10°
Senaryolar-4	Güney-Doğu	15°
Senaryolar-5	Güney-Doğu	20°
Senaryolar-6	Güney-Doğu	25°
Senaryolar-7	Güney-Doğu	30°
Senaryolar-8	Güney-Doğu	90°



Şekil 4.46. B blok doğu yönünde yönelim senaryoları; **a)** güney-doğu 3°, **b)** güney-doğu 5°, **c)** güney-doğu 10°, **d)** güney-doğu 15°, **e)** güney-doğu 20°, **f)** güney-doğu 25°, **g)** güney-doğu 30°, **h)** güney-doğu 90°

Çizelge 4.74. B Blok Baz Bina-1'in güney-doğu yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanlar	Ortak Alan Ekipmanlar	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet				Emisyon Oranları		
	Enerji Kaynağı	Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Doğalgaz	Elektrik	Toplam	Birim Alan	Doğalgaz	Elektrik	Toplam
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m ² yıl	TL	TL	TL	TL/m ² yıl	kg	kg	kg
MD	Baz Bina-1	70881	106702	68714	90819	2555	1125	485	10599	351881	74	13923	181002	194926	41	33316	37091	70408
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	70890	106859	68714	90819	2555	1126	484	10599	352047	74	13925	181104	195028	41	33321	37112	70433
	Tasarruf Oranı	-0,01%	-0,15%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,15%	0,27%	0,00%	-0,05%	-0,05%	-0,01%	-0,06%	-0,05%	-0,05%	-0,01%	-0,06%	-0,04%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	70855	107006	68714	90819	2555	1128	483	10599	352160	74	13918	181199	195117	41	33304	37131	70436
	Tasarruf Oranı	0,04%	-0,28%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,28%	0,47%	0,00%	-0,08%	-0,08%	0,04%	-0,11%	-0,10%	-0,10%	0,04%	-0,11%	-0,04%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	70952	107297	68714	90819	2555	1131	481	10599	352549	74	13937	181387	195324	41	33350	37170	70520
	Tasarruf Oranı	-0,10%	-0,56%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,58%	0,82%	0,00%	-0,19%	-0,19%	-0,10%	-0,21%	-0,20%	-0,20%	-0,10%	-0,21%	-0,16%
Senaryo 4	Tasarım Bina-4	70974	107670	68714	90819	2555	1135	479	10599	352945	74	13941	181628	195570	41	33360	37219	70579
	Tasarruf Oranı	-0,13%	-0,91%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,95%	1,28%	0,00%	-0,30%	-0,30%	-0,13%	-0,35%	-0,33%	-0,33%	-0,13%	-0,35%	-0,24%
Senaryo 5	Tasarım Bina-5	71455	107666	68714	90819	2555	1136	480	10599	353426	74	14036	181627	195664	41	33586	37219	70806
	Tasarruf Oranı	-0,81%	-0,90%	0,00%	0,00%	0,00%	-1,04%	1,09%	0,00%	-0,44%	-0,44%	-0,81%	-0,35%	-0,38%	-0,38%	-0,81%	-0,35%	-0,57%
Senaryo 6	Tasarım Bina-6	72302	107352	68714	90819	2555	1135	481	10599	353958	75	14202	181425	195627	41	33984	37178	71162
	Tasarruf Oranı	-2,00%	-0,61%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,91%	0,80%	0,00%	-0,59%	-0,59%	-2,00%	-0,23%	-0,36%	-0,36%	-2,00%	-0,23%	-1,07%
Senaryo 7	Tasarım Bina-7	73329	106849	68714	90819	2555	1132	483	10599	354481	75	14404	181100	195505	41	34467	37111	71578
	Tasarruf Oranı	-3,45%	-0,14%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,63%	0,33%	0,00%	-0,74%	-0,74%	-3,45%	-0,05%	-0,30%	-0,30%	-3,45%	-0,05%	-1,66%
Senaryo 8	Tasarım Bina-8	72975	92903	68714	90819	2555	999	446	10599	340011	72	14335	172008	186343	39	34301	35248	69549
	Tasarruf Oranı	-2,95%	12,93%	0,00%	0,00%	0,00%	11,16%	8,02%	0,00%	3,37%	3,37%	-2,95%	4,97%	4,40%	4,40%	-2,95%	4,97%	1,22%

Çizelge 4.75. B Blok Baz Bina-2 güney-doğu yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet		Emisyon Oranları
	Enerji Kaynağı	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Elektrik	Birim Alan	Elektrik
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m².yıl	TL	TL/m².yıl	kg
MD	Baz Bina 2	29031,4	106687,5	68714,4	90819,4	2555,0	2811,5	168,0	10599,3	311386,4	65,6	200575,5	42,3	41102,1
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	29038,0	106844,7	68714,4	90819,4	2555,0	2815,6	167,5	10599,3	311553,8	65,7	200683,4	42,3	41124,2
	Tasarruf Oranı	-0,02%	-0,15%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,15%	0,30%	0,00%	-0,05%	-0,05%	-0,05%	-0,05%	-0,05%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	29024,9	106992,2	68714,4	90819,4	2555,0	2819,4	167,5	10599,3	311692,0	65,7	200772,4	42,3	41142,5
	Tasarruf Oranı	0,02%	-0,29%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,28%	0,30%	0,00%	-0,10%	-0,10%	-0,10%	-0,10%	-0,10%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	29069,4	107283,8	68714,4	90819,4	2555,0	2827,8	167,5	10599,3	312036,5	65,8	200994,3	42,4	41188,0
	Tasarruf Oranı	-0,13%	-0,56%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,58%	0,30%	0,00%	-0,21%	-0,21%	-0,21%	-0,21%	-0,21%
Senaryo 4	Tasarım Bina-4	29084,9	107657,7	68714,4	90819,4	2555,0	2838,1	167,5	10599,3	312436,2	65,8	201251,7	42,4	41240,7
	Tasarruf Oranı	-0,18%	-0,91%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,95%	0,30%	0,00%	-0,34%	-0,34%	-0,34%	-0,34%	-0,34%
Senaryo 5	Tasarım Bina-5	29293,1	107655,0	68714,4	90819,4	2555,0	2840,7	167,5	10599,3	312644,4	65,9	201385,8	42,4	41268,2
	Tasarruf Oranı	-0,90%	-0,91%	0,00%	0,00%	0,00%	-1,04%	0,30%	0,00%	-0,40%	-0,40%	-0,40%	-0,40%	-0,40%
Senaryo 6	Tasarım Bina-6	29651,4	107341,7	68714,4	90819,4	2555,0	2837,0	167,5	10599,3	312685,6	65,9	201412,4	42,4	41273,6
	Tasarruf Oranı	-2,14%	-0,61%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,91%	0,30%	0,00%	-0,42%	-0,42%	-0,42%	-0,42%	-0,42%
Senaryo 7	Tasarım Bina-7	30075,1	106839,2	68714,4	90819,4	2555,0	2829,2	167,5	10599,3	312599,0	65,9	201356,6	42,4	41262,2
	Tasarruf Oranı	-3,60%	-0,14%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,63%	0,30%	0,00%	-0,39%	-0,39%	-0,39%	-0,39%	-0,39%
Senaryo 8	Tasarım Bina-8	29886,3	92891,2	68714,4	90819,4	2555,0	2497,6	167,5	10599,3	298130,7	62,8	192037,0	40,5	39352,4
	Tasarruf Oranı	-2,94%	12,93%	0,00%	0,00%	0,00%	11,16%	0,30%	0,00%	4,26%	4,26%	4,26%	4,26%	4,26%

Çizelge 4.76. B Blok Baz Binaların optimum güney-doğu yönelimi sonrası elde edilen enerji tasarruf oranları

Hesap Kalemleri	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2
Tüketim (kW)	351880,75	340011,49	311386,42	298130,67
Maliyet (TL)	0,00	0,00	0,00	0,00
Enerji Tasarrufu (kW)	3,4%		4,3%	
Maliyet Artışı (TL)	0,00		0,00	

Çizelge 4.74 ve Çizelge 4.75 incelendiğinde, B Blok Baz Binaların optimum güney-doğu yönelimi, güney ile 90° açı meydana getirilmesiyle oluşturulmuştur. Optimum yönelim senaryosu sonrası Tasarım Binalarda ısıtma enerjisinde %2,9'luk artış yaşanırken soğutma enerjisinde %12,9 oranında tasarruf sağlandığı gözlemlenmiştir. Bu durumun nedeni doğu-batı yönelimine sahip olan Baz Binaların gün boyunca güneş etkisine maruz kalması olarak açıklanabilir. Tasarım Binalarda kullanılan ısıtma enerjisine göre optimum yönelim sonucunda %3,4 ve %4,3 oranında enerji tasarrufu sağlanmıştır.

4.11.2. D blok optimum yönelim analizi

D Blok Baz Bina Modellerinde güney-batı yönünde 5 adet senaryo, güney-doğu yönünde ise 7 adet senaryo belirlenerek D Blok için optimum yönelim açısının bulunması hedeflenmiştir.

4.11.2.1. D blok optimum batı yönelim

D Blok Baz Bina Modellerinde güney-batı yönünde uygulanan senaryolar Çizelge 4.77'de, senaryoların oluşturduğu yönelimler Şekil 4.47'te gösterilmiştir. Baz Binalarda yönelim senaryoları öncesinde ve sonrasında oluşan enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları Çizelge 4.78'de ve Çizelge 4.79'da sunulmuştur. Baz Binaların optimum güney-batı yönelimi sonrası elde edilen enerji tasarruf oranları ise Çizelge 4.80'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.77. D Blok güney-batı yönünde yönelim senaryoları

Senaryolar	Yönelim	Güney ile Yaptığı Açı
Mevcut Durum	Güney	0°
Senaryolar-1	Güney-Batı	3°
Senaryolar-2	Güney-Batı	5°
Senaryolar-3	Güney-Batı	10°
Senaryolar-4	Güney-Batı	15°
Senaryolar-5	Güney-Batı	19°



Şekil 4.47. D blok batı yönünde yönelim senaryoları; **a)** mevcut durum-güney 0° , **b)** güney-batı 3°, **c)** güney-batı 5°, **d)** güney-batı 10°, **e)** güney-batı 15°, **f)** güney-batı 19°

Çizelge 4.78. D Blok Baz Bina-1 güney-batı yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet				Emisyon Oranları		
	Enerji Kaynağı	Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Doğalgaz	Elektrik	Toplam	Birim Alan	Doğalgaz	Elektrik	Toplam
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m ² yıl	TL	TL	TL	TL/m ² yıl	kg	kg	kg
MD	Baz Bina-1	81872	85322	57515	84825	3650	770	1116	10599	325668	65	16082	157038	173120	35	36520	30539	67059
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	81613	85256	57515	84825	3650	769	1111	10599	325338	65	16031	156992	173024	35	36405	30530	66935
	Tasarruf Oranı	0,32%	0,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,13%	0,44%	0,00%	0,10%	0,10%	0,32%	0,03%	0,06%	0,06%	0,32%	0,03%	0,19%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	81379	85262	57515	84825	3650	769	1107	10599	325106	65	15985	156993	172979	35	36300	30530	66831
	Tasarruf Oranı	0,60%	0,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,18%	0,74%	0,00%	0,17%	0,17%	0,60%	0,03%	0,08%	0,08%	0,60%	0,03%	0,34%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	80904	85672	57515	84825	3650	771	1099	10599	325034	65	15892	157254	173146	35	36088	30581	66669
	Tasarruf Oranı	1,18%	-0,41%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,11%	1,48%	0,00%	0,19%	0,19%	1,18%	-0,14%	-0,01%	-0,01%	1,18%	-0,14%	0,58%
Senaryo 4	Tasarım Bina-4	80881	86040	57515	84825	3650	773	1096	10599	325379	65	15888	157490	173378	35	36078	30627	66705
	Tasarruf Oranı	1,21%	-0,84%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,45%	1,79%	0,00%	0,09%	0,09%	1,21%	-0,29%	-0,15%	-0,15%	1,21%	-0,29%	0,53%
Senaryo 5	Tasarım Bina-5	80785	86596	57515	84825	3650	777	1093	10599	325840	65	15869	157849	173718	35	36035	30697	66732
	Tasarruf Oranı	1,33%	-1,49%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,97%	1,99%	0,00%	-0,05%	-0,05%	1,33%	-0,52%	-0,35%	-0,35%	1,33%	-0,52%	0,49%

Çizelge 4.79. D Blok Baz Bina-2 güney-batı yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet		Emisyon Oranları
	Enerji Kaynağı	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Elektrik	Birim Alan	Elektrik
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m².yıl	TL	TL/m².yıl	kg
MD	Baz Bina 2	31645,6	85313,4	57514,6	84824,8	3650,0	1925,0	167,5	10599,3	275640,1	55,1	177550,0	35,5	34528,2
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	30915,1	85248,1	57514,6	84824,8	3650,0	1922,6	167,5	10599,3	274841,9	55,0	177035,9	35,4	34428,2
	Tasarruf Oranı	2,31%	0,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,13%	0,00%	0,00%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%	0,29%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	30827,0	85253,3	57514,6	84824,8	3650,0	1921,5	167,5	10599,3	274758,0	55,0	176981,8	35,4	34417,7
	Tasarruf Oranı	2,59%	0,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,18%	0,00%	0,00%	0,32%	0,32%	0,32%	0,32%	0,32%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	30647,2	85663,9	57514,6	84824,8	3650,0	1927,0	167,5	10599,3	274994,2	55,0	177133,9	35,4	34447,2
	Tasarruf Oranı	3,15%	-0,41%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,11%	0,00%	0,00%	0,23%	0,23%	0,23%	0,23%	0,23%
Senaryo 4	Tasarım Bina-4	30639,1	86032,4	57514,6	84824,8	3650,0	1933,7	167,5	10599,3	275361,4	55,1	177370,4	35,5	34493,2
	Tasarruf Oranı	3,18%	-0,84%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,45%	0,00%	0,00%	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%
Senaryo 5	Tasarım Bina-5	30603,7	86588,0	57514,6	84824,8	3650,0	1943,6	167,5	10599,3	275891,4	55,2	177711,8	35,5	34559,6
	Tasarruf Oranı	3,29%	-1,49%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,97%	0,00%	0,00%	-0,09%	-0,09%	-0,09%	-0,09%	-0,09%

Çizelge 4.80. D Blok Baz Binaların optimum güney-batı yönelimi sonrası elde edilen enerji tasarruf oranları

Hesap Kalemleri	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2
Tüketim (kW)	325667,92	325034,41	275640,13	274758,00
Maliyet (TL)	0,00	0,00	0,00	0,00
Enerji Tasarrufu (kW)	0,2%		0,3%	
Maliyet Artışı (TL)	0,00		0,00	

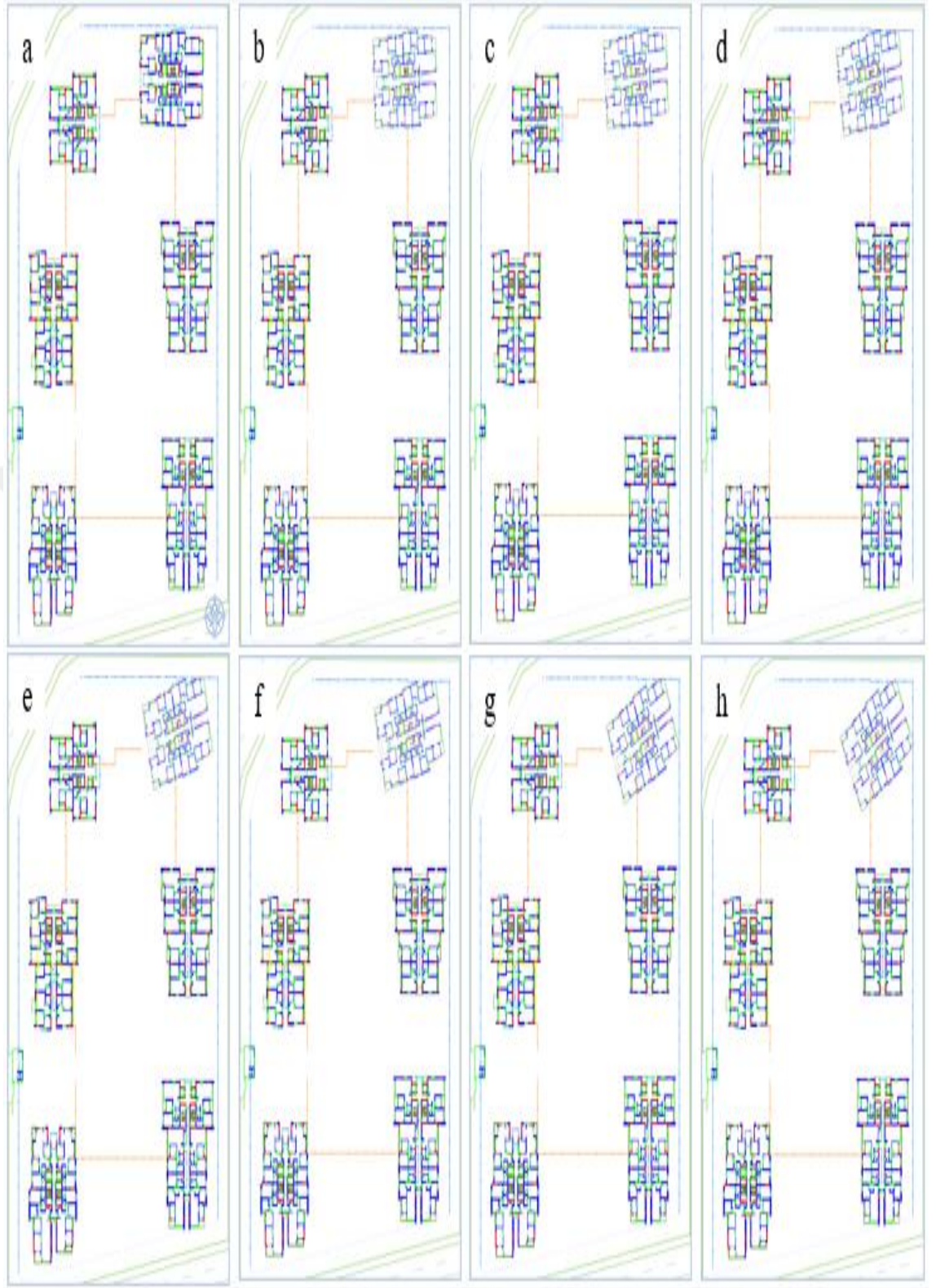
Çizelge 4.80 incelendiğinde, D Blok Baz Binalarda güney-batı yönelim senaryoları sonrasında elde edilen optimum yönelim senaryolarında maksimum %0,3'lük enerji tasarrufu sağlandığı görülmüştür.

4.11.2.2. D blok optimum doğu yönelimi

D Blok Baz Bina Modellerinde güney-doğu yönünde uygulanan senaryolar Çizelge 4.81'de sunulmuştur. D Blok Baz Binanın ada içerisindeki mevcut yönelimi ile senaryoların oluşturduğu yönelimler Şekil 4.48'de gösterilmiştir. Baz Binalarda yönelim senaryoları öncesinde ve sonrasında oluşan enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları Çizelge 4.82'de ve Çizelge 4.83'te sunulmuştur. D Blok Baz Binaların optimum güney-doğu yönelimi sonrası elde edilen enerji tasarruf oranları Çizelge 4.84'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.81. D Blok güney-doğu yönünde yönelim senaryoları

Senaryolar	Yönelim	Güney ile Yaptığı Açı
Mevcut Durum	Güney	0°
Senaryolar-1	Güney-Doğu	3°
Senaryolar-2	Güney-Doğu	5°
Senaryolar-3	Güney-Doğu	10°
Senaryolar-4	Güney-Doğu	15°
Senaryolar-5	Güney-Doğu	20°
Senaryolar-6	Güney-Doğu	25°
Senaryolar-7	Güney-Doğu	30°



Şekil 4.48. D blok doğu yönünde yönelim senaryoları; **a)** mevcut durum-güney 0°, **b)** güney-doğu 3°, **c)** güney-doğu 5°, **d)** güney-doğu 10°, **e)** güney-doğu 15°, **f)** güney-doğu 20°, **g)** güney-doğu 25°, **h)** güney-doğu 30°

Çizelge 4.82. D Blok Baz Bina-1 güney-doğu yönelim senaryoları sonrası enerji tüketimi, maliyetleri ve emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet				Emisyon Oranları		
	Enerji Kaynağı	Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Doğalgaz	Elektrik	Toplam	Birim Alan	Doğalgaz	Elektrik	Toplam
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m ² .yıl	₺	₺	₺	₺/m ² .yıl	kg	kg	kg
MD	Baz Bina-1	81872	85322	57515	84825	3650	770	1116	10599	325668	65	16082	157038	173120	35	36520	30539	67059
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	82011	85580	57515	84825	3650	792	1120	10599	326091	65	16110	157221	173330	35	36582	30575	67157
	Tasarruf Oranı	-0,17%	-0,30%	0,00%	0,00%	0,00%	-2,82%	-0,36%	0,00%	-0,13%	-0,13%	-0,17%	-0,12%	-0,12%	-0,12%	-0,17%	-0,12%	-0,15%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	82119	85764	57515	84825	3650	789	1123	10599	326383	65	16131	157339	173470	35	36630	30598	67228
	Tasarruf Oranı	-0,30%	-0,52%	0,00%	0,00%	0,00%	-2,47%	-0,62%	0,00%	-0,22%	-0,22%	-0,30%	-0,19%	-0,20%	-0,20%	-0,30%	-0,19%	-0,25%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	82752	85988	57515	84825	3650	787	1134	10599	327250	65	16255	157490	173745	35	36912	30627	67540
	Tasarruf Oranı	-1,07%	-0,78%	0,00%	0,00%	0,00%	-2,15%	-1,67%	0,00%	-0,49%	-0,49%	-1,07%	-0,29%	-0,36%	-0,36%	-1,07%	-0,29%	-0,72%
Senaryo 4	Tasarım Bina-4	83186	86537	57515	84825	3650	781	1143	10599	328236	66	16340	157846	174186	35	37106	30696	67803
	Tasarruf Oranı	-1,61%	-1,42%	0,00%	0,00%	0,00%	-1,48%	-2,49%	0,00%	-0,79%	-0,79%	-1,61%	-0,51%	-0,62%	-0,62%	-1,61%	-0,51%	-1,11%
Senaryo 5	Tasarım Bina-5	83428	87188	57515	84825	3650	776	1154	10599	329135	66	16388	158269	174657	35	37214	30779	67992
	Tasarruf Oranı	-1,90%	-2,19%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,84%	-3,41%	0,00%	-1,06%	-1,06%	-1,90%	-0,78%	-0,89%	-0,89%	-1,90%	-0,78%	-1,39%
Senaryo 6	Tasarım Bina-6	83887	87418	57515	84825	3650	774	1164	10599	329832	66	16478	158422	174900	35	37419	30808	68227
	Tasarruf Oranı	-2,46%	-2,46%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,48%	-4,37%	0,00%	-1,28%	-1,28%	-2,46%	-0,88%	-1,03%	-1,03%	-2,46%	-0,88%	-1,74%
Senaryo 7	Tasarım Bina-7	84279	87697	57515	84825	3650	772	1176	10599	330512	66	16555	158608	175163	35	37594	30844	68438
	Tasarruf Oranı	-2,94%	-2,78%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,28%	-5,38%	0,00%	-1,49%	-1,49%	-2,94%	-1,00%	-1,18%	-1,18%	-2,94%	-1,00%	-2,06%

Çizelge 4.83. D Blok Baz Bina-2 güney-doğu yönelim senaryoları sonrası enerji tüketimi, maliyetleri ve emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet		Emisyon Oranları
	Enerji Kaynağı	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Elektrik	Birim Alan	Elektrik
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m².yıl	TL	TL/m².yıl	kg
MD	Baz Bina-2	31645,6	85313,4	57514,6	84824,8	3650,0	1925,0	167,5	10599,3	275640,1	55,1	177550,0	35,5	34528,2
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	31909,7	87688,1	57514,6	84824,8	3650,0	1979,2	167,5	10599,3	278333,1	55,7	179284,7	35,9	34865,5
	Tasarruf Oranı	-0,83%	-2,78%	0,00%	0,00%	0,00%	-2,82%	0,00%	0,00%	-0,98%	-0,98%	-0,98%	-0,98%	-0,98%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	31763,1	87409,3	57514,6	84824,8	3650,0	1972,5	167,5	10599,3	277901,0	55,6	179006,3	35,8	34811,4
	Tasarruf Oranı	-0,37%	-2,46%	0,00%	0,00%	0,00%	-2,47%	0,00%	0,00%	-0,82%	-0,82%	-0,82%	-0,82%	-0,82%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	31592,1	87179,5	57514,6	84824,8	3650,0	1966,4	167,5	10599,3	277494,2	55,5	178744,3	35,7	34760,4
	Tasarruf Oranı	0,17%	-2,19%	0,00%	0,00%	0,00%	-2,15%	0,00%	0,00%	-0,67%	-0,67%	-0,67%	-0,67%	-0,67%
Senaryo 4	Tasarım Bina-4	31503,4	86528,0	57514,6	84824,8	3650,0	1953,4	167,5	10599,3	276740,9	55,3	178259,1	35,7	34666,0
	Tasarruf Oranı	0,45%	-1,42%	0,00%	0,00%	0,00%	-1,48%	0,00%	0,00%	-0,40%	-0,40%	-0,40%	-0,40%	-0,40%
Senaryo 5	Tasarım Bina-5	31341,8	85979,7	57514,6	84824,8	3650,0	1941,2	167,5	10599,3	276018,9	55,2	177794,0	35,6	34575,6
	Tasarruf Oranı	0,96%	-0,78%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,84%	0,00%	0,00%	-0,14%	-0,14%	-0,14%	-0,14%	-0,14%
Senaryo 6	Tasarım Bina-6	31104,9	85755,0	57514,6	84824,8	3650,0	1934,3	167,5	10599,3	275550,3	55,1	177492,1	35,5	34516,9
	Tasarruf Oranı	1,74%	-0,51%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,48%	0,00%	0,00%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
Senaryo 7	Tasarım Bina-7	31065,0	85571,4	57514,6	84824,8	3650,0	1930,4	167,5	10599,3	275322,9	55,1	177345,7	35,5	34488,4
	Tasarruf Oranı	1,87%	-0,30%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,28%	0,00%	0,00%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%

Çizelge 4.84. D Blok Baz Binaların optimum güney-doğu yönelimi sonrası elde edilen enerji tasarruf oranları

Hesap Kalemleri	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2
Tüketim (kW)	325667,92	326091,18	275640,13	275322,89
Maliyet (TL)	0,00	0,00	0,00	0,00
Enerji Tasarrufu (kW)	-0,1%		0,1%	
Maliyet Artışı (TL)	0,00		0,00	

Çizelge 4.82 ve Çizelge 4.83 incelendiğinde, D Blok Baz Binaların optimum güney-doğu yönelimi oluşturulan Tasarım Binalarda doğalgaz kullanıldığı durumda enerji tüketiminde artış meydana gelmektedir. Tasarım Binalarda ısıtmada elektrik kullanıldığı durumda ise %0,1 oranında enerji tasarrufu elde edilmiştir.

4.11.3. F blok optimum yönelim analizi

F Blok Baz Bina Modellerinde güney-batı yönünde 5 adet senaryo, güney-doğu yönünde ise 8 adet senaryo belirlenerek F Blok için optimum yönelim acısının bulunması hedeflenmiştir.

4.11.3.1. F blok optimum batı yönelimi

F Blok Baz Bina Modellerinde güney-batı yönünde uygulanan senaryolar Çizelge 4.85'te sunulmuştur. F Blok Baz Binanın ada içerisindeki mevcut yönelimi ile senaryoların oluşturduğu yönelimler Şekil 4.49'da gösterilmiştir. Baz Binalarda yönelim senaryoları öncesinde ve sonrasında oluşan enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları Çizelge 4.86'da ve Çizelge 4.87'de sunulmuştur. F Blok Baz Binaların optimum güney-batı yönelimi sonrası elde edilen enerji tasarruf oranları ise Çizelge 4.88'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.85. F Blok güney-batı yönünde yönelim senaryoları

Senaryolar	Yönelim	Güney ile Yaptığı Aç
Mevcut Durum	Güney	0°
Senaryolar-1	Güney-Batı	3°
Senaryolar-2	Güney-Batı	5°
Senaryolar-3	Güney-Batı	10°
Senaryolar-4	Güney-Batı	15°
Senaryolar-5	Güney-Batı	19°



Şekil 4.49. F blok batı yönünde yönelim senaryoları; **a)** mevcut durum-güney 0°, **b)** güney-batı 3°, **c)** güney-batı 5°, **d)** güney-batı 10°, **e)** güney-batı 15°, **f)** güney-batı 19°

Çizelge 4.86. F Blok Baz Bina-1 güney-batı yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet				Emisyon Oranları		
	Enerji Kaynağı	Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Doğalgaz	Elektrik	Toplam	Birim Alan	Doğalgaz	Elektrik	Toplam
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m ² yıl	TL	TL	TL	TL/m ² yıl	kg	kg	kg
MD	Baz Bina 1	71084	105454	62027	90320	2555	1112	646	10599	343797	66	13963	175665	189628	36	30488	32848	63336
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	70923	105343	62027	90320	2555	1111	643	10599	343521	66	13931	175590	189522	36	30419	32834	63253
	Tasarruf Oranı	0,23%	0,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,10%	0,51%	0,00%	0,08%	0,08%	0,23%	0,04%	0,06%	0,06%	0,23%	0,04%	0,13%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	70856	105328	62027	90320	2555	1111	642	10599	343438	66	13918	175580	189498	36	30390	32832	63222
	Tasarruf Oranı	0,32%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,11%	0,71%	0,00%	0,10%	0,10%	0,32%	0,05%	0,07%	0,07%	0,32%	0,05%	0,18%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	71134	105223	62027	90320	2555	1110	643	10599	343611	66	13973	175513	189486	36	30510	32819	63329
	Tasarruf Oranı	-0,07%	0,22%	0,00%	0,00%	0,00%	0,15%	0,48%	0,00%	0,05%	0,05%	-0,07%	0,09%	0,07%	0,07%	-0,07%	0,09%	0,01%
Senaryo 4	Tasarım Bina-4	71856	105207	62027	90320	2555	1111	649	10599	344324	66	14115	175507	189622	36	30819	32818	63638
	Tasarruf Oranı	-1,09%	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	-0,37%	0,00%	-0,15%	-0,15%	-1,09%	0,09%	0,00%	0,00%	-1,09%	0,09%	-0,48%
Senaryo 5	Tasarım Bina-5	72827	105037	62027	90320	2555	1111	656	10599	345132	66	14305	175402	189707	36	31236	32798	64034
	Tasarruf Oranı	-2,45%	0,40%	0,00%	0,00%	0,00%	0,07%	-1,53%	0,00%	-0,39%	-0,39%	-2,45%	0,15%	-0,04%	-0,04%	-2,45%	0,15%	-1,10%

Çizelge 4.87. F Blok Baz Bina-2 güney-batı yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet		Emisyon Oranları
	Enerji Kaynağı	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Elektrik	Birim Alan	Elektrik
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m².yıl	TL	TL/m².yıl	kg
MD	Baz Bina 2	27957,3	105441,4	62026,6	90320,2	2555,0	2779,8	167,5	10599,3	301847,1	58,0	194430,9	37,4	36356,7
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	27896,1	105329,9	62026,6	90320,2	2555,0	2776,9	167,5	10599,3	301671,5	58,0	194317,8	37,4	36335,6
	Tasarruf Oranı	0,22%	0,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,10%	0,00%	0,00%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	27869,8	105315,5	62026,6	90320,2	2555,0	2776,6	167,5	10599,3	301630,4	58,0	194291,3	37,4	36330,6
	Tasarruf Oranı	0,31%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,11%	0,00%	0,00%	0,07%	0,07%	0,07%	0,07%	0,07%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	27977,8	105210,1	62026,6	90320,2	2555,0	2775,6	167,5	10599,3	301632,2	58,0	194292,5	37,4	36330,8
	Tasarruf Oranı	-0,07%	0,22%	0,00%	0,00%	0,00%	0,15%	0,00%	0,00%	0,07%	0,07%	0,07%	0,07%	0,07%
Senaryo 4	Tasarım Bina-4	28257,1	105194,1	62026,6	90320,2	2555,0	2778,3	167,5	10599,3	301898,1	58,1	194463,7	37,4	36362,9
	Tasarruf Oranı	-1,07%	0,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%
Senaryo 5	Tasarım Bina-5	28633,5	105023,7	62026,6	90320,2	2555,0	2777,8	167,5	10599,3	302103,5	58,1	194596,1	37,4	36387,6
	Tasarruf Oranı	-2,42%	0,40%	0,00%	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%	0,00%	-0,08%	-0,08%	-0,08%	-0,08%	-0,08%

Çizelge 4.88. F Blok Baz Binaların optimum güney-batı yönelimi sonrası elde edilen enerji tasarruf oranları

Hesap Kalemleri	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2
Tüketim (kW)	343797,47	343437,53	301847,12	301630,45
Maliyet (TL)	0,00	0,00	0,00	0,00
Enerji Tasarrufu (kW)	0,1%		0,7%	
Maliyet Artışı (TL)	0,00		0,00	

Çizelge 4.88 incelendiğinde, F Blok Baz Binalarda güney-batı yönelim senaryoları sonrasında elde edilen optimum yönelim senaryolarında maksimum %0,7 oranında enerji tasarrufu sağlandığı görülmüştür.

4.11.3.2. F blok optimum doğu yönelimi

F Blok Baz Bina Modellerinde güney-doğu yönünde uygulanan senaryolar Çizelge 4.89’te sunulmuştur. F Blok Baz Binanın ada içerisindeki mevcut yönelimi ile senaryoların oluşturduğu yönelimler Şekil 4.50’de gösterilmiştir. F Blok Baz Binada yaşam alanları ağırlıklı olarak doğu ve batı yönelimine sahiptir. F Blok Baz Binada yaşam alanları kuzey ve güney yönelimine sahip olduğu takdirde Baz Binadaki enerji tüketiminin ne denli etkilendiğini irdelemek amacıyla bina güney ile 90° açı meydana getirecek şekilde “Senaryo-8” oluşturulmuştur. Baz Binalarda yönelim senaryoları öncesinde ve sonrasında oluşan enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları Çizelge 4.90’da ve Çizelge 4.91’de sunulmuştur. F Blok Baz Binaların optimum güney-doğu yönelimi sonrası elde edilen enerji tasarruf oranları Çizelge 4.92’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.89. F Blok güney-doğu yönünde yönelim senaryoları

Senaryolar	Yönelim	Güney ile Yaptığı Açı
Mevcut Durum	Güney	0°
Senaryolar-1	Güney-Doğu	3°
Senaryolar-2	Güney-Doğu	5°
Senaryolar-3	Güney-Doğu	10°
Senaryolar-4	Güney-Doğu	15°
Senaryolar-5	Güney-Doğu	20°
Senaryolar-6	Güney-Doğu	25°
Senaryolar-7	Güney-Doğu	30°
Senaryolar-8	Güney-Doğu	90°



Şekil 4.50. F blok doğu yönünde yönelim senaryoları; **a)** güney-doğu 3°, **b)** güney-doğu 5°, **c)** güney-doğu 10°, **d)** güney-doğu 15°, **e)** güney-doğu 20°, **f)** güney-doğu 25°, **g)** güney-doğu 30°, **h)** güney-doğu 90°

Çizelge 4.90. F Blok Baz Bina-1 güney-doğu yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet				Emisyon Oranları		
	Enerji Kaynağı	Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Doğalgaz	Elektrik	Toplam	Birim Alan	Doğalgaz	Elektrik	Toplam
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m².yıl	TL	TL	TL	TL/m².yıl	kg	kg	kg
MD	Baz Bina-1	71083,8	105454,2	62026,6	90320,2	2555,0	1111,9	646,4	10599,3	343797,5	66,1	13963,1	175665,0	189628,0	36,5	30488,2	32847,7	63335,9
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	71508,9	105392,7	62026,6	90320,2	2555,0	1111,7	652,3	10599,3	344166,6	66,2	14046,6	175628,9	189675,5	36,5	30670,5	32840,9	63511,5
	Tasarruf Oranı	-0,60%	0,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%	-0,91%	0,00%	-0,11%	-0,11%	-0,60%	0,02%	-0,03%	-0,03%	-0,60%	0,02%	-0,28%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	71956,4	105199,2	62026,6	90320,2	2555,0	1110,2	658,0	10599,3	344424,9	66,2	14134,5	175507,1	189641,5	36,5	30862,5	32818,1	63680,6
	Tasarruf Oranı	-1,23%	0,24%	0,00%	0,00%	0,00%	0,15%	-1,79%	0,00%	-0,18%	-0,18%	-1,23%	0,09%	-0,01%	-0,01%	-1,23%	0,09%	-0,54%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	73326,5	104763,9	62026,6	90320,2	2555,0	1107,4	675,3	10599,3	345374,1	66,4	14403,6	175235,9	189639,5	36,5	31450,1	32767,4	64217,6
	Tasarruf Oranı	-3,15%	0,65%	0,00%	0,00%	0,00%	0,41%	-4,47%	0,00%	-0,46%	-0,46%	-3,15%	0,24%	-0,01%	-0,01%	-3,15%	0,24%	-1,39%
Senaryo 4	Tasarım Bina-4	74875,8	104352,3	62026,6	90320,2	2555,0	1105,1	695,0	10599,3	346529,3	66,6	14707,9	174982,1	189690,0	36,5	32114,6	32720,0	64834,6
	Tasarruf Oranı	-5,33%	1,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,61%	-7,52%	0,00%	-0,79%	-0,79%	-5,33%	0,39%	-0,03%	-0,03%	-5,33%	0,39%	-2,37%
Senaryo 5	Tasarım Bina-5	76717,8	103624,8	62026,6	90320,2	2555,0	1100,0	718,0	10599,3	347661,7	66,9	15069,7	174525,0	189594,7	36,5	32904,7	32634,5	65539,2
	Tasarruf Oranı	-7,93%	1,73%	0,00%	0,00%	0,00%	1,07%	-11,08%	0,00%	-1,12%	-1,12%	-7,93%	0,65%	0,02%	0,02%	-7,93%	0,65%	-3,48%
Senaryo 6	Tasarım Bina-6	78359,0	102968,6	62026,6	90320,2	2555,0	1095,5	736,5	10599,3	348660,7	67,1	15392,1	174111,3	189503,5	36,4	33608,6	32557,2	66165,8
	Tasarruf Oranı	-10,23%	2,36%	0,00%	0,00%	0,00%	1,48%	-13,94%	0,00%	-1,41%	-1,41%	-10,23%	0,88%	0,07%	0,07%	-10,23%	0,88%	-4,47%
Senaryo 7	Tasarım Bina-7	79626,9	102413,9	62026,6	90320,2	2555,0	1091,6	750,1	10599,3	349383,6	67,2	15641,2	173760,2	189401,4	36,4	34152,4	32491,5	66643,9
	Tasarruf Oranı	-12,02%	2,88%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83%	-16,04%	0,00%	-1,62%	-1,62%	-12,02%	1,08%	0,12%	0,12%	-12,02%	1,08%	-5,22%
Senaryo 8	Tasarım Bina-8	81642,4	90597,0	62026,6	90320,2	2555,0	979,0	759,8	10599,3	339479,3	65,3	16037,1	166082,3	182119,4	35,0	35016,9	31055,8	66072,6
	Tasarruf Oranı	-14,85%	14,09%	0,00%	0,00%	0,00%	11,96%	-17,54%	0,00%	1,26%	1,26%	-14,85%	5,46%	3,96%	3,96%	-14,85%	5,46%	-4,32%

Çizelge 4.91. F Blok Baz Bina-2 güney-doğu yönelim senaryoları öncesi ve sonrası enerji tüketim, maliyet ve emisyon oranları

Senaryolar	Sistem Kullanımı	Isıtma	Sğutma	Aydınlatma	Elektrik Ekipmanları	Ortak Alan Ekipmanları	Fanlar HVAC	Pompalar	Kullanım Suyu Isıtma	Toplam Yıllık Tüketim	Tüketim Yoğunluğu	Maliyet		Emisyon Oranları
	Enerji Kaynağı	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	-	-	Elektrik	Birim Alan	Elektrik
	Birim	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh/m².yıl	TL	TL/m².yıl	kg
MD	Baz Bina 2	27957,3	105441,4	62026,6	90320,2	2555,0	2779,8	167,5	10599,3	301847,1	58,0	194430,9	37,4	36356,7
Senaryo 1	Tasarım Bina-1	28120,6	105380,1	62026,6	90320,2	2555,0	2779,2	167,5	10599,3	301948,4	58,1	194496,2	37,4	36368,9
	Tasarruf Oranı	-0,58%	0,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	-0,03%	-0,03%	-0,03%	-0,03%	-0,03%
Senaryo 2	Tasarım Bina-2	28293,4	105187,0	62026,6	90320,2	2555,0	2775,5	167,5	10599,3	301924,5	58,1	194480,8	37,4	36366,0
	Tasarruf Oranı	-1,20%	0,24%	0,00%	0,00%	0,00%	0,15%	0,00%	0,00%	-0,03%	-0,03%	-0,03%	-0,03%	-0,03%
Senaryo 3	Tasarım Bina-3	28821,9	104752,2	62026,6	90320,2	2555,0	2768,5	167,5	10599,3	302011,1	58,1	194536,5	37,4	36376,5
	Tasarruf Oranı	-3,09%	0,65%	0,00%	0,00%	0,00%	0,41%	0,00%	0,00%	-0,05%	-0,05%	-0,05%	-0,05%	-0,05%
Senaryo 4	Tasarım Bina-4	29421,4	104341,2	62026,6	90320,2	2555,0	2762,7	167,5	10599,3	302193,9	58,1	194654,3	37,4	36398,5
	Tasarruf Oranı	-5,24%	1,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,61%	0,00%	0,00%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%
Senaryo 5	Tasarım Bina-5	30137,2	103614,0	62026,6	90320,2	2555,0	2750,1	167,5	10599,3	302169,9	58,1	194638,8	37,4	36395,6
	Tasarruf Oranı	-7,80%	1,73%	0,00%	0,00%	0,00%	1,07%	0,00%	0,00%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%
Senaryo 6	Tasarım Bina-6	30775,8	102958,2	62026,6	90320,2	2555,0	2738,8	167,5	10599,3	302141,4	58,1	194620,4	37,4	36392,2
	Tasarruf Oranı	-10,08%	2,36%	0,00%	0,00%	0,00%	1,48%	0,00%	0,00%	-0,10%	-0,10%	-0,10%	-0,10%	-0,10%
Senaryo 7	Tasarım Bina-7	31266,6	102403,8	62026,6	90320,2	2555,0	2729,0	167,5	10599,3	302068,0	58,1	194573,2	37,4	36383,3
	Tasarruf Oranı	-11,84%	2,88%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83%	0,00%	0,00%	-0,07%	-0,07%	-0,07%	-0,07%	-0,07%
Senaryo 8	Tasarım Bina-8	31993,4	90585,8	62026,6	90320,2	2555,0	2447,4	167,5	10599,3	290695,2	55,9	187247,5	36,0	35013,5
	Tasarruf Oranı	-14,44%	14,09%	0,00%	0,00%	0,00%	11,96%	0,00%	0,00%	3,69%	3,69%	3,69%	3,69%	3,69%

Çizelge 4.92. F Blok Baz Binaların optimum güney-doğu yönelimi sonrası elde edilen enerji tasarruf oranları

Hesap Kalemleri	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2
Tüketim (kW)	343797,47	339479,26	301847,12	290695,18
Maliyet (TL)	0,00	0,00	0,00	0,00
Enerji Tasarrufu (kW)	1,3%		3,7%	
Maliyet Artışı (TL)	0,00		0,00	

Çizelge 4.90 ve Çizelge 4.91 incelendiğinde, F Blok Baz Binaların optimum güney-doğu yönelimi, güney ile 90° açı meydana getirilmesiyle oluşturulmuştur. Optimum yönelim senaryosu sonrası Tasarım Binalarda ısıtma enerjisinde yaklaşık %15'lik artış yaşanırken soğutma enerjisinde %14 oranında tasarruf sağlandığı gözlemlenmiştir. Tasarım Binalarda kullanılan ısıtma enerjisine göre optimum yönelim sonucunda toplam %1,3 ve %3,7 oranında enerji tasarrufu sağlanmıştır.

4.12. Optimum Senaryoların Uygulanması ve Maliyet Analizi

Gerçekleştirilen tez çalışması kapsamında, ada bazlı kentsel dönüşüm projesinde üç blok baz bina olarak seçilmiştir. İlk durumda; baz binalardan enerjide etkin bina elde edebilmek adına her bir blok için 7 başlık altında 54 adet enerjide etkin senaryo oluşturularak toplamda 162 adet Tasarım Bina elde edilmiştir. Baz Binalarda ve Tasarım Binalarda enerji tüketim, enerji maliyet ve CO₂ emisyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Tasarım Bina analizleri, Baz Bina analizleriyle karşılaştırılarak optimum enerjide verimli senaryolar elde edilmiştir. İkinci durumda ise elde edilen optimum senaryolar tekrar Baz Binalara uygulanarak Optimum Tasarım Binalar oluşturulmuştur.

Çalışmanın bu bölümünde, enerji etkin iyileştirmelerin ve uygulamaların oluşturduğu ek maliyetler hesaplanarak Baz Binalar ve Optimum Tasarım Binalar karşılaştırılmıştır. Her bir blok için iki durum ele alınmıştır. İlki; Baz Binalarda(Baz Bina-1), ısıtma enerjisi olarak doğalgaz, soğutma enerjisi olarak elektrik kullanıldığı durumda oluşan Optimum Tasarım Binalar(Tasarım Bina-1)'ın enerji tüketimi, enerji maliyeti, iyileştirme ve uygulamaların getirdiği maliyet artışı hesaplanmasıdır. İkinci durum ise, Baz Binalarda(Baz Bina-2) hem ısıtma hem de soğutma enerjisi olarak elektrik kullanıldığı durumdaki Optimum Tasarım Binalar(Tasarım Bina-2)'ın enerji tüketimi, enerji maliyeti, iyileştirme ve uygulamaların getirdiği maliyet artışı hesaplanmasıdır. Ayrıca; Optimum Tasarım Binalarda hava kaynaklı ısı pompalarının yatırım maliyeti karşısında tasarruf oranının düşük olması nedeniyle sisteme dahil edilmeyerek oluşturulan Optimum Tasarım Bina-1' ve Optimum Tasarım Bina-2' için iyileştirme ve uygulamaların getirdiği maliyet artışı gösterilmiştir.

B Blok, D Blok ve F Blok Baz Binalarda yapılan hesaplamalar sonucunda her bir iyileştirme senaryolarından en iyi senaryolar analiz edilerek elde edilmiştir. Elde edilen en iyi senaryoların toplamı tekrar Baz Bloklara uygulanarak Optimum Tasarım Binalar oluşturulmuştur. B Blok, D Blok ve F Blok Baz Binalara uygulanan en iyi senaryolar sonucunda elde edilen Optimum Tasarım Binaların enerji tüketim, enerji maliyet ve emisyon sonuçları sırasıyla Çizelge 4.94'te, Çizelge 4.95'te, Çizelge 4.96'da sunulmuştur. B Blok (Çizelge 4.97, 4.98.), D Blok(Çizelge 4.99, 4.100.) ve F Blok(Çizelge 4.101, 4.102.) Optimum Tasarım Binaların maliyet analizi, maliyet karşılaştırması ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.93. B Blok Tasarım Binalar için optimum senaryoların enerji tüketim, enerji maliyet ve emisyon oranları

Sistem/Kullanım	Enerji Kaynağı	Birim	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Tasarruf Oranı-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2	Tasarruf Oranı-2
Isıtma	Doğalgaz/Elektrik	kWh	70880,81	21748,02	69,3%	29031,42	8115,00	72,0%
Soğutma	Elektrik	kWh	106702,31	51955,95	51,3%	106687,51	52358,75	50,9%
Aydınlatma	Elektrik	kWh	68714,37	46372,42	32,5%	68714,37	46372,42	32,5%
Elektrik Ekipmanları	Elektrik	kWh	90819,37	90819,37	0,0%	90819,37	90819,37	0,0%
Ortak Alan Ekipmanlar	Elektrik	kWh	2555,00	2555,00	0,0%	2555,00	2555,00	0,0%
Fanlar - HVAC	Elektrik	kWh	1124,58	535,19	52,4%	2811,45	1337,97	52,4%
Pompalar	Elektrik	kWh	484,90	528,00	-8,9%	167,50	167,50	0,0%
Kullanım Suyu Isıtma	Elektrik	kWh	10599,31	10599,28	0,0%	10599,31	10599,28	0,0%
Toplam Yıllık Tüketim	-	kWh	351880,65	225113,22	36,0%	311385,92	212325,29	31,8%
Tüketim Yoğunluğu	-	kWh/m².yıl	74,16	47,44	36,0%	62,28	42,47	31,8%
Maliyet	Elektrik	TL	181002,39	130995,05	27,6%	200575,1955	136766,5778	31,81%
	Doğalgaz	TL	13923,18	4271,98	69,3%	-	-	-
	Toplam	TL	194925,57	135267,03	30,6%	200575,20	136766,58	31,81%
	Birim Alan	TL/m².yıl	41,08	28,51	30,6%	40,12	27,35	31,81%
Emisyon Oranları	Elektrik	kg	37091,20	26843,64	27,6%	39005,87	26597,00	31,81%
	Doğalgaz	kg	33316,34	10222,29	69,3%	-	-	-
	Toplam	kg	70407,53	37065,93	47,4%	39005,87	26597,00	31,81%

Çizelge 4.94. D Blok Tasarım Binalar için optimum senaryoların enerji tüketim, enerji maliyet ve emisyon oranları

Sistem/Kullanım	Enerji Kaynağı	Birim	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Tasarruf Oranı-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2	Tasarruf Oranı-2
Isıtma	Doğalgaz/Elektrik	kWh	81871,82	30310,95	63,0%	31645,58	9822,33	69,0%
Soğutma	Elektrik	kWh	85321,87	46788,47	45,2%	85313,44	46780,10	45,2%
Aydınlatma	Elektrik	kWh	57514,60	38521,66	33,0%	57514,60	38521,66	33,0%
Elektrik Ekipmanları	Elektrik	kWh	84824,77	84824,77	0,0%	84824,77	84824,77	0,0%
Ortak Alan Ekipmanlar	Elektrik	kWh	3650,00	3650,00	0,0%	3650,00	3650,00	0,0%
Fanlar - HVAC	Elektrik	kWh	769,98	400,63	48,0%	1924,96	1001,57	48,0%
Pompalar	Elektrik	kWh	1115,60	1675,00	-50,1%	167,50	179,00	-6,9%
Kullanım Suyu Isıtma	Elektrik	kWh	10599,28	10599,26	0,0%	10599,28	10599,26	0,0%
Toplam Yıllık Tüketim	-	kWh	325667,92	216770,74	33,4%	275640,13	195378,69	29,1%
Tüketim Yoğunluğu	-	kWh/m².yıl	65,13	43,35	33,4%	55,13	39,08	29,1%
Maliyet	Elektrik	TL	157038,09	120105,65	23,5%	177550,01	125850,64	29,1%
	Doğalgaz	TL	16082,15	5954,01	63,0%	-	-	-
	Toplam	TL	173120,24	126059,65	27,2%	177550,01	125850,64	29,1%
	Birim Alan	TL/m².yıl	34,62	25,21	27,2%	35,51	25,17	29,1%
Emisyon Oranları	Elektrik	kg	30539,21	23356,95	23,5%	34528,16	24474,18	29,1%
	Doğalgaz	kg	36519,87	13520,55	63,0%	-	-	-
	Toplam	kg	67059,08	36877,50	45,0%	34528,16	24474,18	29,1%

Çizelge 4.95. F Blok Tasarım Binalar için optimum senaryoların enerji tüketim, enerji maliyet ve emisyon oranları

Sistem/Kullanım	Enerji Kaynağı	Birim	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Tasarruf Oranı-1	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2	Tasarruf Oranı-2
Isıtma	Doğalgaz/Elektrik	kWh	71083,82	26814,70	62,3%	27957,26	8847,00	68,4%
Soğutma	Elektrik	kWh	105454,20	49553,11	53,0%	105441,45	49832,55	52,7%
Aydınlatma	Elektrik	kWh	62026,64	41680,55	32,8%	62026,64	41680,55	32,8%
Elektrik Ekipmanları	Elektrik	kWh	90320,19	90320,19	0,0%	90320,19	90320,19	0,0%
Ortak Alan Ekipmanlar	Elektrik	kWh	2555,00	2555,00	0,0%	2555,00	2555,00	0,0%
Fanlar - HVAC	Elektrik	kWh	1111,91	513,26	53,8%	2779,77	1283,16	53,8%
Pompalar	Elektrik	kWh	646,40	234,30	63,8%	167,50	167,50	0,0%
Kullanım Suyu Isıtma	Elektrik	kWh	10599,27	10599,28	0,0%	10599,27	10599,28	0,0%
Toplam Yıllık Tüketim	-	kWh	343797,43	222270,40	35,3%	301847,08	205285,23	32,0%
Tüketim Yoğunluğu	-	kWh/m².yıl	66,11	42,74	35,3%	58,05	39,48	32,0%
Maliyet	Elektrik	TL	175664,93	125900,24	28,3%	194430,87	132231,81	31,99%
	Doğalgaz	TL	13963,06	5267,24	62,3%	-	-	-
	Toplam	TL	189627,98	131167,48	30,8%	194430,87	132231,81	31,99%
	Birim Alan	TL/m².yıl	36,47	25,22	30,8%	37,39	25,43	31,99%
Emisyon Oranları	Elektrik	kg	32847,66	23542,14	28,3%	36356,71	24726,08	31,99%
	Doğalgaz	kg	30488,23	11500,97	62,3%	-	-	-
	Toplam	kg	63335,89	35043,11	44,7%	36356,71	24726,08	31,99%

Çizelge 4.96. B Blok Optimum Tasarım Bina-1 ve Optimum Tasarım Bina-2 için maliyet analizi

B Blok Optimum İyileştirmeler ve Uygulamalar	Baz Bina-1 Maliyeti (TL)	Tasarım Bina-1				Baz Bina-2 Maliyeti (TL)	Tasarım Bina-2			
		Maliyet (TL)	Tasarruf Miktarı (%)	Maliyet Tasarrufu (%)	Maliyet Artış Oranı (%)		Maliyet (TL)	Tasarruf Miktarı (%)	Maliyet Tasarrufu (%)	Maliyet Artış Oranı (%)
Isı yalıtım iyileştirmesi	91437,90	264851,74	8,06%	2,52%	189,65%	91437,90	269791,20	3,55%	3,55%	195,05%
Cam seçimi iyileştirmesi	111498,81	253299,21	18,76%	16,16%	127,18%	111498,81	253299,21	16,42%	16,42%	127,18%
Güneş kırıcı sistem uygulaması	–	77771,33	6,64%	8,73%	100,00%	–	77771,33	8,40%	8,40%	100,00%
Aydınlatma sistem iyileştirmesi	16437,33	27182,25	5,22%	7,62%	65,37%	16437,33	27182,25	7,20%	7,20%	65,37%
Fotovoltaik panel uygulaması	–	191296,50	–	–	100,00%	–	191296,50	–	–	100,00%
Hava kay. ısı pompası uyg.	–	2043640,00	12,30%	-1,98%	100,00%	–	2043640,00	0,90%	0,90%	100,00%
Optimum yönelim uygulaması	–	0,00	3,37%	4,40%	0,00%	–	0,00	4,26%	4,26%	0,00%
Toplam Maliyet (TL)	219374,04	2858041,03			1202,82%	219374,04	2862980,49			1205,07%

Çizelge 4.97. B Blok Optimum Tasarım Binaların toplam enerji tasarrufu ve maliyet karşılaştırması

Hesap Kalemleri	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Tasarım Bina-1'	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2	Tasarım Bina-2'
Toplam Tüketim (kW)	351880,6	186620,2	213633,8	311385,92	173832,29	175743,19
Toplam Maliyet (TL)	219374,00	2858041,00	814401,00	219374,04	2813643,49	770003,5
Toplam Enerji Tasarrufu (%)	–	46,96%	39,29%	–	44,17%	43,56%
Maliyet Artışı (TL)	–	2.638.666,99	595.026,99	–	2594269,45	770003,49
Maliyet Artış Oranı (%)	–	1202,82%	271,24%	–	1182,58%	251,00%

Çizelge 4.98. D Blok Optimum Tasarım Bina-1 ve Optimum Tasarım Bina-2 için maliyet analizi

D Blok Optimum İyileştirmeler ve Uygulamalar	Baz Bina-1 Maliyeti (TL)	Tasarım Bina-1				Baz Bina-2 Maliyeti (TL)	Tasarım Bina-2			
		Maliyet (TL)	Tasarruf Miktarı (%)	Maliyet Tasarrufu(%)	Maliyet Artış Oranı (%)		Maliyet (TL)	Tasarruf Miktarı (%)	Maliyet Tasarrufu(%)	Maliyet Artış Oranı (%)
Isı yalıtım iyileştirmesi	112522,95	347362,94	8,70%	3,12%	208,70%	112522,95	349857,69	4,00%	4,00%	210,92%
Cam seçimi iyileştirmesi	125638,63	284657,49	18,33%	14,67%	126,57%	111498,81	253299,21	14,95%	14,95%	127,18%
Güneş kırıcı sistem uygulaması	–	35039,83	1,19%	3,10%	100,00%	–	77771,33	3,10%	3,10%	100,00%
Aydınlatma sistem iyileştirmesi	8861,94	14659,36	5,26%	7,55%	65,42%	16437,33	27182,25	7,11%	7,11%	65,37%
Fotovoltaik panel uygulaması	–	141959,50	–	–	100,00%	–	191296,50	–	–	100,00%
Hava kay. ısı pompası uyg.	–	1102490,00	16,57%	6,05%	100,00%	–	2043640,00	1,40%	1,40%	100,00%
Optimum yönelim uygulaması	–	0,00	0,19%	-0,01%	100,00%	–	0,00	0,30%	0,30%	0,00%
Toplam Maliyet (TL)	247023,52	1926169,12			679,75%	240459,09	2943046,98			1123,93%

Çizelge 4.99. D Blok Optimum Tasarım Binaların toplam enerji tasarrufu ve maliyet karşılaştırması

Hesap Kalemleri	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Tasarım Bina-1'	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2	Tasarım Bina-2'
Toplam Tüketim (kW)	325667,92	188205,74	220200,72	275640,13	166813,69	169549,00
Toplam Maliyet (TL)	247023,52	1926169,12	823679,1	247023,52	1928663,87	826173,9
Toplam Enerji Tasarrufu (%)	–	42,21%	32,38%	–	39,48%	38,49%
Maliyet Artışı (TL)	–	1679145,60	576655,60	–	1681640,35	579150,35
Maliyet Artış Oranı (%)	–	679,75%	233,44%	–	680,76%	234,45%

Çizelge 4.100. F Blok Optimum Tasarım Bina-1 ve Optimum Tasarım Bina-2 için maliyet analizi

F Blok Optimum İyileştirmeler ve Uygulamalar	Baz Bina-1 Maliyeti (TL)	Tasarım Bina-1				Baz Bina-2 Maliyeti (TL)	Tasarım Bina-2			
		Maliyet (TL)	Tasarruf Miktarı (%)	Maliyet Tasarrufu(%)	Maliyet Artış Oranı (%)		Maliyet (TL)	Tasarruf Miktarı (%)	Maliyet Tasarrufu(%)	Maliyet Artış Oranı (%)
Isı yalıtım iyileştirmesi	101833,80	292245,44	7,7%	2,3%	187,0%	101833,80	298078,60	3,1%	3,1%	192,71%
Cam seçimi iyileştirmesi	124817,49	283846,50	20,1%	17,1%	127,4%	124817,49	283846,50	17,4%	17,4%	127,41%
Güneş kırıcı sistem uygulaması	–	38336,26	0,2%	2,1%	100,0%	–	38336,26	1,9%	1,9%	100,00%
Aydınlatma sistem iyileştirmesi	11004,20	18203,48	4,9%	7,1%	65,4%	11004,20	18203,48	6,8%	6,8%	65,42%
Fotovoltaik panel uygulaması	–	153708,70	–	–	100,0%	–	153708,70	–	–	100,00%
Hava kay. ısı pompası uygulaması	–	1371390,00	13,0%	-1,7%	100,0%	–	1371390,00	0,9%	0,9%	100,00%
Optimum yönelim uygulaması	–	0,00	0,0%	0,0%	100,0%	–	0,00	3,7%	3,7%	100,00%
Toplam Maliyet (TL)	237655,49	2157730,38			807,92%	237655,49	2163563,54			810,38%

Çizelge 4.101. F Blok Optimum Tasarım Binaların toplam enerji tasarrufu ve maliyet karşılaştırması

Hesap Kalemleri	Baz Bina-1	Tasarım Bina-1	Tasarım Bina-1'	Baz Bina-2	Tasarım Bina-2	Tasarım Bina-2'
Toplam Tüketim (kW)	343797,43	191341,40	216215,73	301847,08	174356,23	175925,43
Toplam Maliyet (TL)	237655,49	2157730,38	786340,4	237655,49	2163563,54	792173,5
Toplam Enerji Tasarrufu (%)	–	44,34%	37,11%	–	42,24%	41,72%
Maliyet Artışı (TL)	–	1920074,89	548684,89	–	1925908,05	554518,05
Maliyet Artış Oranı (%)	–	807,92%	230,87%	–	810,38%	233,33%

B Blok Baz Binalarda toplam optimum enerji etkin tasarım senaryoları uygulandığında Optimum Tasarım Bina-1'de ısıtmada %69,3 oranında, soğutmada ise %51,3 oranında enerji tasarrufu sağlanırken; Optimum Tasarım Bina-2'de bu oranlar sırasıyla %72,0 ve %50,9 olmaktadır(Çizelge 4.93.).

Çizelge 4.96'da elde edilen verilere göre; ısıtmada doğalgaz, soğutmada elektrik kullanılan B Blok Baz Bina-1'in enerjide etkin iyileştirmeler ve uygulamalar sonrasında ek maliyet 2.638.666,99 TL olarak hesaplanmıştır. Maliyet artış yüzdesi ise %1202,82 olarak elde edilmiştir. Bu orana en fazla etki eden uygulama hava kaynaklı ısı pompasıdır. Hava kaynaklı ısı pompasının Optimum Tasarım Bina-1'den çıkartılmasıyla oluşan Optimum Tasarım Bina-1' için maliyet artışı 596.026,99 TL olmaktadır. B Blok Optimum Tasarım-1'den ısı pompasının çıkartılmasıyla toplam enerji tasarruf oranı %46,96'dan %39,29'a düşmektedir. B Blok Optimum Tasarım Bina-2'nin maliyet artış oranı %1182,58 olarak hesaplanmıştır. B Blok Optimum Tasarım Bina-2'den ısı pompasının çıkartılmasıyla, elde edilen Optimum Tasarım Bina-2'nin, toplam enerji tasarrufunda %0,61'lik azalım görülürken maliyet artış oranı ise %251,00 olmaktadır. Bu durum, binalarda ısıtma enerjisi olarak elektrik kullanıldığı durumda sistemde hava kaynaklı ısı pompasının kullanımı enerji tasarruf oranı karşısında maliyet artışının çok büyük olduğunu göstermektedir.

5. TARTIŞMA

Tez çalışması kapsamında, literatürde yer alan kentsel dönüşüm ve enerji verimli bina tasarım parametreleri detaylı bir şekilde araştırılarak sunulmuştur. Yapılan incelemelerde Dünya’da enerjinin verimli kullanılmasına yönelik birçok çalışmanın yürütülerek mevcut ve yeni yapılan binalarda uygulamaların gerçekleştirildiği görülmüştür. Avrupa’da belirli ülkelerin enerji tüketiminin azaltılmasına, enerjinin verimli kullanılmasına, fosil yakıtların kullanımının kısıtlanmasına, CO₂ emisyon salınımına sınırlanmasına yönelik birçok yasal düzenleme getirilmiştir.

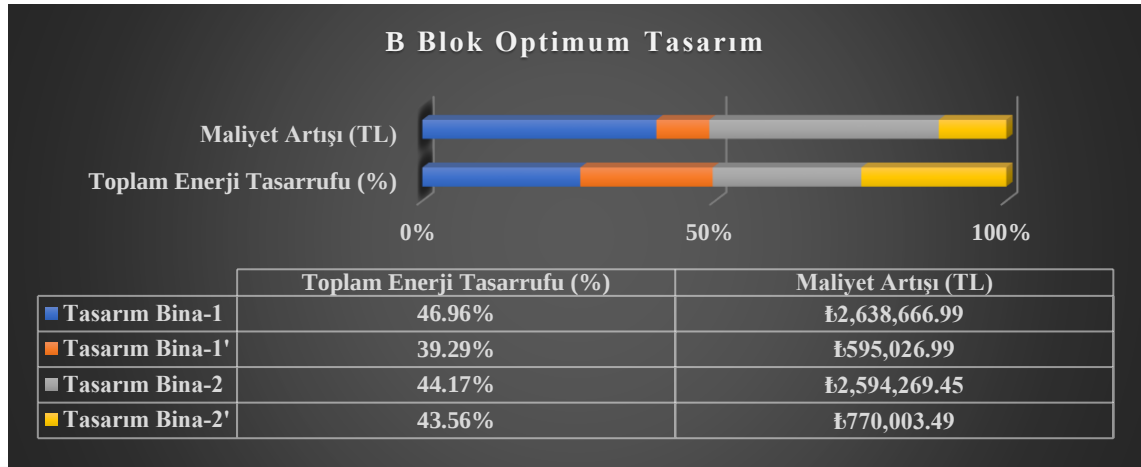
AB sera gazı emisyonlarının; 1990 sera gazı seviyesinin %95’ine kadar azaltmayı ayrıca; binalarda ve ulaşımda yüksek enerji verimliliği ve akıllı enerji teknolojileri kullanarak, yenilenebilir enerjilerin desteklenmesi ve kömür ve doğalgaz gibi yakıtların daha temiz hale getirilmesi hedeflenmiştir. 2014 yılı itibarıyla Avrupa Konseyi üyesi ülkelerin 2030 yılına kadar enerji verimliliğinin %27 oranında artırılacağı öngörülmektedir (Güven 2019). Ülkemizde, üyesi olduğu uluslararası kuruluşların enerji verimliliğine yönelik anlaşmalardan kaynaklanan genel yaptırımlar haricinde kentsel dönüşüm projeleri özelinde herhangi bir yasal düzenlemelerle zorunlu haline getirilmiş enerji etkin yapı tasarım kriterleri bulunmamaktadır.

Kentsel dönüşüm uğramış yerleşim bölgelerde yapı kullanım ömrünün 50 ila 60 yıl arasında olacağı düşünüldüğünde tasarım aşamasında farklı disiplinler arası bütünsel planlamaların yapılmasını zorunlu kılmıştır. Ülkemizde kentsel dönüşüm; genellikle parsel bazında uygulanarak, eski binaların yıkılarak yerine yeni kabuk sistemine sahip, eski altyapıyı kullanan yenilenmiş binalar şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Dünyada kentsel dönüşüm uygulamaları incelendiğinde en az birkaç adanın birleşmesiyle, yaygın olarak mahalle ölçeğinde, altyapı hizmetlerinden, sosyal donatı alanına kadar kent olgusu kriterleri baz alınarak tasarlanmasıyla, tüm farklı disiplinlerin paydaş olarak sürece dahil edilmesiyle gerçekleştiği görülmektedir.

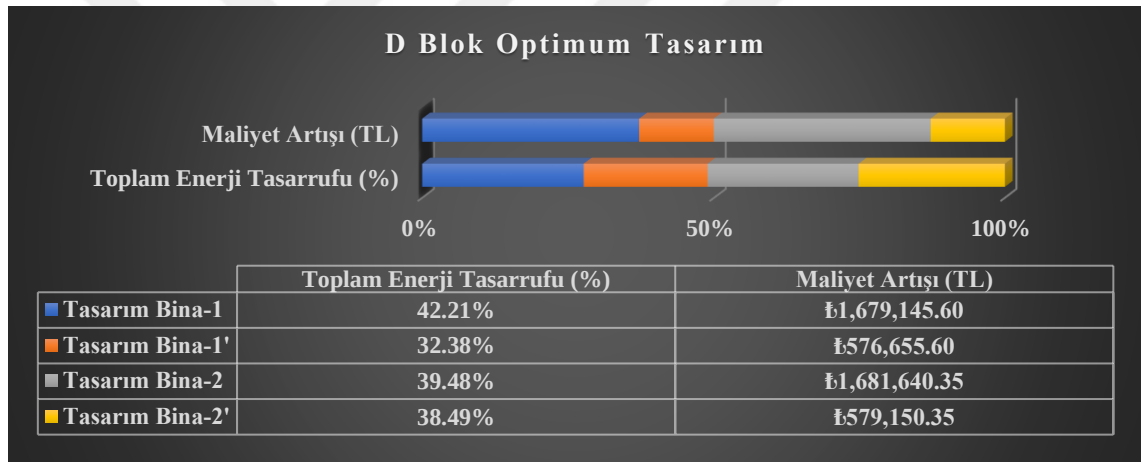
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yapılan açıklamada; Türkiye’de yapı stoğunun yaklaşık %40’ının (6-7 milyon konut) yenilenmesi ya da güçlendirilmesi gerektiği belirtilmektedir. Enerjide dışa bağımlı olan Türkiye’de, kentsel dönüşüm projelerinin yaygın bir uygulama alanı olduğu, çok sayıda kentsel dönüşüm projesinin hayata geçirildiği görülmektedir. Kentsel dönüşüm projelerinde enerji etkin tasarım kriterlerinin uygulanmasıyla Türkiye’nin enerji konusunda dışa bağımlılığının azalacağı çalışma kapsamında elde edilen veriler ile görülmüştür.

Ülkemizde enerji verimliliği, yatırımcı veya müteahhitler tarafından sadece ısı yalıtım malzeme kalınlığının artırılmasıyla elde edilebileceği yaygın olarak düşünülmektedir. Bina tasarım aşamasında ekonomik optimizasyon yapılmadığı takdirde enerji verimliliği amacıyla malzeme kalınlığının, sayısının artırılması, ek uygulamaların gerçekleştirilmesi hedeflenen amacın aksine enerji tüketiminin arttığı bir duruma dönüşebilmektedir. Çalışma kapsamında elde edilen veriler doğrultusunda hava kaynaklı ısı pompasının enerji tüketim değerlerinde sağlayacağı tasarruf oranının yatırım maliyetine oranla çok düşük olmasından dolayı hava kaynaklı ısı pompası kullanımı

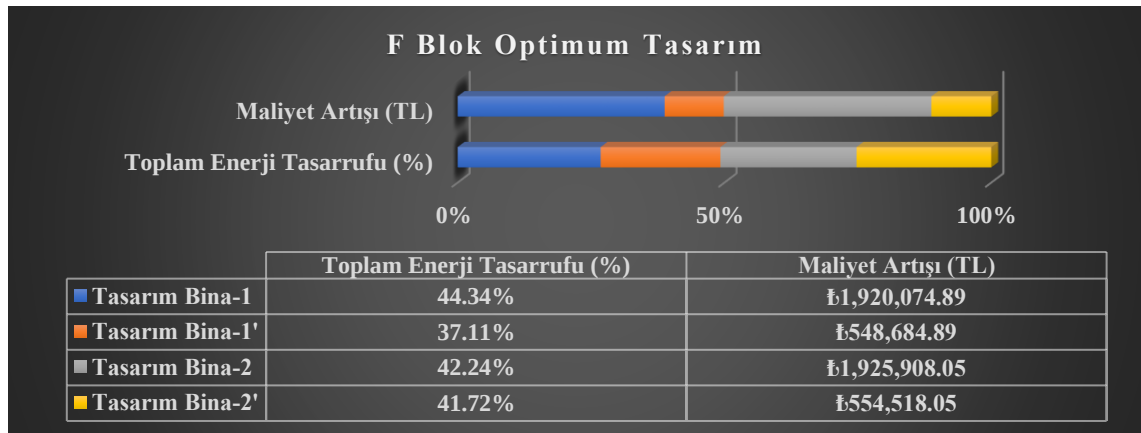
Antalya özelinde enerjide etkin yapı tasarımında fayda/maliyet ilişkisi dikkate alınmalıdır.



Şekil 5.1. B Blok optimum tasarım binaların enerji tasarruf-maliyet artış ilişkisi



Şekil 5.2. D Blok optimum tasarım binaların enerji tasarruf-maliyet artış ilişkisi



Şekil 5.3. F Blok optimum tasarım binaların enerji tasarruf-maliyet artış ilişkisi

Şekil 5.1, Şekil 5.2 ve Şekil 5.3. incelendiğinde hava kaynaklı ısı pompası kullanılan Tasarım Bina-1 ve Tasarım Bina-2 modelleri ile sadece hava kaynaklı ısı pompasının sistemden çıkartılmasıyla oluşturulan Tasarım Bina-1' ve Tasarım Bina-2' modelleri arasında yaklaşık 4,5 kata kadar çıkan maliyet artışı karşısında yaklaşık %1,2'lik enerji tasarrufunun oluşması nedeniyle Antalya özelinde hava kaynaklı ısı pompasının kullanımı dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

Hava kaynaklı ısı pompasının tasarım dışı bırakılmasına rağmen enerjide etkin tasarım binaların oluşmasında gerçekleştirilen iyileştirmelerin ve uygulamaların oluşturduğu ek maliyet baz binalarla karşılaştırıldığında %275'e kadar arttığı görülmüştür. Bu oranın ortaya çıkmasındaki en büyük etken %187 ila %210 arasında maliyet artışına neden olan ısı yalıtımının iyileştirmesidir. Isı yalıtımının iyileştirmesiyle %210'a kadar ulaşan maliyet artışının temel nedeni Baz Binalarda dış kabukta, betonarme duvarlar haricinde duvarlarda herhangi bir ısı yalıtım malzemesinin kullanılmamış olmasıdır. Baz binalarda dış duvarlarda ısı yalıtım yapılmamasının nedeni TS 825 'Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları' standardı yapılarda sadece ısıtma enerjisini baz alarak, soğutma enerjisini kapsam dışı bırakmış olmasıdır. Yapılarda soğutma gereksinimi ısıtma gereksiniminde fazla olan 1. Derece İklim Bölgesinde yer alan Antalya'da dış kabukta ısı yalıtımı yapılmadan TS 825 standardı sağlanabilmektedir. Ayrıca; TS 825 'Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları' standardı; farklı iklimsel koşullara hakim olan farklı şehirleri aynı iklim bölgesi içinde değerlendirmesi; yapı tasarımında yerel iklimsel verilerle doğrudan etkileşim halinde olan yapı kabuğu bileşenlerinin enerji tüketim analizlerinin bu kapsamda yetersiz, eksik yapılmasına neden olmaktadır. Enerji etkin bina tasarımında güneş ışınımı, dış hava sıcaklığı, nem ve rüzgar gibi dış iklim elemanlarının yerleşke ölçeğinde değerlendirilmesi mümkün olmamaktadır. Örneğin; TS 825'e göre Balıkesir'in Ayvalık İlçesi ile Antalya'nın Alanya ilçesi aynı derece-gün bölgesinde yer almaktadır.

Optimum Tasarım Bina maliyetlerinin Baz Binalara göre %275 artmasının ikinci etkeni ise Baz Binalarda camların iyileştirmesidir. Baz Binalarda sıradan C sınıfı çift cam-düz cam kullanılırken, bu camların yerine yaklaşık %127 maliyet artışıyla Tasarım Bina Modellerinde Solar Low-e kaplamalı camlar kullanılmıştır. Bu iyileştirme sonrası binada toplam yıllık enerji tüketiminde %20,11 enerji tasarrufu sağlanmıştır. Tez çalışmasında Baz Binalarda kullanılmayıp Tasarım Binalarda kullanılan birçok malzemenin fiyatının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyat listesinden alınmış olması maliyet artış yüzdesinin bu denli fazla olmasının bir diğer nedenidir. ÇŞB'nin birim fiyatlarının piyasada bulunan malzemelere göre düşük değerde olması maliyet farkının fazla çıkmasına neden olmuştur.

Antalya'da yaygın olarak yapıların ısıtılmasında elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Bu kapsamda çalışmada, baz blokların aynı olmasına rağmen yapıda kullanılan ısıtma enerji kullanımının farklı olması tasarım binalarında maliyet artışında ve enerji tasarrufunda değişkenlik göstermektedir. Şekil 5.1'de B Blokta ısıtmada doğalgaz, soğutmada elektrik enerjisi kullanıldığında (Tasarım Bina-1) yıllık %46,96 enerji tasarrufu sağlanırken, herhangi bir yapı, sistem değişikliği yapılmadan sadece ısıtmada doğalgaz yerine elektrik enerjisi kullanıldığında (Tasarım Bina-2) yıllık %44,17 enerji tasarrufu oluşmaktadır. Bu durum D Blokta Tasarım Bina-1 ve Tasarım Bina-2 için enerji tasarruf oranı sırasıyla %42,21; %39,48 olurken, F Blok için ise %44,34 ve %42,24 olmaktadır.

Elde edilen veriler detaylı incelendiğinde, Antalya özelinde binalarda hava kaynaklı ısı pompasının kullanılmadığı durumda ısıtmada elektrik enerjisi kullanımının doğalgaz kullanımına göre enerji tasarrufunda avantaj sağladığı ancak enerji maliyeti açısından ısıtmada doğalgaz kullanımının ideal olduğu gözlemlenmiştir. Binalarda uygulanacak PV sistemler ile binada ihtiyaç duyulan enerjinin büyük kısmının karşılanması durumunda ısıtmada gerek tüketim miktarı gerekse enerji maliyeti açısından en ideal yakıt türünün elektrik enerjisi olduğu kanaatine varılmıştır.



6.SONUÇLAR

Tez çalışmasında, ada bazlı kentsel dönüşüme uğramış olan Antalya İli, Kepez İlçesi, Gülveren Mahallesi Kentsel Dönüşüm Projesi seçilerek Antalya özelinde enerji verimli tasarım kriterleri analiz edilmiştir. İncelenen kentsel dönüşüm projesinde optimum enerjide etkin bina maliyeti konvansiyonel bina modeli ile karşılaştırıldığında toplam maliyet artış oranının %230,9 ila %271,2 arasında olduğu sonucuna varılmıştır. Oluşan maliyet artışı karşısında enerjide etkin binalarda %32,4 ila %43,6 arasında toplam yıllık enerji tasarrufu sağlandığı görülmüştür. Gerek enerji tasarrufu gerekse emisyon oranları incelendiğinde maliyet artış oranının kentsel dönüşüm projelerinde enerji etkin bina kriterlerinin tercih edilmesinde engel olmadığı kanaatine varılmıştır.

Çalışma kapsamında Antalya'nın güncel dış hava sıcaklık verileri kullanılarak ömür maliyet analizi ve derece-gün metodu yardımıyla binada kullanılan yakıt türüne bağlı olarak ısıtma, soğutma ve hem ısıtma hem soğutma enerji gereksinimi için döşemede, duvarda, tavanda kullanılacak optimum yalıtım malzemesi ve kalınlığı hesaplanmıştır. Çalışmada bina dış kabuğunda kullanılacak optimum yalıtım malzemesi ve yalıtım kalınlığı hesap sonuçlarının yol gösterici nitelikte olacağı düşünülmektedir. Çalışma kapsamında, binalarda enerjinin etkin kullanılmasına yönelik gerçekleştirilen ısı yalıtım malzemesinin, cam ve aydınlatma sisteminin iyileştirmesi; güneş kırıcı, hava kaynaklı ısı pompası ve fotovoltaik sistemlerin uygulanması, optimum yönelim analizi sonuçları sektöre önemli ölçüde katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Çalışma akademik açıdan ele alındığında ise; sürdürülebilirlik kapsamında ada bazlı yerleşkelerin enerji verimliliğinin ölçülmesi yönelik yapılacak çalışmalara ışık tutacak niteliktedir. Literatürde sürdürülebilir yapılar, yapıların enerji verimliliği ve sürdürülebilir yapı maliyeti konusunda çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak bu çalışmalarda enerji verimliliği genellikle bir bina, kat veya bir mahal örneklem üzerinden yapılmıştır. Bu tezde yapılan araştırma, ada bazlı yerleşkelerde, binaların enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik binaların yeri, konumu, yönelimi ve binalar arası mesafe gibi tasarım parametreleri dikkate alınması nedeniyle özgünlük taşımaktadır. Bu araştırma tez çalışmasını diğer çalışmalardan ayıran en belirgin özelliktir. Tez çalışmasının bir diğer önemli özelliği ise, Antalya'da binaların ısıtma ihtiyacını yaygın bir şekilde elektrik enerjisiyle karşılanması nedeniyle çalışma kapsamında ısıtmada doğalgazın yanı sıra elektrik enerjisinin kullanıldığı senaryolar üretilerek analizlerin yapılmasıdır. Enerji etkin bina kriterleri ile maliyet ilişkisi karşılaştırılarak Antalya özelinde ada bazında yerleşkelerin enerji etkin bütüncül bir yaklaşımla optimum tasarım modeli oluşturulmaya çalışılmıştır.

Tez çalışmasında, ada bazlı kentsel dönüşüme uğramış olan, 6 bloktan oluşan kentsel dönüşüm projesinde adada yer alan tüm bloklar hakkında bilgi edinilebilecek 3 blok seçilerek enerjide verimli bina kriterleri kapsamında yeniden tasarlanarak enerji analizleri gerçekleştirilmiştir. Binaların enerjide verimli kriterlere göre tasarlanmasının sonucunda yıllık enerji tüketim değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Binaların ömrü boyunca enerji etkin bina tasarımının sağlayacağı maliyet tasarrufu dikkat çekmektedir. Özellikle kentsel dönüşüm sonrası konutlarda yaşayacak hane halklarının ekonomik durumu düşünüldüğünde enerji tüketim değerlerinin, dolayısıyla enerji maliyetlerinin düşmesi büyük kazanımdır. Bu kapsamda enerjinin etkin bir şekilde kullanılmasına

yönelik tasarımların yapılması gerek kullanıcılar gerekse ülkemiz açısından bir tercih değil zorunluluktur.

Sonuç olarak; çalışma kapsamında Antalya özelinde ada bazlı kentsel dönüşüm projesinde enerji etkin bina kriterlerinin uygulanması sonucunda enerji maliyetlerinin düşürülebileceği gözlemlenmiştir. Antalya'nın konumu ve iklimsel veriler nedeniyle elektrik üretiminde güneş enerjisinden verimli bir şekilde yararlanılıyor olması, kentsel dönüşüm sonrası yapılan konutlarda yaşayacak hane halklarının sosyo-ekonomik düzeyi dikkate alındığında Antalya özelinde Tasarım Bina-2' modelinin kullanılmasının sürdürülebilirlik ve maliyet açısından daha uygun olacağı kanaatine varılmıştır. Çalışmanın, enerji etkin bina tasarım uygulamaları ile maliyet ilişkisinin birlikte incelenmesi, sürdürülebilir enerji odaklı olması nedeniyle belediyelere, akademiye, inşaat sektörüne katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



7.KAYNAKLAR

- Acaroğlu, M. 2013. Alternatif Enerji Kaynakları. Nobel Akademik Yayıncılık: 719, Ankara, 654 s.
- Adıgüzel Istıl, Ş. 2019. Türkiye’de kentsel dönüşüm süreçlerinde sürdürülebilirlik ve maliyet ilişkisinin incelenmesi: Antalya İli örneği. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 138 s.
- Akbaba, S. 2020. Yerleşme formu ve enerji verimliliği ilişkisi Ankara– Çankaya örneği. İçinde: Yalçiner Erçoşkun Ö. (Ed.), Enerji Etkin Kent Tasarımı. İksad Yayın Evi, Ankara, ss. 103-151.
- Akkar, Z.M. 2006. Kentsel Dönüşüm Üzerine Batı'daki Kavramlar, Tanımlar, Süreçler ve Türkiye. *Planlama*, 36: 29-38.
- Aktaş, Z. 2018. Kentsel dönüşüm: Türkiye ve AB'nin uygulamaları, yasal çerçeveleri kapsamlarında karşılaştırmalı bir inceleme. Yüksek lisans tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul, 143 s.
- Altınöz, M. 2019. Binaların çevresel etkilerinin enerji verimliliği ve karbon ayak izi açısından incelenmesi: Kırklareli örneği. Yüksek lisans tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne, 111 s.
- Altuğ, S. 2020. Kentsel dönüşüm uygulamalarının başarısı ve kente katkıları: Karşıyaka Bostanlı Mahallesi örneği (İzmir). Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 100 s.
- Altun, M., Akgül, Ç.M. ve Akçamete, A. 2020. Kabuk yalıtımının bina ısıtma enerjisi ihtiyacına, maliyetine ve karbon ayak izine etkisinin yaşam döngüsü bakış açısıyla değerlendirmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(1): 147-163.
- An, N., Turp, M.T., Akbaş, A., Öztürk, Ö. ve Kurnaz, M.L. (2018). Türkiye’nin değişen ikliminde ısıtma ve soğutma gün derecelerinin gelecek projeksiyonları. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 3: 227-240.
- Anbarcı, M., Giran, Ö. ve Demir, İ.H. 2012. Uluslararası yeşil bina sertifika sistemleri ile Türkiye’deki bina enerji verimliliği uygulaması. *Engineering Sciences*, 7(1): 368-383.
- Anonim 1: <https://www.tdk.gov.tr/> [Son erişim tarihi: 28.02.2021]
- Anonim 2: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Insaat-ve-Konut-116> [Son erişim tarihi: 07.03.2021]
- Anonim 3: <http://kastamonu.csb.gov.tr/kentsel-donusumde-50-soru-50-cevap-i-5086#> [Son erişim tarihi: 07.03.2021]
- Anonim 4: <https://www.mevzuat.gov.tr/#anayasa> [Son erişim tarihi: 21.03.2021]
- Anonim 5: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=5393&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5> [Son erişim tarihi: 21.03.2021]

Anonim 6:

<https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=5216&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5> [Son erişim tarihi: 21.03.2021]

Anonim 7:

<https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=5366&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5> [Son erişim tarihi: 21.03.2021]

Anonim 8:

<https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=6306&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5> [Son erişim tarihi: 21.03.2021]

Anonim 9: https://www.wwf.org.tr/calismalarimiz/iklim_ve_enerji/ [Son erişim tarihi: 07.03.2021]

Anonim 10: www.enerjiatlasi.com [Son erişim tarihi: 07.03.2021]

Anonim 11:

<https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=5627&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5> [Son erişim tarihi: 13.05.2021]

Anonim 12: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/10/20081009-2.htm> [Son erişim tarihi: 13.05.2021]

Anonim 13: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/12/20081205-9.htm> [Son erişim tarihi: 13.05.2021]

Anonim 14: <https://csb.gov.tr/bakan-kurum-iklim-degisikligiyle-mucadele-zirvesi-sonuc-bildirgesini-acikladi-bakanlik-faaliyetleri-30880> [Son erişim tarihi: 20.02.2021]

Anonim 15: <https://www.enerjikimlikbelgesi.com/> [Son erişim tarihi: 14.05.2021]

Anonim 16: http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/Yesil_IBol_BINA.pdf [Son erişim tarihi: 01.09.2019]

Anonim 17: <https://cedbik.org/tr/yesil-bina-7-pg> [Son erişim tarihi: 04.07.2019]

Anonim 18: <https://www.tokihaber.com.tr/sayi-112-revize/> [Son erişim tarihi: 26.08.2019]

Anonim 19: http://www.yesilbinadergisi.com/yayin/706/uluslararasi-yesil-binalar-zirvesi-nin-sonuc-bildirgesi-aciklandi_21285.html#.YESIomgzbiU [Son erişim tarihi: 21.03.2021]

Anonim 20: <https://www.isicam.com.tr/tr/> [Son erişim tarihi: 11.05.2021]

Anonim 21: <https://www.daimaenerji.com/> [Son erişim tarihi: 13.05.2021]

Anonim 22: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2020-37210> [Son erişim tarihi: 21.04.2021]

Anonim 24: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2020-37210> [Son erişim tarihi: 23.04.2021]

Anonim 25: <https://www.nufusu.com/en-kalabalik-ilceler> [Son erişim tarihi: 23.04.2021]

- Anonim 26: <https://www.endeksa.com/tr/analiz/antalya/kepez/gulveren/demografi> [Son erişim tarihi: 23.04.2021]
- Anonim 27: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Istatistiklerle-Aile-2019-33730> [Son erişim tarihi: 23.04.2021]
- Anonim 28: <https://keos.kepez-bld.gov.tr/keos/> [Son erişim tarihi: 23.04.2021]
- Anonim 29: <https://www.kepez-bld.gov.tr/news.php?id=5496/Gulverene-kentsel-donusum-mujdesi> [Son erişim tarihi: 23.04.2021]
- Anonim 30: <https://www.kepez-bld.gov.tr/news.php?id=8488/Turkiyenin-isik-hiziyla-biten-ilk-kentsel-donusumu> [Son erişim tarihi: 23.04.2021]
- Anonim 31: <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/gun-derece.aspx?g=merkez&m=07-00&y=2020&a=08> [Son erişim tarihi: 20.02.2021]
- Anonim 32: <https://www.dakik360.com/tasarruflu-ampul-mu-led-ampul-mu#> [Son erişim tarihi: 23.04.2021]
- Anonim 33: https://tr.wikipedia.org/wiki/N%C3%BCfuslar%C4%B1na_g%C3%B6re_%C3%BClkeler_listesi [Son erişim tarihi: 06.05.2021]
- Anonim 34: <https://www.avrupa.info.tr/tr/enerji-abnin-hedefleri-58> [Son erişim tarihi: 09.04.2021]
- Anonymous 1: <http://bioclimaticarq.blogspot.com/2015/11/influencia-da-implantacao-e-da.html> [Son erişim tarihi: 05.05.2021]
- Anonymous 2: <http://www.aceve-environnement.org/Conseils-pour-construire-faire.html> [Son erişim tarihi: 05.05.2021]
- Anonymous 3: <http://abioclimatica.blogspot.com/> [Son erişim tarihi: 05.05.2021]
- Anonymous 4: https://bembook.ibpsa.us/index.php?title=Solar_Shading [Son erişim tarihi: 05.05.2021]
- Anonymous 5: https://bembook.ibpsa.us/index.php?title=Solar_Shading [Son erişim tarihi: 05.05.2021]
- Anonymous 6: <http://brasiliaconcreta.com.br/o-que-e-brise/> [Son erişim tarihi: 17.04.2021]
- Anonymous 7: <https://www.lushome.com/feng-shui-house-layout-17-feng-shui-tips-good-home-design-plan/74814> [Son erişim tarihi: 20.04.2021]
- Arabulan, S. 2015. Kentsel dönüşüm kapsamında kimliğin yeniden kazanımı: Edirne-Karaağaç örneği. Doktora tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne, 258 s.
- Atmaca, Z. 2019. 6306 Sayılı Yasa kapsamında kentsel dönüşüm süreçlerinin kentsel kamusal mekan üzerinde etkileri. Yüksek lisans tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Gebze, 195 s.
- Aydın, A. H. ve Çamur, Ö. 2016. Kentsel dönüşüm uygulamalarında başarılı dünya örnekleri: Dambara, Solidere, Rio De Janeiro. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(1): 53-68.

- Aydın, N. ve Bıyıkoglu, A. 2020. Konut tipi binalarda soğutma yükünün optimum yalıtım kalınlığına etkisi. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 40(2): 281-291.
- Aydın, N. ve Bıyıkoglu, A. 2020. Konut tipi binalarda soğutma yükünün optimum yalıtım kalınlığına etkisi. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 40(2): 281-291.
- Aykal, F.D., Gümüş, B. ve Akça, Y.B. 2009. Sürdürülebilirlik kapsamında yenilenebilir ve etkin enerji kullanımının yapılarda uygulanması. V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, ss. 78-83, 19-21 Haziran, Diyarbakır.
- Aytaç, A. ve Aksoy, U.T. 2006. Enerji tasarrufu için dış duvarlarda optimum yalıtım kalınlığı ve ısıtma maliyeti ilişkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(4): 753-758.
- Balcıoğlu, A. 2013. Geleneksel ve modern bağ evi örneklerinin soğutma enerjisi korunumunda etkili olan tasarım değişkenleri açısından değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 91 s.
- Bayraktar, D. ve Bayraktar, E.A. 2019. Antalya kent merkezinde kentsel dönüşüm uygulamaları. *Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1): 19-35.
- Bolattürk, A. 2008. Optimum insulation thicknesses for building walls with respect to cooling and heating degree-hours in the warmest zone of Turkey. *Building and Environment*, 43: 1055-1064.
- Boyras, Z. ve Hoş, B.Y. 2014. Türkiye'de kentsel dönüşüm uygulamaları. *Zeitschrift für die Welt der Türken*, 6(3): 45-63.
- Canan, F. 2008. Enerji etkin tasarımda parametrelerin denetlenmesi için bir model denemesi. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 259 s.
- Caner, İ. 2020. Hastanelerde ısıtma ve soğutma yüklerinin ısı konfor ve enerji verimliliği açısından optimizasyonu. Doktora tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, 139 s.
- Çatalbaş, F. 2011. Kentsel dönüşüm projelerinin mekansal ve sosyo-ekonomik etkileri: Diyarbakır İli Suriçi Bölgesi örneği. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 168 s.
- Çay, Y. and Gürel, A.E. 2013. Determination of optimum insulation thickness, energy savings, and environmental impact for different climatic regions of Turkey. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 32(2): 365-372.
- Çelik, İ., Çeker, A. ve Belge, R. 2015. Nükleer enerji: Türkiye ve Dünya ölçeğinde bir değerlendirme. *Yeni Fikir Dergisi*, 6(15): 55-68.
- Çetintaş, K.F. 2019. Bina kabuğunda form ve malzeme seçiminin kabuğun oluşum enerjisi, karbon salımı ve maliyet etkisinin incelenmesi. Binalarda Enerji Performansı ve Akıllı Binalar Sempozyumu, ss. 23-36, 17-20 Nisan, İzmir.
- Çınar, Ö.F. 2017. İstanbul ilinde 6306 Sayılı Kanun kapsamında uygulanan kentsel dönüşüm faaliyetlerinde kullanılan kamu kaynakları üzerine bir değerlendirme. Yüksek lisans tezi, Düzce Üniversitesi, Düzce, 93 s.
- Daryaei, A. 2019. Yeşil çatı sistemlerinin enerji verimliliğine etkisinin ölçülmesi üzerine bir araştırma: Tahran örneği. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 108 s.

- Demirçin, M.N. 2018. Sürdürülebilir kentsel dönüşüm kapsamında Üsküdar Meydan örneği. Yüksek lisans tezi, Beykent Üniversitesi, İstanbul, 97s.
- Dikmen, Ç.B. 2011. Enerji etkin yapı tasarım ölçütlerinin örneklenmesi. *Politeknik Dergisi*, 14(2): 121-134.
- Dinç Kobalas, G. 2015. Mevcut bir konutun enerji etkin geliştirilmesine yönelik bir çalışma: TOKİ Afyon Tarımköy Örneği. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 133 s.
- Dörter, C.H. 1994. Konutlarda ısıtma enerjisi korunumu amaçlı mimari tasarıma yön verici ilkelerin ve çözümlerin belirlenmesinde bir yaklaşım araştırması. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 142 s.
- Eciş, R., Toros, Ö., Hançer, O. ve Kocababa, S. 2019. Antalya İli dönüşüm uygulamaları, Kepez-Santral Kentsel Dönüşüm Projesi. 17. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 25-27 Nisan, Ankara.
- Elmastaş, M. 2020. Kentsel dönüşümün sosyolojik ve ekonomik etkileri: Kepez Santral Mahallesi Kentsel Dönüşüm örneği. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 96 s.
- Erçin, Ç. 2005. Mimarlıkta iklim faktörü ve bu faktöre bağlı olarak konut alanlarında fiziksel yerleşme yoğunluğunun belirlenmesi için ilkeler. Yüksek lisans tezi, Yakın Doğu Üniversitesi, Lefkoşa, 101 s.
- Erdede, S.B., Erdede, B. ve Bektaş, S. 2014. Kentsel dönüşümde yeşil binaların uygulanabilirliği. 5. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 14-17 Ekim, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Erden, D. 2003. Kentsel yenileşmede bir araç olarak dönüşüm projeleri. Doktora tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, İstanbul, 280 s.
- Erdim, B. 2010. Binalarda enerji korunumu açısından ısı pompalarının farklı iklim bölgelerinde uygulanması. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 133 s.
- Erol, H. 2017. Yüksek binalarda enerji etkin mimari tasarım yaklaşımları ve uygulama örneklerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakfı Üniversitesi, İstanbul, 142 s.
- Erten, D. 2012. Yeşil Binalar. <https://recturkey.files.wordpress.com/2017/02/yesil-binalar.pdf> [Son erişim tarihi: 15.05.2021]
- Ertürk, M. 2021. Isıtma dönemi için bina birim alan, kişi başı karbondioksit ve kükürtdioksit miktarlarının hesaplanması: İzmir Örneği. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36(1): 319-332.
- Ertürk, M., Keçebaş, A., Daşdemir, A. ve Kurt, H. 2016. Isıtma ve soğutma uygulamalarında optimum yalıtım kalınlığı ve enerji tasarrufu analizi. 10. Uluslararası Temiz Enerji Sempozyumu, ss. 496-502, 24-26 Ekim, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Esen, R.S. 2013. Konut alanlarında yenilenebilir enerji kullanımı İstanbul-Eyüp örneği. Yüksek lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, 113 s.

- Fazlıç, M.A. 2018. Güneş enerjisi destekli hava kaynaklı ısı pompası sisteminin yardımıyla bir evin ısıtılması, soğutulması ve evsel sıcak su ihtiyacının karşılanması üzerine fizibilite çalışması. Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, 138 s.
- Gazioğlu, A. 2012. Enerji etkin bina tasarımında ısıtma enerjisi harcamalarını azaltmaya yönelik bir iyileştirme çalışması. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 89 s.
- Gazioğlu, A., Akşit, Ş.F. ve Manioğlu, G. 2013. Enerji etkin bina tasarımında ısıtma enerjisi tüketimini azaltmaya yönelik bir iyileştirme çalışması. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 136: 41-52.
- Geliş, K. ve Yeşildal, F. 2020. Klasik ve modern yapı elemanları kullanılması durumunda ısı iletim katsayısının değişimi ile minimum yalıtım kalınlığının tayini. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(4): 869-877.
- Göksal Özbalt, T. ve Yıldız, Y. 2019. Sıcak-nemli iklimde çift kabuk cephe enerji performansının incelenmesi. *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36(1): 137-156.
- Görün, M. ve Kara, M. 2010. Kentsel dönüşüm ve sosyal girişimcilik bağlamında Türkiye'de kentsel yaşam kalitesinin artırılması. *Yönetim bilimleri dergisi*, 8(2): 140-164.
- Gülten, A. ve Bektaş Ekici, B. 2015. Estimation of optimum isolation thickness changing according to the number of heating and cooling days. 2nd International Sustainable Buildings Symposium, ss. 854-857, 28-30 May, Gazi University, Ankara.
- Gülten, A., Aksoy, U.T. ve Bektaş, B. 2007. Kentsel tasarımda bina yönlendirilmesi ve güneş ısınımı ilişkisi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(4): 531-541.
- Günel, Ö. 2004. Sürdürülebilir bina tasarımında iklim verilerinin değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 122 s.
- Gürel, A. E. ve Cingiz, Z. 2011. Farklı dış duvar yapıları için optimum ısı yalıtım kalınlığı tespitinin ekonomik analizi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 15(1): 75-81.
- Gürel, A. E. ve Daşdemir, A. 2011. Türkiye'nin dört farklı iklim bölgesinde ısıtma ve soğutma yükleri için optimum yalıtım kalınlıklarının belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27(4): 346-352.
- Güven, E. 2019. Konutlarda kentsel dönüşüm öncesi ve sonrası enerji verimliliğinin değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, 164 s.
- Hamidabad, D. 2015. Enerji etkin tasarım anlayışının yüksek yapılarda incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 143 s.
- Hamurcu, A. ve Buldurur, M. 2017. Sürdürülebilir kentsel dönüşüm için performans göstergeleri. *Planlama*, 27(3): 222-235.

- Hisarlıgil, H. 2009. Enerji etkin planlamada konut adası tasarımı: hipotetik konut adalarının Ankara örneğinde mikroklima analizi. Doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 335 s.
- İnce, H. ve Erdem, N. 2020. Bir imar adasındaki binaların oluşturduğu gölgelerin konum bakımından incelenmesi: Trakya Bölgesi örneği. *Geomatik Dergisi*, 5(1): 58-71.
- İslamoğlu, A.K. 2017. Konutlarda enerji tüketimini etkileyen tasarım yöntemleri ve BEP-TR yöntemiyle uygulama örneklerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, İstanbul, 99 s.
- İstanbul Teknik Üniversitesi 2007. Türkiye'de enerji ve geleceği raporu. (yayınlanmamış), İstanbul.
- İncekara, Ç. Ö. 2019. Türkiye ve AB'nin enerji stratejileri ve politikaları. *Journal of Turkish Operations Management*, 3(2): 298-313.
- Kadiroğlu, E. 2011. Türkiye'de enerji etkin yapı üretimi için tasarım kriterleri. Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 113 s.
- Kandemir, S. Y., Bektaş, V. ve Açıkkalp, E. 2019. Dıştan yalıtım uygulamalarında farklı duvar modelleri için optimum yalıtım kalınlıklarının belirlenmesi ve ekonomik analizleri. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10(1): 275-288.
- Kara, M. 2010. Türkiye'de gecekondü dönüşüm projelerinin konut sorununun çözümündeki rolü: Ankara İli Gültepe ve Yatıkmusluk örneği. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 5(2): 171-204.
- Karaaslan, S. 2011. Sürdürülebilir mimari tasarım sürecinde ön tasarım kararlarını içeren bir model önerisi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 185 s.
- Karaca, M. 2008. Toplu konutlarda enerji etkinliği; Toplu Konut İdaresi Başkanlığı (TOKİ) toplu konut projeleri üzerinden bir inceleme. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 282 s.
- Karagözlü, A. B. (2006). Konutta enerji giderlerinin azaltılmasına yönelik bir çalışma. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 113 s.
- Karakaya, H. 2018. Farklı duvar ve yakıt tiplerinde optimum yalıtım kalınlığının ısıtma ve soğutmada tespiti ve çevresel etkileri. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 30(2): 193-202.
- Kavas Bilgiç A. ve Başoğlu Acet, D. 2019. Yerel yönetim politikalarında yenilenebilir enerji. *Kent Araştırmaları Dergisi*, 27(10): 410-446.
- Kaynaklı, Ö. ve Yamankaradeniz, R. 2007. Isıtma süreci ve optimum yalıtım kalınlığı hesabı. VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, ss. 19-25, 25-28 Ekim, İzmir.
- Kazaz, A. and Adıguzel Istıl, S. 2019. A Comparative Analysis of Sunshine Duration Effects in terms of Renewable Energy Production Rates on The LEED BD + C Projects in Turkey. *Energies*, 12(6): 1116.
- Kazaz, A. and Birgonul, M.T. 2005. The evidence of poor quality in high rise and medium rise housing units: a case study of mass housing projects in Turkey. *Building and Environment*, 40(11): 1548-1556.

- Kazaz, A., Adiguzel Istil , S. and Arslan, G. 2019. Investigation of the relationship between sunshine duration times and daylight analysis in green buildings. International Civil Engineering and Architecture Conference (ICEARC'19), ss. 261-270, 17-20 April, Karadeniz Technical University, Trabzon.
- Kazaz, A., Daryaei, A., Adigüzel Istil, S. and Ulubeyli, S. 2019. Measurement of the effect of green roof systems on energy efficiency: the case of Tehran. International Civil Engineering and Architecture Conference (ICEARC'19), ss. 373-384, 17-20 April, Karadeniz Technical University, Trabzon.
- Kılıç Demircan, R. and Gültekin, A.B. 2015. Investigation of passive and active solar systems in buildings. 2nd International Sustainable Buildings Symposium, ss. 839-847, 28-30 May, Gazi University, Ankara.
- Kılıç Demircan, R., ve Gültekin, A.B. 2017. Binalarda pasif ve aktif güneş sistemlerinin incelenmesi. *Türk Bilim Araştırma Vakfı*, 10(1): 36-51.
- Kılıç Turan, B. ve Gülten, A. 2020. Yeşil çatı sistemlerinin bina ısıtma ve soğutma yüküne etkisinin farklı bina formları ve derece gün bölgeleri için analizi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 32(1): 105-118.
- Koca, Ö. 2006. Sıcak kuru ve sıcak nemli iklim bölgelerinde enerji etkin yerleşme ve bina tasarım ilkelerinin belirlenmesine yönelik yaklaşım. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 162 s.
- Kon, O. 2016a. Farklı pencere tipleri, yalıtım malzemeleri ve yenilenebilir yakıt türlerine bağlı olarak konutlar için ısıtma ve soğutma enerji gereksinimi. *Engineering Sciences*, 11(1): 15-37.
- Kon, O. 2016b. Optimum hava tabakasına sahip çift camlı pencerelerin yakıt tüketimi ve emisyon açısından değerlendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 21(2): 133-144.
- Kon, O. 2018. Binalarda ekonomik optimizasyon kullanılarak dış duvar ve pencerelere bağlı yakıt tüketimi ve emisyon hesabı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(1): 101-113.
- Kon, O. ve Bulgurcu, H. 2015. Konutların farklı cam ve doğrama özelliğindeki pencerelere bağlı ısıtma ve soğutma enerji gereksinimi. Binalarda enerji performansı sempozyumu, ss. 1483-1495, 8-11 Nisan, İzmir.
- Kon, O. ve Yüksel, B. 2013. Kamu binalarının ısıtma yüküne göre dış duvarlarının optimum kalınlıkları ve enerji tüketimleri. *Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(1): 30-47.
- Koyun, T. ve Koç, E. 2017. Bir binanın değişken cam ve dış duvar tiplerine göre pencere/duvar alanı oranlarının bina ısı kayıplarına etkisi. *Mühendis ve Makina*, 58(688): 1-14.
- Köseoğlu, B. (2012). Kentsel kamusal mekanların iklim duyarlı tasarlanması: Türkiye örneklerinin karşılaştırması. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 110 s.
- Kurekci, N.A. 2016. Determination of optimum insulation thickness for building walls by using heating and cooling degree-day values of all Turkey's provincial centers. *Energy and Buildings*, 118: 197-203.

- Kürekci, N.A. ve Erdem, S. 2019. Isıtma ve soğutma derece gün değerlerinin binalarda optimum yalıtım kalınlığına etkisi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 172: 7-20.
- Kürekci, N.A. ve Erdem, S. 2019. Isıtma ve soğutmada derece gün değerlerinin binalarda optimum yalıtım kalınlığına etkisi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 172: 7-20.
- Makine Mühendisleri Odası 2016. Türkiye'nin enerji görünümü raporu. TMMOB M.M.O. Yayın No: MMO/659 (yayınlanmamış), Ankara.
- Makine Mühendisleri Odası 2020. Türkiye enerjide nereye gidiyor? TMMOB M.M.O. Yayın No: MMO/720 (yayınlanmamış), Ankara.
- Mangan, S.D. ve Koçlar Oral, G. 2014. Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde bir konut binasının enerji etkin iyileştirilmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 143: 37-46.
- Manioğlu, G. 2012. Enerji etkin tasarım ve yenileme çalışmalarının örneklerle değerlendirilmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 126: 35-47.
- Melikoğlu, M. 2016. The role of renewables and nuclear energy in Turkey's vision 2023 energy targets: economic and technical scrutiny. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62: 1-12.
- Moazzen, N., Karagüler, M.E., Ashrafian, T. ve Aktürk, Ö. 2019. Bir ilköğretim binasının yaşam döngüsü enerji verimliliği değerlendirilmesi. Binalarda Enerji Performansı ve Akıllı Binalar Sempozyumu, ss. 13-22, 17-20 Nisan, İzmir.
- Ofluoğlu, S. 2018. Güneş kontrolü: güneş kırıcı ve rafları. <https://gksdergisi.com/gunes-kontrolu-gunes-kirici-ve-raflari/> [Son erişim tarihi: 20.04.2021].
- Ovalı, P. 2009. Türkiye iklim bölgeleri bağlamında ekolojik tasarım ölçütleri sistematığının oluşturulması “Kayaköy yerleşmesinde örneklenmesi”. Doktora tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne, 242 s.
- Öksüz, G. 2018. Sürdürülebilir kentsel dönüşüm performans kriterleri ve Fikirtepe Kentsel Dönüşüm Projesi. Yıldız Teknik Üniversitesi 1. Doktora Seminer Kongresi. https://www.academia.edu/36764210/S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilir_Kentsel_D%C3%B6n%C3%BC%C5%9F%C3%BCm_Performans_Kriterleri_v_e_Fikirtepe_Kentsel_D%C3%B6n%C3%BC%C5%9F%C3%BCm_Projesi. [Son erişim tarihi: 15.05.2021].
- Öner, Ş. 2007. Kentsel yenileme kapsamında kentsel dönüşüm projelerinin İstanbul Küçükçekmece Kentsel Dönüşüm Projesi örneğinde incelenmesi. Yüksek lisan tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Bartın, 146 s.
- Özcan, H. 2018. Yeni nesil kentsel dönüşüm üzerine bir araştırma Antalya Kepez-Santral Mahallesi örneği. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 114 s.
- Özçiftçi, S. 2010. Ekolojik binalarda enerjinin etkin kullanılmasının irdelenmesi. Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 170 s.
- Özçuhadar, T. 2007. Sürdürülebilir çevre için enerji etkin tasarımın yaşam döngüsü sürecinde incelenmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 82 s.

- Özdaş, F.Z. 2019. Kentsel dönüşüme yönelik mali teşvikler: Türkiye'de kentsel dönüşüme yönelik mali teşvik çeşitleri ve öneriler. Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 164 s.
- Özdemir, B.B. 2005. Sürdürülebilir çevre için binaların enerji etkin pasif sistemler olarak tasarlanması. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 132 s.
- Özden, P.P. 2006. Türkiye'de kentsel dönüşümün uygulanabilirliği üzerine düşünceler. *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 35: 215-233.
- Özden, P.P. 2016. Kentleşme Yenileme. İmge Kitabevi Yayınları: 11546, Ankara, 422 s.
- Özel, M. ve Şengür, S. 2012. Farklı yakıt türü ve yalıtım malzemelerine göre optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 132: 5-11.
- Özenç, B. 2020. Yenilenebilir enerji çağında kömürün fizibilitesi: Hunutlu Termik Santral örneği. https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/hunutlufinansal_analiz_tr.pdf?10440/Yenilenebilir-Enerji-Caginda-Komurun-Fizibilitesi-Hunutlu-Termik--Santrali-Ornegi. [Son erişim tarihi: 07.03.2021].
- Öziş, C. 2018. Kentsel Dönüşüm projelerinde kamunun rolü ve Antalya Kepez Santral Mahalleleri projesi örneği. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 185 s.
- Öztaş, N. 2005. Türkiye'de kentsel dönüşüm ve Haliç örnekleme. Yüksek lisans tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul, 77 s.
- Öztürk, H.H. ve Kaya, D. 2019. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi: Fotovoltaik Teknoloji. Umutepe Yayınları: 97, Kocaeli, 531 s.
- Palteki A.S. 2013. İstanbul'daki kamu hastanelerinin yeşil hastane ölçütlerine uygunluklarının belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 103 s.
- Pamir, N. 2017. Enerjinin İktidarı. Hayygrup Yayıncılık: 327, İstanbul, 631 s.
- Polat, S. ve Dostoğlu, N. 2007. Kentsel dönüşüm kavramı üzerine: Bursa'da Kükürtlü ve Mudanya örnekleri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 12(1): 61-76.
- Pul, H., Ertürk, M., Keçebaş, A., Uygunoğlu, T. ve Daşdemir, A. 2016. İl bazında çift ve üç camlı pencereler için optimum hava tabakası kalınlığı analizi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 151: 5-13.
- Sadioğlu, U. ve Ergönül, E. 2020. Türkiye'de kentsel dönüşümün anlamı, aktörleri ve amaçları. *Kent Araştırmaları Dergisi*, 11(30): 878-908.
- Serbest, S. 2014. Yerleşme birimlerinin enerji korunumu açısından değerlendirilmesi: Halkalı örneği. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 75 s.
- Sınmaz, S. 2015. Enerji verimliliği temasının Türkiye şehir planlama sistemine entegrasyonu: Lapseki Kenti için bir yaklaşım. *Planlama Dergisi*, 15(2): 195-204.
- Sojoudihassanlouei, L. 2019. Sıcak-kuru iklim geleneksel konutlarında iklime duyarlı tasarım. Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 92 s.

- Soral, Ç. 2020. Türkiye'deki enerji ve enerji verimliliği çalışmalarının tarihsel değişim süreci. Yüksek lisans tezi, Osmaniye Korkut Ata Üniveristesi, Osmaniye, 96 s.
- Soysal, A. 2014. Sağlık sektöründe çevre duyarlılığı: yeşil hastane uygulamaları özelinde bir değerlendirme. 2nd International Symposium on Environment and Morality, ss. 683-693, 24-26 Ekim, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman.
- Soysal, S. 2008. Konut binalarında tasarım parametreleri ile enerji tüketimi ilişkisi. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 129 s.
- Şirin, A. 2018. Antalya ili Kepez ilçesi kentsel dönüşüm çalışmalarının değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 127 s.
- Şişman, N., Kahya, E., Aras, N. and Aras, H. 2007. Determination of optimum insulation thicknesses of the external walls and roof (ceiling) for Turkey's different degree-day regions. *Energy Policy*, 35: 5151-5155.
- T.C. Kalkınma Bakanlığı 2018. On birinci kalkınma planı (2019-2023), Enerji arz güvenliği ve verimliliği raporu. Yayın No: KB:2979-ÖİK:761 (yayınlanmamış), Ankara.
- Tatar, H. 2015. Sürdürülebilirlik ölçütleri bağlamında kentsel dönüşüm projelerinin irdelenmesi üzerine bir model: "Kuzey Ankara Girişi Kentsel Dönüşüm Projesi I. Etap Hak Sahibi Konutları". Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 233 s.
- Tokuç, A. 2005. İzmir'de enerji etkin konut yapıları için tasarım kriterleri. Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 206 s.
- Tolun, M. 2010. Farklı derece-gün bölgeleri için yalıtım probleminin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 71 s.
- Turan, B. 2019. Yeşil çatıların bina ısıtma ve soğutma yüküne etkisinin farklı iklim bölgeleri için analizi. Yüksek lisans tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 171 s.
- Türkmen, Ö. 2018. Kentsel dönüşüm uygulamalarında sürdürülebilirlik ve örnekler üzerinden analizi/Gülsuyu-Gülensu örneği. Yüksek lisans tezi, Yakın Doğu Üniversitesi, Lefkoşa, 40 s.
- Tüter, A. 2016. Kentsel dönüşüm sürecinde TOKİ uygulamaları ve halkın algılarına göre değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul, 101 s.
- Ucar, A. and Balo, F. 2010. Determination of the energy savings and the optimum insulation thickness in the four different insulated exterior walls. *Renewable Energy*, 35: 88-94.
- Uçar, A. ve Dumrul, M.U. 2019. Bir konutun dış duvarları için ısıtma ve soğutma yüklerine göre optimum yalıtım kalınlığının tespiti ve enerji tasarrufu analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16: 740-749.
- Ulubeyli, S. and Kazanci, O. 2018. Holistic sustainability assessment of green building industry in Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 202: 197-212.
- Ulubeyli, S. and Kazaz A., Er Bayram 2012. Comparative economic valuation of green roofs: an overview. Proceedings of the 38th IAHS World Congress on Housing, ss. 1111-1116, 16-19 April, İstanbul.

- Ulubeyli, S., Arslan, V. and Kazaz A. 2017. Comparative life cycle costing analysis of green roofs: the regional aspect. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 5(2): 136-144.
- Ulubeyli, S., Arslan, V. and Kazaz, A. 2018. Perceptions of Turkish construction professionals on the use of green roofs. Bosnia and Herzegovina: Proceedings of the 4th International Symposium on Environment and Morals (ISEM), ss. 113-118, 27-29 June, Bosnia and Herzegovina.
- Ulubeyli, S., Kazancı, O., Kazaz, A. and Arslan, V. 2019. Strategic Factors Affecting Green Building Industry: A Macro-Environmental Analysis Using PESTEL Framework. *Sakarya University Journal of Science*, 23(6): 1042-1055.
- Ulubeyli, S., Kazaz, A., Er, B. and Birgonul, M.T. 2014. Comparison of Different Roof Types in Housing Projects in Turkey: Cost Analysis. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119: 20-29.
- Ulusoy Şentürk, S. ve Altın, M. 2014. Enerji Etkin Tasarımın Çatı ve Cephelere Yansıması. 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, 3-4 Nisan, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Ulusoy Şentürk, S. ve Altın, M. 2020. Ofis yapıları için çevreyle uyumlu yapı dış kabuğu tasarım parametrelerinin enerji tüketimine etkisini belirlemede kullanılabilecek bir yaklaşım. *MEGARON*, 15(1): 55-66.
- Umaroğulları, F. Ve Cihangir, C. 2020. Toplu konutların iklimsel konfor tasarım parametrelerine göre değerlendirilmesi: “ılıman nemli iklim bölgesi: Edirne Binevler (1.kısım) Konut Yapı Kooperatifi örneği”. *Mimarlık ve Yaşam Dergisi*, 5(1): 105-122.
- Urmamen, E. 2019. Türkiye’de ve dünyada enerji verimliliği. Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 148 s.
- Uygunoğlu, T. and Keçebaş, A. 2011. LCC analysis for energy-saving in residential buildings with different types of construction masonry blocks. *Energy and Buildings*, 43:2077-2085.
- Ünalın, H. ve Gökaltın, E. 2015. Farklı yönler göre değişen opaklık saydamlık oranının ısıtma ve soğutma enerjisine etkisi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(1): 57-64.
- Varoğlu, S. 2017. Sıcak iklim bölgelerindeki binaların optimum yönlenme ve optimum gölgelemesi için bir yöntem. Doktora tezi, Yakın Doğu Üniversitesi, Lefkoşa, 100 s.
- Vesilind, P.A., Morgan, S.M. and Heine, L.G. 2014. Çevre Mühendisliğine Giriş. İçinde: Toröz, İ. (Ed.), Nobel Akademik Yayıncılık: 255, Ders Kitabı, Ankara, 606 s.
- Yalçınır Erçoşkun, Ö. 2018. Sürdürülebilir Kentsel Planlama ve Tasarım: Dünya Örnekleri. Gazi Kitapevi, Ankara, 313 s.
- Yasan, A.S. 2011. Bina tasarım parametrelerinin enerji harcamalarına etkilerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 159 s.

- Yedekçi, G. 2015. Dünyada ve Türkiye'de Uygulanmış Örnekleri ve Özgün Dönüşüm Modeli Önerisi ile Kentsel Dönüşüm. Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi, İstanbul, 174 s.
- Yıldız, S., Kıvrak, S. ve Gültekin, A.B. 2015. Sürdürülebilir kentsel dönüşüm. 2. Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu, ss. 495-1061, 28-30 Mayıs, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Yılmaz, O.K. ve Bozdoğan, R. 2018. Türkiye'de belediyelerin mevcut kentsel dönüşüm uygulamalarına yönelik tutumları: İstanbul İlçe Belediyeleri üzerine bir araştırma. *Kent Araştırmaları Dergisi*, 9(24): 430-455.
- Yılmaz, Y. Ve Koçlar Oral, G. 2019. Bir ortaokul binasının maliyet ve enerji etkin yenilenmesi için bir yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(1): 393-407.
- Yiğit, A. ve Atmaca, İ. 2018. Güneş Enerjisi Mühendislik Uygulamaları. Dora Basım-Yayın: 15366, Bursa, 263 s.
- Yörük, B. ve Arısoy, A. 2015. Akdeniz iklimi için yüksek performanslı bina kabuğu tasarımına yalıtım katmanının dinamik etkisi. Bina Fiziği Sempozyumu, ss. 2165-2179, 8-11 Nisan, İzmir.
- Yüksel, T. 2019. Mevcut bir binanın yenilenmesinde pasif ve aktif seçeneklerin enerji verimliliği ve maliyet açısından değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 104 s.

ÖZGEÇMİŞ

ENDER YETİM

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2018 - 2021	Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans	Karadeniz Teknik Üniversitesi
2007 - 2012	Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon

ESER

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1-Kazaz A., Yetim E., "Investigation and Evaluation Of Concrete Compressive Strength By Performing Statistical Process Control İn A Ready Mixed Concrete Production Plant", 4. International Conference on Civil, Environmental, Geology and Mining Engineering, Trabzon, Türkiye, 20-22 April 2019, pp.188-205