



**SICAK KURU İKLİM BÖLGELERİNDEKİ KONUTLARIN İKLİM
DEĞİŞİKLİĞİNE GÖRE YAPI KABUKLARININ İYİLEŞTİRİLMESİ:
BAĞDAT ÖRNEĞİ**

AYA AL-AZZAWI

AĞUSTOS 2024

ÇANKAYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI
Yüksek Lisans
MİMARLIK

SICAK KURU İKLİM BÖLGELERİNDEKİ KONUTLARIN İKLİM
DEĞİŞİKLİĞİNE GÖRE YAPI KABUKLARININ İYİLEŞTİRİLMESİ:
BAĞDAT ÖRNEĞİ

AYA AL-AZZAWI

AĞUSTOS 2024

ÖZET

SICAK KURU İKLİM BÖLGELERİNDEKİ KONUTLARIN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE GÖRE YAPI KABUKLARININ İYİLEŞTİRİLMESİ: BAĞDAT ÖRNEĞİ

AL-AZZAWI, Aya
MİMARLIK YÜKSEK LİSANS

Danışman: Doç. Dr. Timuçin HARPUTLUGİL
Ağustos 2024, 120 sayfa

İklim değışikliğı ve küresel ısınma, son yıllarda hem akademik çalışmalar hem de hükümetler ve uluslararası örgütler tarafından büyük bir ilgiyle ele alınan konular arasındadır. Eğer gerekli önlemler alınmazsa, küresel sıcaklıkların 2040 yılına kadar mevcut ortalamalara göre 1,5°C artacağı ve 21. yüzyılın sonunda ise bu artışın 4°C'yi aşabileceğı öngörülmektedir. Hükümetler arası İklim Değışikliği Paneli'nin (IPCC) Altıncı Değerlendirme Raporu'na (AR6) göre, binaların toplam enerji tüketiminin yaklaşık %30'u bu binaların ısıtma ve soğutma sistemlerine yönelik harcanmaktadır (Kaihoul vd. 2021:43). Bu bağlamda, mevcut binaların enerji verimliliğini artırmak ve enerji standartlarına uygun hale getirmek, en önemli konular arasında yer almaktadır.

Mevcut binaların enerji tüketimi açısından göz ardı edilmesi veya yıkılması yerine, bu yapıların enerji verimliliğini artıracak iyileştirme, onarım ve bakım çalışmalarının yapılması hem günümüzde hem de gelecekte enerji tüketiminin azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada, özellikle sıcak ve kuru iklim bölgelerinde yer alan konut yapıları incelenmekte, Bağdat kenti örnek vaka olarak ele alınmaktadır. Çalışma, bölgenin iklim verilerinin toplanması, mevcut yapıların iklim değışikliğıne karşı dayanıklılıklarının artırılması ve bu yapıların

performansının iyileştirme stratejileri kapsamında değerlendirilmesine odaklanmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, Bağdat şehrindeki mevcut tarihi ve çağdaş az katlı konutların enerji performanslarını ve yapı kabuklarını belirlemek, ayrıca iklim değişiklikleri sonucunda bu binaların enerji verimliliğini analiz etmektir. Çalışma, iyileştirme stratejilerini uyguladıktan sonra aynı konutların enerji performanslarının karşılaştırmalı analizini de hedeflemektedir. Bu bağlamda, Bağdat'ta farklı dönemlerde inşa edilmiş ve enerji verimliliği açısından farklı uygulamalara sahip dört farklı tipolojideki az katlı konutlar incelenmektedir. Amacın merkezinde, mevcut konutların yapı kabuğundaki ısı kayıplarını veya kazanımlarını azaltmak için en etkili iyileştirme stratejilerini belirlemek yer almaktadır.

Çalışmanın yöntemi, geniş kapsamlı bir kaynak taramasının ardından, mevcut yapıların kabuğunu, kullanılan malzemeleri ve soğutma stratejilerini analiz eden simülasyon çalışmalarına dayanmaktadır. Simülasyonlar sonucunda önerilen iyileştirme stratejileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş ve performans sonuçları analiz edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, mevcut konutların ısıtma ve soğutma enerji verimliliğini iyileştirme ve yenileme çalışmalarıyla artırmanın mümkün olduğu anlaşılmıştır. Her bir yapıya uygulanan iyileştirme stratejileri sonucunda, yıllık birincil ısıtma enerjisi tüketiminde %77, soğutma enerjisi tüketiminde %40 ve toplam ısıtma ve soğutma enerjisi tüketiminde %40'a varan azalmalar sağlanmıştır. Bu araştırmanın nihai amacı, iklim değişikliğinin enerji performansı üzerindeki etkileri konusunda farkındalık yaratarak, gelecekte inşa edilecek yapıların temelini oluşturacak bilgi ve stratejileri sunmaktır.

Anahtar Kelimeler: Isıl Performans, İyileştirme Stratejileri, Simülasyon Programları, Sıcak-Kuru İklim, Az Katlı Mevcut Konutlar, Yapı Kabuğu, Bağdat.

ABSTRACT

IMPROVEMENT OF BUILDING ENVELOPES OF HOUSES IN HOT AND DRY CLIMATE REGIONS ACCORDING TO CLIMATE CHANGE: THE CASE OF BAGHDAD

AL-AZZAWI, Aya

M.Sc. in Architecture

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Timuçin HARPUTLUGİL

August 2024, 120 pages

Climate change and global warming issues are receiving considerable attention, especially during the last decades and if no action was taken the global temperature will pass 1.5°C by 2040 and over 4°C by the end of the 21st. century. According to the Sixth Assessment Report (AR6) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), approximately 30% of the total energy consumption of buildings is spent on the heating and cooling systems of these buildings (Kaihou et al. 2021). In this context, increasing the energy efficiency of existing buildings and bringing them into compliance with energy standards are among the most important issues that should be discussed.

Instead of ignoring or collapsing the existing buildings, developments, repairs, maintenance and renovations should be carried out on these buildings to reduce their energy consumption in the present and the future as well. Concerning these facts, the study focuses on residential buildings that are generally located in hot-dry climate regions and examines buildings from the city of Baghdad as the case study, collecting climate condition data and testing the performance of renovation strategies under these conditions and increasing the resilience of these existing buildings to the climate changes.

The aim of this study is to determine the energy performance of the existing historical and modern low-rise houses of the city of Baghdad. Analyzing their energy consumption under present and future climate changes. Then compare these results with the energy performance of the same houses after applying the renovations and retrofitting strategies. This study focuses on the existing houses of Baghdad which includes four typology types of low-rise houses that were constructed with different characteristics and different periods and have different energy-efficient implements. The aim is to identify the best retrofitting strategies to reduce the heat gains and losses of the envelope of these existing houses. The method includes a literature review to analyze the existing building envelope, used layers, materials and the applied cooling strategies, simulation studies based on the data collected from the literature review and evaluation of the retrofitting strategies that are suggested based on comparative analyses.

In conclusion, based on the simulation results, existing houses have the flexibility and potential to improve and renovate, to increase their heating and cooling energy efficiency. As a result of the retrofitting strategies that were applied to each building, the annual primary heating energy consumption decreased by 77%, the cooling energy consumption by 40%, and the total heating and cooling energy consumption by up to 40%. Aiming from this research to prepare the foundation for the future built environment to be more aware of climate change and its impacts on energy performance.

Keywords: Thermal Performance, Retrofitting Strategies, Simulation Programs, Hot-Dry Climate, Existing Low-Story Houses, Building Envelope, Baghdad.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma sırasında; değerli vaktini esirgemedi sorularımı hiçbir zaman cevapsız bırakmayan, danıştığım tüm sorunları güler yüzüyle çözen, gelecekteki meslek hayatım için örnek aldığım, tez çalışması sürecinde yardım ve katkılarıyla beni bilgilendiren ve yönlendiren tez danışmanım Doç. Dr. Timuçin HARPUTLUGİL'e ve tez savunmanın değerli jüri üyeleri Prof. Dr. İdil AYÇAM'a ve Doç. Dr. Ayşegül TEREÇİ'ye teşekkür ederim.

Hayatımın her anında yanımda olan, beni destekleyen ve karşılaştığım zorluklarla mücadele etme gücü veren, dedem Abdulhadi ALAZZAWİ, babam Layth ALAZZAWİ, annem İntisar ALAZZAWİ, kardeşim Dania ALAZZAWİ ve eşim Mohammed ALNİDAWİ'ye teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZDE İNTİHAL OLMADIĞINA DAİR BEYAN SAYFASI	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xvii
BÖLÜM I	1
GİRİŞ	1
1.1 ÇALIŞMANIN TEMELİ	2
1.2. PROBLEM TANIMI	3
1.3. AMAÇ	4
1.4. KAPSAM	4
1.5. ARAŞTIRMA SORULARI	5
1.6. YÖNTEM.....	5
1.7. ÇALIŞMANIN AKIŞ ŞEMASI	6
BÖLÜM II	8
KAYNAK TARAMASI	8
2.1. ENERJİ ETKİN YAPI TASARIM	11
2.1.1. Isıl Konfor Konsepti	14
2.1.2. Isıl Konforu Etkileyen Faktörler	15
2.1.2.1. Fizyolojik Faktörler	16
2.1.2.2. Psikolojik Faktörler	16
2.1.2.3. Fiziksel Faktörler	17
2.1.2.4. Çevre Faktörleri	18
2.1.3. Isıl Konfor Standartları.....	19
2.1.3.1. ASHRAE 55	19

2.1.3.2. ISO 7730	19
2.1.3.3. EN 15251	20
2.1.4. Isıl Konfor Modelleri.....	21
2.1.4.1. Predicted Mean Vote (PMV) / Tahmin Edilen Ortalama Isıl Duyum ..	21
2.1.4.2. Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)/ Tahmin Edilen Memnuniyetsizlik Yüzdesi.	22
2.1.5. Isıl konfor tablosu.....	22
2.2. SICAK-KURU İKLİM BÖLGELERİNDE ENERJİ KORUNUMU	23
2.2.1 Dış hava sıcaklığı	24
2.2.2. Güneş radyasyonu	24
2.2.3 Rüzgâr	25
2.2.4 Dış hava nemi	25
2.2.5 Pasif sistemler.....	26
2.2.5.1. Binaların konumu.....	27
2.2.5.2 Bina formu	27
2.2.5.3. Bina Yönelimi	28
2.2.5.4. Bina Kabuğu	29
2.3. SICAK-KURU İKLİM BÖLGELERİNDE SOĞUTMA İYİLEŞTİRME (RETROFIT) STRATEJİLERİ.....	29
2.3.1. Yapı Kabuğu.....	29
2.3.2. Yapı Cephesi	35
2.4. IRAK KONUTLARI İÇİN KULLANICI BEKLENTİLERİ.....	35
2.4.1. Mekânsal Gereksinimler.....	35
2.4.2. Çevresel Konfor Gereksinimleri	36
2.5. BAĞDAT'TA KONUT TİPOLOJİSİ.....	36
2.5.1. Geç Osmanlı Dönemi: (1880-1917)-Geleneksel Konutlar.....	37
2.5.2. İngiliz Mandası ve Kraliyet Hükümeti Dönemi: (1917-1958)-Karma/Hibrit Konutlar.....	38
2.5.3. Cumhuriyet Dönemi: (1958-2003)-Villa Tipi Konutlar.....	38
2.5.4. Parlamento Dönemi: (2003-...) -Yeni/ Son Konutlardır.....	38
2.6. ENERJİ SİMÜLASYON PROGRAMLARI.....	38
2.6.1. EnergyPlus.....	39
2.6.2. Yardımcı Yazılımlar	40

2.6.3. İklim Verisi Programları	42
BÖLÜM III.....	44
MATERYAL VE METOT	44
3.1. KONUTLARIN BİLGİLERİ.....	47
3.1.1. Geç Osmanlı Dönemi: (1880-1917)-Geleneksel Konutların örneği	48
3.1.2. İngiliz Mandası ve Kraliyet Hükümeti Dönemi: (1917-1958)-Karma/Hibrit Konutların örneği	49
3.1.3. Cumhuriyet Dönemi: (1958-2003)-Villa Tipi Konutların örneği	51
3.1.4. Parlamento Dönemi: (2003-...)-Yeni/ Son Konutların örneği.....	52
3.2. İKLİM VERİSİ	58
3.3. UYGULANAN İYİLEŞTİRME STRATEJİLERİ	62
3.4. KULLANILAN SİMÜLASYON PROGRAMI.....	63
BÖLÜM IV	66
SİMÜLASYON ÇIKTILARI.....	66
4.1. YAPI KABUĞUNA UYGULANAN İYİLEŞTİRMELR.....	66
4.1.1. Duvarlardaki İyileştirme Türleri	66
4.1.2. Döşeme ve Tavanlardaki İyileştirme Türleri.....	67
4.2. AÇIKLIKLARDA UYGULANAN İYİLEŞTİRME TÜRLERİ	73
4.2.1. Açıklıkların yeniden boyutlandırılması.....	73
4.2.2. Açıklardaki Malzeme Değişimleri	78
4.3. BÜTÜN İYİLEŞTİRME STRATEJİLERİ UYGULAMALARI	82
BÖLÜM V.....	90
TARTIŞMA VE SONUÇ.....	90
KAYNAKÇA	96

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Konfor Koşullarının Sağlanmasında Etkili Olan Değişkenler.....	14
Tablo 2: ANSI/ASHRAE Standardı 55-2013'e Göre Tipik Göreve İlişkin Metabolik Hızlar.	17
Tablo 3: Giysi bileşenlerinin ısı yalıtım değeri.	18
Tablo 4: Isıl konfor ortamı kategorileri. Genel konfor ve yerel rahatsızlıktan kaynaklanan memnuniyetsizlik yüzdesi.....	20
Tablo 5: Bina sakinlerinin beklenti düzeyine göre bina kategorileri.	20
Tablo 6: Bina kategorisine göre önerilen kriterler.	21
Tablo 7: Standartlarda önerilen bağıl nem değerleri.	26
Tablo 8: EnergyPlus'ın Yardımcı yazılımları Karşılaştırma	41
Tablo 9: İklim Verisi Analiz Eden Programları Karşılaştırma	43
Tablo 10: Çalışmanın yöntemi	46
Tablo 11: Örnek Olayı Konutların Kullanılan Soğutma Stratejiler	54
Tablo 12: Mevcut Konutların Kabuğu Kullanılan Malzemeleri	56
Tablo 13: Ailenin ısıl konfor bölgesini test etmek için simülasyon programında kullanılan değerler.....	58
Tablo 14: Mevcut Konutlara Uygulanan İyileştirme Stratejileri (Climate Consultant).	63
Tablo 15: Simülasyonda incelenen mevcut konutların örnek olay.	65
Tablo 16: Yapı kabuğuna uygulanan iyileştirmeler	68
Tablo 17: Bütün incelenen konutlara yapı kabuğu iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m ² 'ye düşen ISITMA miktarları [kWh/m ²].	70
Tablo 18: Bütün incelenen konutlara yapı kabuğu iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m ² 'ye düşen SOĞUTMA miktarları [kWh/m ²].	71
Tablo 19: Bütün incelenen konutlara yapı kabuğu iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m ² 'ye düşen TOPLAM ENERJİ miktarları [kWh/m ²].	72
Tablo 20: İncelenen konutlara açıklıkların boyutlar ve malzemelerin iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m ² 'ye düşen ISITMA miktarları [kWh/m ²].	74

Tablo 21: İncelenen konutlara açıklıkların boyutlar ve malzemelerin iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m ² 'ye düşen SOĞUTMA miktarları [kWh/m ²].	75
Tablo 22: İncelenen konutlara açıklıkların boyutlar ve malzemelerin iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m ² 'ye düşen TOPLAM ENERJİ miktarları [kWh/m ²].	77
Tablo 23: İncelenen konutlara cephe pencerelerinin malzemeleri iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m ² 'ye düşen ISITMA miktarları [kWh/m ²].	79
Tablo 24: İncelenen konutlara cephe pencerelerinin malzemeleri iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m ² 'ye düşen SOĞUTMA miktarları [kWh/m ²].	80
Tablo 25: İncelenen konutlara cephe pencerelerinin malzemeleri iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m ² 'ye düşen TOPLAM ENERJİ miktarları [kWh/m ²].	81
Tablo 26: İncelenen konutlara bütün iyileştirme stratejileri öncesi ve sonrası yıllık m ² 'ye düşen ISITMA miktarları [kWh/m ²].	83
Tablo 27: İncelenen konutlara bütün iyileştirme stratejileri öncesi ve sonrası yıllık m ² 'ye düşen SOĞUTMA miktarları [kWh/m ²].	84
Tablo 28: İncelenen konutlara bütün iyileştirme stratejileri öncesi ve sonrası yıllık m ² 'ye düşen TOPLAM ENERJİ miktarları [kWh/m ²].	85
Tablo 29: Uygulamaların Sonucu Oluşan Isıtma Enerji Kazanımların yüzdesi	86
Tablo 30: Uygulamaların Sonucu Oluşan Soğutma Enerji Kazanımların yüzdesi	87
Tablo 31: Uygulamaların Sonucu Oluşan Toplam Enerji Kazanımların yüzdesi	88
Tablo 32: İyileştirme stratejileri sonucu oluşan enerji kazanımları yüzdesi	93

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Çalışmanın Akış Seması.....	7
Şekil 2: Küresel birincil enerji tüketimi.....	9
Şekil 3: Binalarda yaşam döngüsü-Enerji kullanımı.	12
Şekil 4: Olgyay'ın biyoiklim haritası.	15
Şekil 5: Isıl konforu etkileyen faktörler.....	16
Şekil 6: Tahmin Edilen Ortalama Isıl Duyum (PMV).....	21
Şekil 7: AHU fonksiyonlarına dayalı iklim bölgeleri.....	23
Şekil 8: Farklı iklim bölgelerine göre uygun bina formları ve optimum yönlendiriliş durumları.	28
Şekil 9:Döşemenin Katmanlaşma Detayı.	30
Şekil 10:Çatının Katmanlaşma Detayı.	30
Şekil 11: Geleneksel bina kabuğu (a) ve alternatif bina kabuğu (b) opak yapı bileşenleri.	31
Şekil 12: Aynı U-değerine sahip geleneksel ve alternatif bina kabuklarının, A/V=0.50 referans bina için sağladıkları ISITMA yüklerinin karşılaştırılması).	32
Şekil 13: Aynı U-değerine sahip geleneksel ve alternatif bina kabuklarının, A/V=0.50 referans bina için sağladıkları SOĞUTMA yüklerinin karşılaştırılması. .	32
Şekil 14: Irak'taki termal koşullar ve ASHRAE konfor aralığı.	36
Şekil 15: Irak'ta konut inşaatı modelleri	37
Şekil 16:Araştırma metodoloji.....	45
Şekil 17: Geleneksel Konutların örneği fotoğrafı.....	49
Şekil 18: Geleneksel Konutların örneği planı.....	49
Şekil 19: Karma/Hibrit Konutların örneğin fotoğrafı.....	50
Şekil 20: Karma/Hibrit Konutların örneğin planı.....	50
Şekil 21: Villa Tipi Konutların örneğin fotoğrafı.....	51
Şekil 22: Villa Tipi Konutların örneği planı.....	52
Şekil 23: Yeni/ Son Konutların örnek 1 fotoğrafı	52

Şekil 24: Yeni/ Son Konutların örnek 1 planı	53
Şekil 25: Yeni/ Son Konutların örnek 2 fotoğrafı	53
Şekil 26: Yeni/ Son Konutların örnek 2 planı	53
Şekil 27: ASHRAE 55 standardına göre Bağdat'ın psikometrik şeması.	58
Şekil 28: Bağdat'ın yıllık maksimum ve minimum sıcaklıkları (Climate Consultant).	59
Şekil 29: Bağdat'ın aylık kuru termometre ve bağıl nem (Climate Consultant).....	60
Şekil 30: Bağdat'ın yer altı maksimum ve minimum sıcaklıkları (Climate Consultant)	60
Şekil 31: Bağdat'ın 2020 yıl için iklim verisi (CCWorldWeatherGen).....	61
Şekil 32: Bağdat'ın 2050 yıl için iklim verisi (CCWorldWeatherGen).....	61
Şekil 33: Bağdat'ın 2080 yıl için iklim verisi (CCWorldWeatherGen).....	61
Şekil 34: 2020, 2050 ve 2080 Yıllarda Bağdat'ın Günlük Ortalama Sıcaklık (CCWorldWeatherGen).	61
Şekil 36: Konutların yapı kabuğu iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m ² ye düşen ISITMA miktarları [kWh/m ²].	70
Şekil 37: Konutların yapı kabuğu iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m ² ye düşen SOĞUTMA miktarları [kWh/m ²].	71
Şekil 38: Konutların yapı kabuğu iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m ² ye düşen TOPLAM ENERJİ miktarları [kWh/m ²].	72
Şekil 39: Konutların açıklıkları boyutlar ve malzemelerin iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m ² ye düşen ISITMA miktarları [kWh/m ²].	75
Şekil 40: Konutların açıklıkları boyutlar ve malzemelerin iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m ² ye düşen SOĞUTMA miktarları [kWh/m ²].	76
Şekil 41: Konutların açıklıkları boyutlar ve malzemelerin iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m ² ye düşen TOPLAM ENERJİ miktarları [kWh/m ²].	77
Şekil 42: Konutların cephe pencerelerinin malzemeleri iyileştirme öncesi ve sonrası yılılık m ² ye düşen ISITMA miktarları [kWh/m ²].	79
Şekil 43: Konutların cephe pencerelerinin malzemeleri iyileştirme öncesi ve sonrası yılılık m ² ye düşen SOĞUTMA miktarları [kWh/m ²].	80
Şekil 44: Konutların cephe pencerelerinin malzemeleri iyileştirme öncesi ve sonrası yılılık m ² ye düşen TOPLAM ENERJİ miktarları [kWh/m ²].	81

Şekil 45: Konutların bütün iyileştirme stratejileri öncesi ve sonrası yıllık m ² 'ye düşen ISITMA miktarları [kWh/m ²].	83
Şekil 46: Konutların bütün iyileştirme stratejileri öncesi ve sonrası yıllık m ² 'ye düşen SOĞUTMA miktarları [kWh/m ²].	84
Şekil 47: Konutların incelenen konutlara bütün iyileştirme stratejileri öncesi ve sonrası yıllık m ² 'ye düşen TOPLAM ENERJİ miktarları [kWh/m ²].	85
Şekil 48: Uygulamaların Sonucu Oluşan Isıtma Enerji Kazanımları	86
Şekil 49: Uygulamaların Sonucu Oluşan Soğutma Enerji Kazanımları	87
Şekil 50: Uygulamaların Sonucu Oluşan Toplam Enerji Kazanımları	88



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simgeler

°C	: Santigrat Derece
Cm	: Santimetre
CO ₂	: Karbondioksit
M	: Metre
R	: (m ² K/W) Isıl Geçirgenlik Direnci
U	: (W/m ² K) ısı geçirgenlik katsayısı

Kısıtlamalar

IPCC	: (Intergovernmental Panel on Climate Change) Birleşmiş Milletler tarafından kurulan Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli.
ASHRAE	: (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Birliği.
PMV	: (Predicted Mean Vote) Tahmin Edilen Ortalama Isıl Duyum.
PPD	: (predicted percentage of dissatisfied) Tahmin Edilen Memnuniyetsizlik Yüzdesi.
W	: Metrekare başına Watt (W/m ²) cinsinden etkin mekanik güç.
Ec	: Ciltte buharlaşma yoluyla ısı değişimi.
Cres	: Solunumda konveksiyon yoluyla ısı değişimi.
Eres	: Solunumdaki buharlaşmalı ısı değişimi.
Met	: Metabolik Hız.
HVAC	: (Heating, Ventilating and Air Conditioning) Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme.
<i>T_{comf}</i>	: Konfor için ideal sıcaklıktır.
<i>T_o</i>	: Toplanan veriler için ortalama dış ortam sıcaklığıdır.

BÖLÜM I

GİRİŞ

Nüfus artışı ve kentlerin genişlemesiyle birlikte enerji tüketimi giderek artmaktadır. Bu artışın, teknolojik ilerlemeler, ekonomik gelişmeler, nüfus yoğunluğu ve kentleşme gibi faktörlerden kaynaklandığı genel bir kabul görmektedir. Ancak radikal iyileştirme adımları atılmadığı sürece enerji tüketiminin, karbon emisyonlarında artışa, sıcaklık yükselmelerine ve küresel ısınmaya sebep olacağı öngörülmektedir (Steinberger vd. 2012:84, White 1943:338). Dünya genelinde, binalar toplam enerji tüketiminin %40'ını oluştururken, konutlar ısıtma, soğutma, havalandırma, iklimlendirme ve elektrik tüketiminde yaklaşık %30'luk bir paya sahiptir (Kaihoul vd. 2021:43).

Orta Doğu'nun kurak ikliminde yer alan Irak, sıcaklıkların yükseldiği ve iklim değişikliğine bağlı olarak en hızlı ısınan ülkelerden biridir (Salman vd. 2017:98). Bölgedeki sıcaklıkların, gelecekte daha da artacağı ve bu durumun, bölge halkının uyum sağlama kapasitesini aşarak büyük bir kırılganlığa yol açacağı beklenmektedir (Bozkurt vd. 2013:149). Bu nedenle, mevcut yapıların enerji verimliliğini artırmak amacıyla yapı kabuğunda ve soğutma stratejilerinde bakım, onarım ve iyileştirme çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışma, sıcak ve kurak iklime sahip bölgelerdeki mevcut yapıların, gelecek iklim senaryoları bağlamında performansını ölçmeyi ve uygulanacak iyileştirme stratejilerinin etkilerini kıyaslayarak enerji verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır. Araştırma, dört farklı tipolojideki az katlı Bağdat konutlarına odaklanmakta ve bu konutların, farklı inşa dönemleri ve enerji verimli uygulamalarla incelenmesini kapsamaktadır. DesignBuilder adlı simülasyon programı kullanılarak, mevcut konutların enerji performansı analiz edilmekte ve önerilen iyileştirme stratejilerinin enerji performansına etkileri karşılaştırılmaktadır.

1.1 ÇALIŞMANIN TEMELİ

Son yıllarda, küresel ısınmaya bağlı olarak sıcaklıkların artması ve buna paralel olarak ısıtma ve soğutma sistemlerinin kullanımının yaygınlaşması, enerji tüketiminin ciddi boyutlara ulaşmasına yol açmış ve bu durum, iklim değişikliği konularının daha fazla ele alınmasına neden olmuştur. (Kaihoul vd. 2021:43).

Ancak bazı bölgelerde sıcaklık değişimleri küresel ortalamanın çok üzerindedir. Orta Doğu ve Kuzey Afrika gibi bölgelerde ortalama sıcaklık küresel ortalamadan çok daha hızlı artmaktadır (Salman vd. 2017:97). Bu nedenle, Orta Doğu ve Kuzey Afrika'nın kurak ve yarı kurak bölgelerinde iklim değişikliğinden etkilenme riski çok daha yüksektir (Salman vd. 2018:510). Gelişmiş ülkeler, enerji tüketimini ve enerji emisyonlarının etkilerini sınırlamayı hedefleyerek, sifıra yakın enerjili binalar konseptini geliştirmiş ve bu uygulamayı tüm yeni binalar için zorunlu hale getirme eğilimindedir (Moldovan vd. 2014:925). Öte yandan, bu iklim sorunlarından muzdarip olmasına rağmen henüz ciddi adımlar atmayan ülkeler de bulunmaktadır. Irak'ın en kalabalık şehri Bağdat, bu duruma bir örnek teşkil etmektedir (Salman vd. 2021:839). Orta Doğu'da yer alan Irak, kurak bir iklime sahip olup sıklıkla yüksek sıcaklıklarla karşı karşıya kalmaktadır. Ayrıca, Irak iklim değişikliği kaynaklı en hızlı ısınan ülkelerden biri olarak gösterilmektedir (Salman vd. 2017:98). Gelecekte de bölgedeki sıcaklıkların keskin bir artış göstermesi öngörülmekte olup, bu artışın insanların uyum sağlama kapasitesini aşarak nüfusu son derece savunmasız hale getireceği değerlendirilmektedir (Bozkurt vd. 2013:150).

Bağdat'ın geleneksel evleri, sürdürülebilir tasarımın yerleşim düzeni ve malzemeleri sayesinde aşırı sıcak ve kuru iklime karşı dayanıklıyken, Batı dünyasından ilham alan çağdaş konutlar, Bağdat'ın yerel iklim sorunlarını dikkate almamaktadır. Bu durum, şehrin binalarının aşırı sıcak ve kuru hava koşullarından olumsuz etkilenmesine yol açmaktadır (Alobaydi vd. 2016:821).

Daha önceki çalışmalara bakıldığında, mevcut binaların enerji verimliliğini artırmaya yönelik yenileme projelerinde ve yeni enerji verimli binaların tasarımında bina simülasyon programlarının sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Binalarda enerji verimliliği sistemlerinin yeterliliğini test etmek ve spesifik hesaplamalar yapmak için, özellikle mevcut binaların enerji sistemlerindeki verimsizliklerin incelenmesi ve bunların en uygun maliyetli ve enerji açısından verimli stratejilerle değiştirilmesinde enerji analiz yazılımlarının kullanılması faydalı olmaktadır.

Mevcut binaların güçlendirilmesine yönelik çalışmaların çoğunda, belirli bir simülasyon programı kullanılarak binaların enerji tüketimi ve soğutma-ısıtma sistemlerinin özelliklerini vurgulayan bir enerji modeli oluşturulmakta, ardından bu modeller üzerinde çeşitli değişiklikler yapılarak analizler gerçekleştirilmektedir. Bu analizlerin sonucunda hem bina sakinlerinin konforu sağlanmakta hem de enerji tüketimi azaltılmaktadır.

Sıcak ve kuru iklimlerde yaşayan insanların binalarda daha rahat hissetmeleri ve dışarıdaki sert iklimden korunmaları için sürdürülebilir çözümler sunma ihtiyacı yüksektir. Bu çalışmada, simülasyon programı sonuçlarına bağlı olarak sıcak ve kuru iklim bölgelerindeki seçilmiş tarihi ve çağdaş konutların değişecek iklim şartları karşısındaki performanslarının ölçülmesi hedeflenmektedir. Araştırma, küresel ısınmanın mevcut ve gelecekteki iklim koşulları üzerindeki olumsuz etkilerini dikkate alarak, enerji tüketimini azaltmaya, küresel ısınmanın çevre üzerindeki etkilerini hafifletmeye ve yapay ısıtma-soğutma kullanımını azaltarak, en iyi sürdürülebilir iyileştirme stratejilerini ve malzemelerini kullanarak binalarda konforlu bir iç ortam sağlamaya odaklanmaktadır. Energy-Plus tabanlı DesignBuilder (Öğrenci Sürümü) simülasyon programı, sunduğu hesap doğruluğu ve mimari elemanların tanımlanmasındaki kolaylıklar nedeniyle bu çalışmada kullanılmakta ve bölgedeki mevcut evlerin farklılıklarını ve uygulanabilecek en iyi çözümleri ortaya koymaktadır.

1.2. PROBLEM TANIMI

Yüksek enerji tüketimi ve bunun çevre üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle, gelişmiş ülkelerin geleceğe yönelik hedefi, sıfıra yakın enerjili binalar tasarlayarak bu etkileri en aza indirmektir (Moldovan vd. 2014:924). Sıcak ve kuru bölgelerdeki mevcut konutlarda soğutma ve ısıtma sistemlerinin yoğun kullanımı, büyük enerji tüketimine yol açmakta ve bu da enerji emisyonları nedeniyle çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Ancak, bu konunun önemi ve insan sağlığı üzerindeki etkilerine rağmen, Arap dünyasında, özellikle Bağdat şehrinde bu alanda yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır (Salman vd. 2021:839).

Bağdat, sıcak ve kuru bir iklime sahip olmasına rağmen, geleneksel evlerde sürdürülebilir tasarım yaklaşımıyla, sıcak yaz aylarında bile avlu kullanılarak çapraz havalandırma sağlanmış ve doğal taş ile ahşap gibi iklime dayanıklı malzemeler

tercih edilmiştir. Ne yazık ki, hızlı nüfus artışı ve şehirleşme süreci sonrasında, Bağdat'ta modern dünyayı takip etmek adına yerel iklimi göz ardı eden birçok değişiklik yapılmıştır. Bu durum, çağdaş konutlarda yapay soğutma sistemlerinin yoğun kullanımına neden olmuş ve bu konutların sert hava koşullarına karşı daha savunmasız hale gelmesine yol açmıştır (Abaas 2020:275).

Araştırmalara göre, sıcak ve kuru iklim bölgelerinin önümüzdeki yıllarda daha sert hava koşullarından etkilenmesi beklenmekte olup, küresel ısınmanın giderek kötüleşmesiyle termal konforun sağlanmasının daha da zorlaşacağı öngörülmektedir (Pereira vd. 2022:14).

1.3. AMAÇ

Bu araştırma, sıcak ve kurak iklim bölgelerinde bulunan mevcut yapıların gelecek iklim senaryoları bağlamında performanslarını değerlendirmeyi ve yapı kabuğunda alınacak tedbirlerin etkilerini karşılaştırarak sunmayı amaçlamaktadır. Çalışma, sürdürülebilir çözümler geliştirmeyi hedeflerken, bu bölgelerdeki mevcut konutların yenilenmesinin önemine dikkat çekmektedir. Araştırma, sıcak ve kuru bölgelerdeki konut yapılarının enerji verimliliğini artırmaya odaklanmakta olup, Bağdat örneği üzerinden dört farklı konut tipinin analiz edilmesiyle, mevcut yapıların iklim değişikliğine karşı dirençlerini artırma yollarını incelemeyi amaçlamaktadır.

1.4. KAPSAM

Bu araştırma, sıcak ve kuru iklim bölgelerinde farklı dönemlerde inşa edilmiş az katlı ve müstakil konut binalarına odaklanmaktadır. Bağdat şehrinde yer alan, farklı özelliklerdeki ve enerji verimliliğine yönelik çeşitli uygulamalara sahip dört tipolojideki az katlı konutlar üzerinde yürütülmektedir. Bağdat'ın tarihi ve çağdaş konutlarına yönelik oluşturulan gelecek senaryoları, uygun mimari tasarım ve malzemeler kullanıldığında bu yapıların her koşulda dayanıklı olabileceğini ve daha az enerji tüketimi ile konforlu bir iç ortam sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, iyileştirme stratejilerinin uygulanmasının, mevcut binaların iklim değişikliğine karşı dirençlerini artırabileceği ve ihtiyaç duyulan ısı konforunun her koşulda sağlanması açısından etkili olabileceği değerlendirilmektedir.

1.5. ARAŞTIRMA SORULARI

Kaynak taramasına göre, Bağdat, küresel ısınma ve bunun konut sektörü üzerindeki olumsuz etkilerine en çok maruz kalan şehirlerden biridir. Bağdat'ın önümüzdeki yüzyıla yönelik iklim analizi, sıcaklıkların artmaya devam edeceğini ve daha yüksek düzeyde kuraklık yaşanacağını göstermektedir. Bu sebeple, Bağdat'taki mevcut konutların bu araştırma için vaka çalışması olarak seçilmesi uygun görülmüştür. Çalışmada tartışılacak sorular şunlardır:

- Sıcak ve kuru iklim bölgelerinde farklı dönemlerde elde edilmiş az katlı mevcut konutların gelecekte karşılaşılabilecek olumsuz etkiler nelerdir?
- Sıcak ve kuru iklimin az katlı mevcut konutlar üzerindeki olumsuz etkileri nasıl azaltılabilir?
- Sıcak ve kuru bölgelerdeki mevcut az katlı konutlara uygulanabilecek soğutma iyileştirme stratejileri nelerdir?
- Sıcak ve kuru bölgelerdeki gelecekteki az katlı mevcut konutlara uygulanabilecek sürdürülebilir iyileştirme stratejileri nelerdir?

1.6. YÖNTEM

Bu çalışma, sıcak ve kuru iklim bölgelerinde yer alan, farklı dönemlerde inşa edilmiş az katlı konut yapılarının enerji etkinliğini ve iyileştirme stratejilerini incelemektedir. Araştırma şu adımlardan oluşmaktadır:

1. Küresel ısınma, enerji etkin yapı tasarımları, iyileştirme stratejileri, sıcak kuru iklim bölgelerinde enerji korunumu ve Bağdat'taki mevcut konut tipolojisi ile ilgili kaynak taraması yapılması.
2. Mevcut binaların tipolojilerinin dönemselsel olarak yerinde analiz edilmesi.
3. Örnek olay bölgesine ait gelecek iklim verilerinin oluşturulması.
4. Kaynak taramasına göre seçilen ve bölgeye uygun iyileştirme stratejilerinin belirlenmesi.
5. Bağdat'tan seçilen konutlara iyileştirme stratejilerinin uygulanarak simülasyonların yapılması.
6. Simülasyon sonuçlarının ve elde edilen verilerin tartışılması.

1.7. ÇALIŞMANIN AKIŞ ŞEMASI

Bu çalışma, sıcak ve kuru iklim bölgelerinde yer alan, farklı dönemlerde, Şekil 1'de gösterildiği gibi, beş ana bölümden oluşmaktadır: Giriş, kaynak taraması, metodoloji, simülasyon çıktıları ve sonuç ve beklentiler.

Birinci Bölüm: Giriş

Bu bölümde çalışmanın amacı, kapsamı, yöntemi ve genel akış planı aktarılmaktadır. Çalışmanın temel sorunsalı ve araştırma soruları bu bölümde ele alınır.

İkinci Bölüm: Kaynak Taraması

Kaynak taraması üç alt bölümden oluşmaktadır. İlk olarak çevresel sorunlar ve enerji verimliliği stratejileri, özellikle gelişmiş dünyada kullanılan yaklaşımlar incelenmiştir. İkinci olarak, sıcak ve kuru iklim bölgelerinde kullanılan iyileştirme, ısıtma ve soğutma stratejileri ele alınmıştır. Son olarak, sıcak ve kuru bölgelerdeki mevcut konutlar üzerinde yapılan önceki çalışmalar ve önerilen pasif çözümler sunulmuştur.

Üçüncü Bölüm: Metodoloji

Bu bölümde araştırma yapılan bölgenin coğrafi ve iklimsel özellikleri, iklim programları kullanılarak incelenmiştir. Bölgenin mevcut ve gelecekte karşı karşıya kalacağı iklim sorunları analiz edilmiştir. Ayrıca bina simülasyonları ve bu çalışmada kullanılan DesignBuilder simülasyon programı hakkında genel bilgiler sunulmuştur. Bağdat şehrindeki vaka çalışması kapsamında incelenen binaların genel özellikleri, planları, yapı malzemeleri ve soğutma stratejileri analiz edilmiştir.

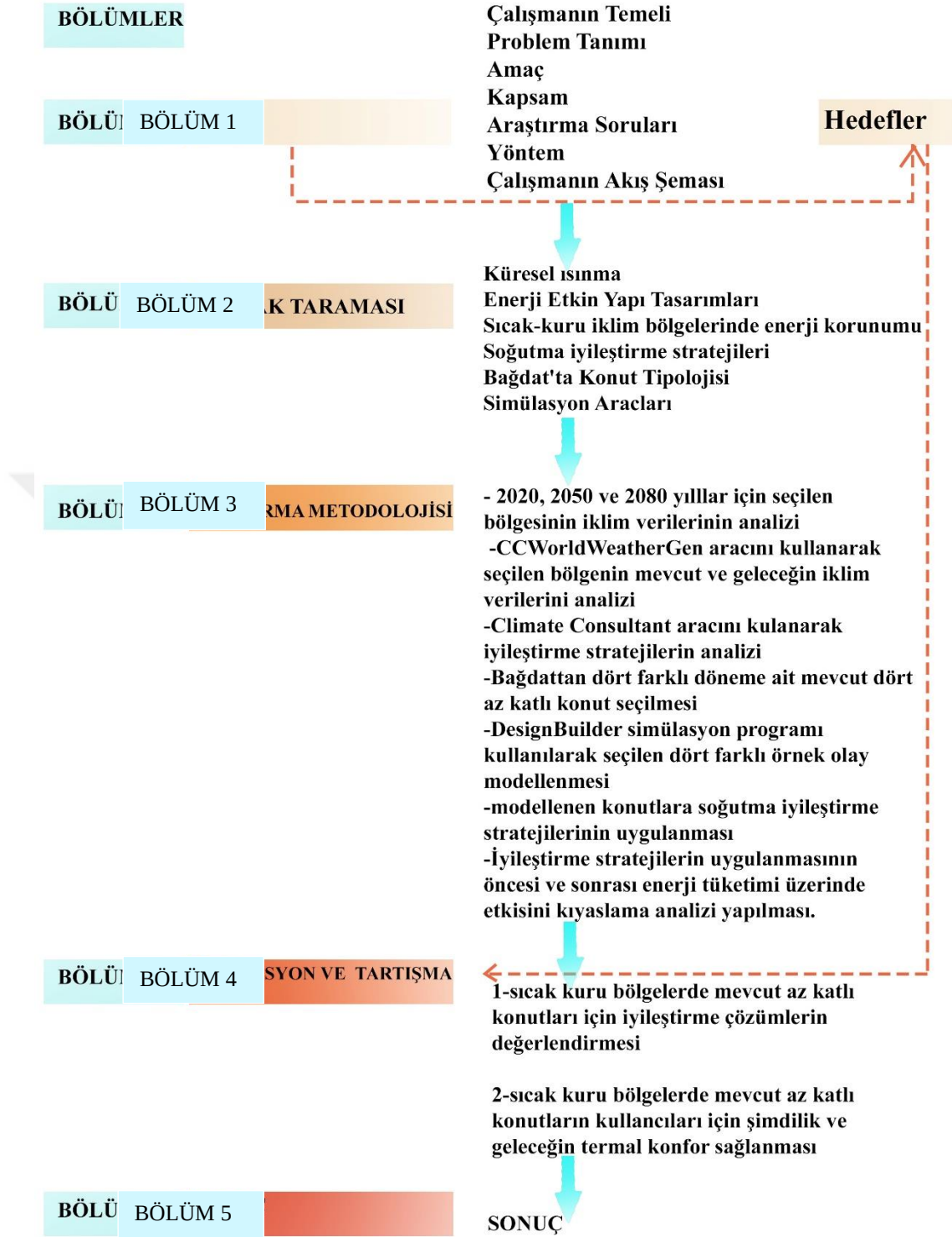
Dördüncü Bölüm: Sonuçların Kıyaslanması

Simülasyonlar için kullanılan girdiler ve ön kabuller açıklanmıştır. Ayrıca, belirlenen ısınma ve soğutma stratejileri vaka çalışmasına uygulanarak, enerji performansındaki değişiklikler simüle edilmiştir. Simülasyon sonuçları arasında enerji performansı kıyaslamaları yapılmış ve bulgular tartışılmıştır. Modellerin performans farkları analiz edilerek sunulmuştur.

Beşinci Bölüm: Sonuç ve Beklentiler

Bu son bölümde, çalışmanın sunduğu sonuçlar özetlenmiş ve gelecekte yapılacak çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

Çalışmanın Akış Şeması



Şekil 1: Çalışmanın Akış Şeması

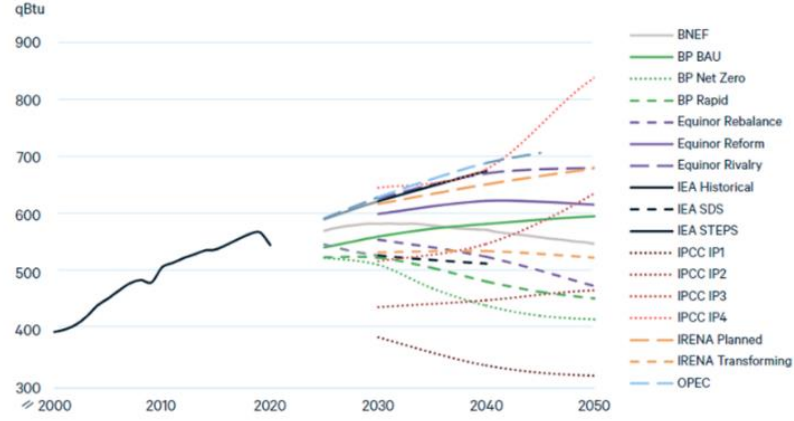
BÖLÜM II

KAYNAK TARAMASI

Bu bölümde, gelişmiş dünyanın sıcak ve kurak bölgelerindeki sürdürülebilir konut yapılarının karşılaştığı sorunlar ele alınacak ve bu sorunların çözümü için geliştirilen iyileştirme stratejileri sunulacaktır. Aynı zamanda, gelecekte sürdürülebilir planlar belirlenerek bu binaların kaynak taraması yapılacaktır.

Isıtma ve soğutma sistemlerinin binaların toplam enerji tüketiminin büyük bir kısmını oluşturduğu belirtilmektedir (Kaihoul vd. 2021:43). Bu durumdan hareketle, dünya genelinde doğal kaynakların kullanımını optimize etmek ve yapay enerji ihtiyacını en aza indirerek konforlu bir iç ortam sağlamak amacıyla çeşitli çözümler geliştirilmiştir. Bu çözümlerden biri de pasif tasarımıdır. Pasif tasarımı temel stratejileri, doğal iklimin ısıtma ve soğutma için kullanılması, iyi yalıtılmış bir bina kabuğunun oluşturulması ve termal kütle kullanımını içermektedir (Atti vd. 2019:8).

Ancak, pasif tasarım ve enerji verimliliği çözümlerine rağmen, Şekil 2'deki Küresel Enerji Görünümü 2021 verilerine göre, küresel enerji tüketiminin artmaya devam edeceği ve 2040 yılına kadar 2010 seviyelerine göre %60 artacağı öngörülmektedir. Bu artışın büyük bir kısmı konutlarda gerçekleşmektedir. Dolayısıyla, sürdürülebilir çözümlerin uygulanması ve enerji verimliliğinin artırılması, gelecekteki enerji tüketimini yönetmek açısından büyük önem taşımaktadır (Newell vd. 2021:4).



Şekil 2: Küresel birincil enerji tüketimi (Newell vd. 2021:4)

Mevcut kaynaklarda, özellikle sıcak ve kuru iklim bölgelerine odaklanan araştırmalar, ısıtma ve soğutma sistemlerinin konut sektöründe yoğun kullanımının neden olduğu enerji tüketimini sınırlama ve azaltma çabalarına yönelmektedir. Isıl konfor, büyük enerji tüketiminin ana nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir.

Isıl konfor kavramı, Avrupa'da ilk olarak 19. yüzyılın başlarında, işçilerin zorlu iklim koşulları nedeniyle karşılaştığı birçok kaza ve hastalığın sonucunda sanayileşme ve inşaat hareketleri sırasında ortaya çıkmıştır. Ayrıca, 20. yüzyılda modernizm anlayışının etkisiyle, iklim koşulları ve bina yönelimi göz ardı edilerek geniş camlı cephelerin yaygın kullanımı, iç mekânda ısıl konforun sağlanması için yapay sistemlerin yoğun bir şekilde kullanılmasına neden olmuştur (Roaf vd. 2016:70).

Başlangıçta Danter (1960), dış ortamla sinüzoidal dalga değişimlerini açıklayarak bina kabuğundan ısı transferi için bir yöntem geliştirmiştir. Loudon (1968) ise bu yöntemi daha da ileri götürmüş ve bina iç koşullarını da dikkate alarak geliştirmiştir. Bu teknik, konforlu binaların tasarımında kullanılmak üzere en yüksek iç sıcaklıkların hesaplanmasını amaçlamaktadır (Loudon 1968:11). 1973'teki ilk enerji krizi sonrasında enerji tüketimi, 1990'lara kadar artış göstermiş ve bu süreç "Yeşil Mimari"nin gelişimine zemin hazırlamıştır. Koenigsberger, sürdürülebilirliği sağlamanın bir yolu olarak yerli bina kaynaklarının kullanılması ve yerel mimarinin entegrasyonu ile ilgili stratejiler geliştirerek yeşil mimari ilkelerine önemli katkılarda bulunmuştur. (Baweja 2008:12). Spitler ve arkadaşları (1997), ASHRAE'nin talebine yanıt olarak soğutma yükünün hesaplanması için yeni bir yöntem geliştirmiştir.

Bu yöntem, saatlik ısı kazançlarını radyan zaman faktörlerini kullanarak saatlik soğutma yüklerine dönüştürmekte ve cephenin şeffaf kısımlarından kaynaklanan güneş ısı kazancını doğru bir şekilde hesaplamak amacıyla radyan zaman serilerinin katsayılarına odaklanmaktadır (Spitler vd. 1997:503). Sonraki çalışmalarda, soğutma yükü hesaplama yöntemlerinin geliştirilmesine devam edilmiş ve Rees ve arkadaşları (2000) tarafından Isı Dengesi Yöntemi, Radyan Zaman Serileri Yöntemi ve Kabul Yöntemi olmak üzere üç yöntem karşılaştırılmıştır. Bu araştırmacılar, CIBSE ve ASHRAE kurumlarının tavsiyeleri arasında bazı farklılıklar bulunduğunu belirtmiş, ancak tüm bu yöntemlerin açık ısı dengesi yöntemleriyle ele alınabileceği sonucuna varmışlardır (Rees vd. 2000:79).

İklimsel konfor ihtiyacı, enerji tüketimini azaltmak için önemli bir konu olmaya devam etmektedir. Binaların çevreleriyle uyumlu olarak tasarlanması, konforlu bir iç ortam sağlamak için enerji verimli tasarımlara olan ilgiyi artırmaktadır. Bu, yapay kaynakların kullanımının azaltılması ve doğal kaynakların artırılmasıyla mümkündür. Manioğlu (2012), sıcak ve kuru iklimlerde enerji verimli binaların tasarımında dikkate alınması gereken en önemli faktörleri çevresel faktörler, iklimsel faktörler, bina ve yerleşim faktörleri olarak sıralamıştır (Manioğlu ve Yılmaz 1995:1301).

Bu faktörlere ek olarak, Pacheco ve arkadaşları (2012) bina kabuğu unsurlarını ve bunların enerji tüketimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Binanın temeli, çatısı, duvarları, kapıları ve pencereleri, enerji tüketiminde önemli bir etkiye sahiptir; bu unsurlar, dolaylı olarak iç koşulları ve ısıtma/soğutma sistemlerinin gereksinimlerini de etkilemektedir. Araştırmacılar, güneş panellerinin ve gölgeleme cihazı türlerinin performansını iyileştirmek amacıyla optimum yönlendirme gibi enerji verimli stratejilerin yanı sıra, dış sıcaklıklara göre performanslarını değiştirebilen yalıtım sistemlerinin geliştirilmesine dair önerilerde bulunmuşlardır (Pacheco vd. 2012:3572).

Harputlugil ve Harputlugil (2016) tarafından önerilen sıcak kuru iklim bölgelerindeki binalarda uygulanabilecek bir diğer strateji, doğal havalandırmadır. Konvektif akış teorisine göre hem pasif ısıtma hem de pasif soğutma yaz ve kış aylarında gerçekleştirilebilir. Yaz aylarında, hava en alt katların kuzey cephe açıklıklarından alınarak en üst katlardan ısınır, yükselir ve akış sağlar; bu duruma "güneş bacası" denir.

Hava sıcaklığı, rüzgâr ve nem, enerji verimliliği açısından önemli faktörlerdir. Ayrıca, yerel ağaçlar, sıcak kuru iklim bölgelerinde rahatsız edici sıcak rüzgârdan korunmak amacıyla rüzgâr bariyeri olarak kullanılabilecek bir pasif strateji olarak önerilmektedir (Harputlugil ve Harputlugil 2016:706).

Sojoudihassanlouei (2019), Revit programında İran'ın Yazd bölgesinde geleneksel bir ev modelleyerek sıcak kuru iklim bölgelerindeki geleneksel evlerin ısıtma ve soğutma yöntemlerini analiz etmiştir. Dört mevsimlik evler, orta avlu veya bahçe, tavan altı pencereler ve bina yönelimi gibi geleneksel stratejiler, enerji tüketimini azaltmak için etkili ve pasif enerji tasarrufu çözümleri olarak önerilmektedir (Sojoudihassanlouei 2019:2).

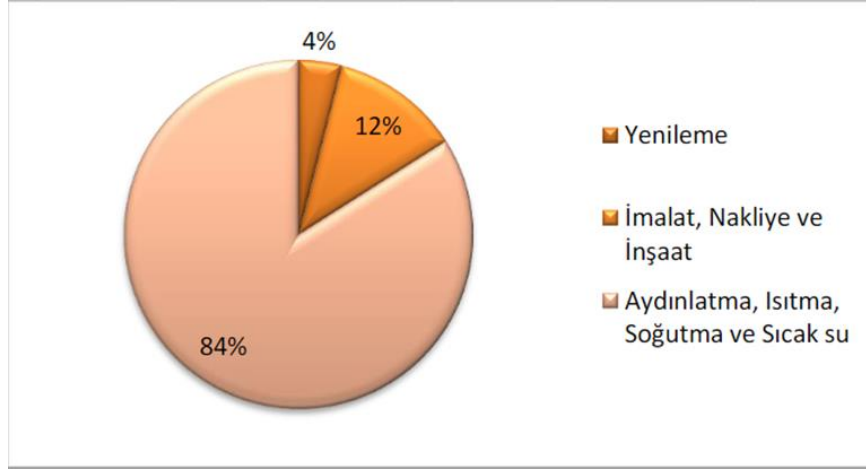
Esmâ ECE (2021), yeşil çatı stratejisinin sıcak kuru iklim koşullarında soğutma enerjisi tüketimini azaltmak için etkili bir yöntem olduğunu ve toprak ile bitkilerin, dış ısının yüksek oranda emilmesine yardımcı olarak iç sıcaklığın düşürülmesine katkıda bulunduğunu göstermiştir (Ece 2021:12).

Büşra Babacan (2022), geleneksel ve yerel evlerin belirli yapı türleri, malzemeler ve teknolojiler kullanılarak ısıtma, soğutma ve havalandırma açısından doğal yöntemlerle geliştirildiğini belirtmektedir. Bu nedenle, bu evler çağdaş konut tasarımları için enerji verimliliği referansları olarak değerlendirilebilir (Babacan 2022:2).

2.1. ENERJİ ETKİN YAPI TASARIM

Geçtiğimiz yıllarda, enerji verimliliği konseptini geliştirmek amacıyla gerçekleştirilen çabaların yanı sıra, karbon emisyonlarının artması, küresel ısınma ve fosil kaynakların azalmasının doğrudan nedeni olan enerji tüketimini azaltmak için de önemli çabalar sarf edilmiştir. *“Enerji verimli tasarım, pasif güneş enerjisi tasarım stratejileri, enerji verimli ekipman ve yenilenebilir enerji kaynaklarının optimize edilmiş bir karışımıyla, bina aydınlatması, alan iklimlendirme, alan ısıtma ve havalandırma gibi enerji kullanımının tüm yönlerini dengeleyen bir tasarım metodolojisi”* (Malik 2015:8).

Enerji etkin tasarım, mimarların ve bina sahiplerinin, binanın işletme maliyetlerini azaltmalarına ve konforlu bir iç mekân ortamı sağlamalarına yardımcı olmaktadır. Şekil 3'teki verilere göre, ısıtma ve soğutma sistemleri, konutlarda yoğun olarak kullanılan enerji tüketim unsurları arasında öne çıkmaktadır. (Ece 2021:5).



Şekil 3: Binalarda yaşam döngüsü-Enerji kullanımı (Ece 2021:5).

Enerji tüketiminde farklılık yaratmak amacıyla ısıtma ve soğutma sistemlerinde aktif ve pasif stratejilerin kullanılması, binanın enerji performansını artırmak için gereklidir. Dikmen (2011) bu bağlamda enerji verimli binaların şu kriterlere göre tasarlanması gerektiğini belirtmektedir: Bina kabuğu ve şeklinin çevresiyle uyumlu bir şekilde tasarlanması, doğal çapraz havalandırma sağlayan alanların oluşturulması, yeşil alanların bina içerisine entegre edilmesi, pasif enerji sağlamak için güneşten maksimum düzeyde faydalanılması, mevcut ve çevre dostu inşaat malzemelerinin seçilmesi, ayrıca binanın aktif ve pasif enerji kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması (Dikmen 2011:123).

Ulusal Tez Merkezi'nin kaynak taramasına göre, enerji verimli binalarla ilgili yapılan çalışmalar aşağıda derlenmiştir:

Canan (2008), konutlarda "Güneş Erişimi" fikrinden yola çıkarak güneş yöntemini kullanarak güneşlenme kontrolünü araştırmıştır. Bu çalışmada, Konya'da benzer özelliklere sahip apartmanlar matematiksel ve geometrik kurallar ile AutoCAD tabanlı üç boyutlu modeller aracılığıyla incelenmiştir. Örnek olay modelleri arasında kat sayısı ve bina yoğunluğuna göre karşılaştırmalar yapılmıştır. Sonuçlar, Türkiye'nin yıl içinde büyük miktarda güneş ışınlamına sahip olmasına rağmen bu kaynağın etkin bir şekilde kullanılmadığını göstermektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir temelli bir çevre sağlamak için bilimsel verilere dayalı olarak "güneşe erişimi" olan binalarda güneş radyasyonu kullanımı konusunda zorunlu kuralların uygulanması gerekmektedir (Canan vd. 2008:8).

Yeşilli (2016), modern binalarda doğal ışık ve havalandırma sağlamak, ısı kaybını önlemek ve güneş ısını elde etmek amacıyla kullanılan enerji verimliliği unsurlarından biri olan opak ve şeffaf cepheleri incelemiştir. Bu cepheler arasındaki farkları ve benzerlikleri açıklamak için çeşitli cephe tipleri ve iklim koşullarıyla ilgili birçok örnek olay analiz edilmiştir; bu değerlendirmeye dayalı grafikler oluşturulmuştur (Yeşilli 2016:8).

Güner (2017), enerji verimli binalarda sürdürülebilir malzemelerin kullanımına odaklanmıştır. Yapı malzemeleri, üretim, uygulama, kullanım ve geri dönüşüm süreçleriyle binaların çevre üzerindeki etkilerini belirleyen önemli bileşenlerdir. Malzemelerin fiziksel çevreyle doğrudan bağlantısı nedeniyle enerji tüketimi üzerinde büyük bir etkisi vardır. Bu çalışmada, sürdürülebilirlikle etkileşimi olan yapı malzemeleri ile ilgili vaka çalışmaları analiz edilmiştir.

Çalışma, enerji verimli binalarda kullanılan malzemelerin nitelikleri, çevreyle etkileşimleri, kullanım süreleri ve ömürleri boyunca enerji verimliliği gibi ana faktörler çerçevesinde analiz edilmesi ve uygulanması gerektiği sonucuna varmaktadır. Ayrıca, doğru detayları oluşturarak malzeme tavsiyesinde bulunmayı ve binanın bulunduğu bölgeye uygunluğunu test etmeyi amaçlayan Ecotect, ESP-r, FreeRunner, DOE2 ve Heat2 gibi programların kullanılmasını önermektedir (Güner 2017:6).

Yardımcı (2019) çalışmasında, bir yapıyı modelleyerek simüle ederek enerji performansını analiz etmekte ve entegre edilen malzemelerle enerji tüketimini minimum seviyeye düşürmeyi hedeflemektedir. Bu çalışmanın sonucunda, bina kabuğundaki enerji verimliliği iyileştirmeleri ve şeffaf alanlar ile fotovoltaik panellerin entegrasyonu sayesinde simüle edilen binanın toplam enerji tüketimi %56, CO2 emisyonları ise %48 oranında azalmaktadır. Bu durum, mevcut yapılardaki enerji verimliliği iyileştirmelerinin çevre kirliliği ve enerji tüketiminin azaltılmasına önemli bir katkı sağladığını göstermektedir. Enerji performansını destekleyen düzenlemelerin uygulanmasıyla bu sonuçlar elde edilebilmektedir. Tablo 1'de gösterildiği üzere, enerji verimli bina performansı, bina tasarımında dikkate alınması gereken birçok önemli faktöre bağlıdır (Yardımcı 2019:2).

Tablo 1: Konfor Koşullarının Sağlanmasında Etkili Olan Değişkenler (Yardımcı 2019:6).

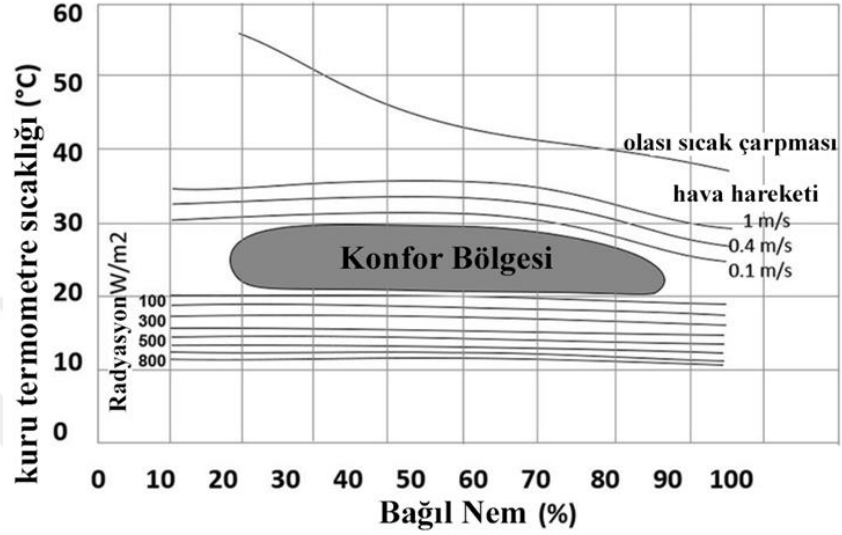
KULLANICIYA İLİŞKİN DEĞERLER	İKLİME İLİŞKİN DEĞERLER	BİNAYA İLİŞKİN DEĞERLER
• Kullanıcı Niteliği ve Durumuna İlişkin Değerler - Metabolizma düzeyi - Giysi türü - Kullanıcının mekandaki konum ve duruş şekli • Fizyolojik Değişkenler - Objektif değişkenler - Subjektif Değişkenler	• Dış İklimsel Değişkenler - Güneş ışıınımı - Dış hava sıcaklığı - Dış hava nemliliği - Rüzgâr • İç İklimsel Değişkenler - İç hava sıcaklığı - İç yüzey sıcaklığı - İç hava hareketi - İç hava nemi	• Binanın Bulunduğu Yer • Binanın Yönlendiriliş Durumu • Binanın Diğer Binalara Göre Konumu • Bina Formu • Bina Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özellikleri

2.1.1. Isıl Konfor Konsepti

Birçok araştırmacı ısı konforu tanımlamıştır; ancak uluslararası alanda en kabul gören tanım, ASHRAE 55 (Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği) tarafından yapılan "*ortamın ısıl memnuniyeti ifade eden zihinsel durumdur*". Farklı bina ortamlarındaki kullanıcılara ısı konfor sağlamak, çeşitli iklimlerde inşa edilen yapay ortamların temel amacıdır. Eğer bir grup insan aynı odada benzer iklim koşullarına maruz kalıyorsa, fiziksel farklılıklar nedeniyle herkes aynı düzeyde tatmin olmayacaktır. Bunun nedeni, aynı mekandaki bireylerin ısı konfor seviyelerinin farklılık göstermesidir. Dolayısıyla, ısı konfor yaratabilmek için grubun çoğunun ısı konfor derecesi sorulmalı ve ölçülmelidir. Bu durum, malzeme seçim süreci de dahil olmak üzere tüm inşaat sektörünün sorumluluğundadır (Fanger 1973:314).

Olgıyay'a göre, ısı konforu sağlamanın yolu, çevre koşullarına karşı hareket etmekten ziyade bu koşullarla uyum içinde hareket etmektir. Şekil 4'te gösterilen "şematik biyoiklim indeksi," dış iklime dayalı olarak termal konfor bölgesini

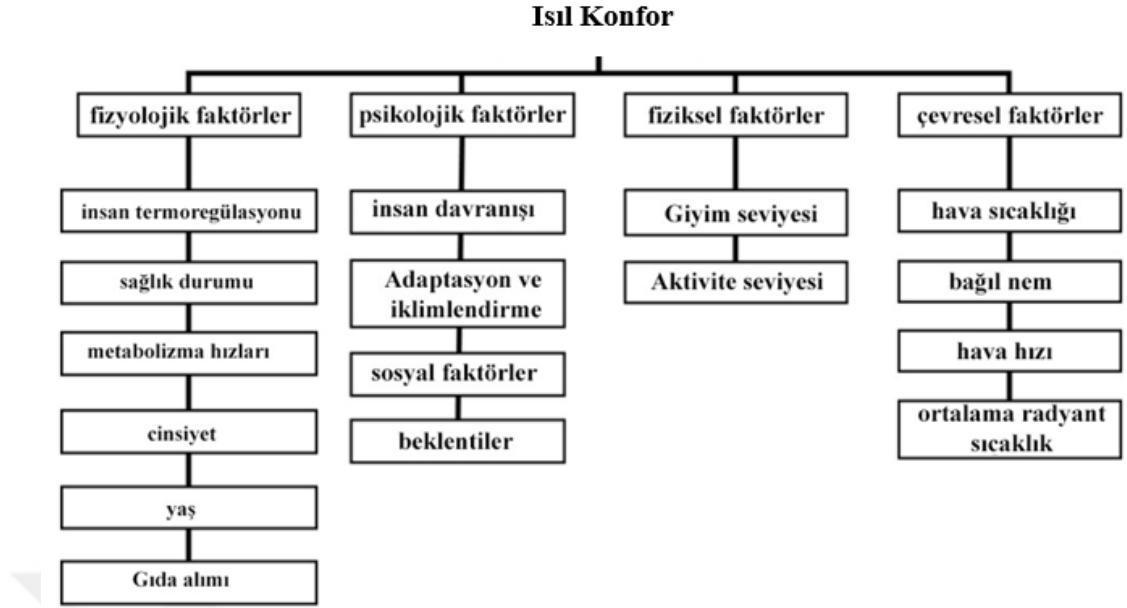
tanımlamakta ve Olgyay tarafından geliştirilmiştir. Bu indeksi takip etmek, çeşitli iklim koşullarında konforlu bir iç mekân ortamı sağlanmasını mümkün kılar. Olgyay'ın biyoiklim haritası, geniş bir güneş radyasyonu, bağıl nem, rüzgâr hızı ve sıcaklık aralığında dış mekân konfor bölgesini açıklamaktadır (Olgyay 2015:24).



Şekil 4: Olgyay'ın biyoiklim haritası (Olgyay 2015:24).

2.1.2. Isıl Konforu Etkileyen Faktörler

Psikologlar, sosyologlar, fizyologlar, fizikçiler ve çevre mühendisleri gibi çeşitli uzman grupları tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda, ısı konforunun birçok faktöre bağlı olduğu ve bu faktörlerin aşağıda Şekil 5'te özetlendiği belirtilmektedir (Dwela 2022:12).



Şekil 5: Isıl konforu etkileyen faktörler (Dwela 2022:13).

2.1.2.1. Fizyolojik Faktörler

Termal değişim meydana geldiğinde, insan vücudunun çevresine verdiği ilk tepki olarak kabul edilmektedir. Çevre sıcaklığındaki sürekli değişiklikler, insan vücudundan çevreye ısı kayıplarına neden olur. Vücuttan kaybedilen ve vücutta üretilen ısı arasındaki dengeyi korumak için beyin, vücudun iç sıcaklığını 37°C sabit tutan bir termostat gibi işlev görür. Bu süreçte "vücudun birim zamanda harcadığı enerji oranı" anlamına gelen metabolizma hızı önemli bir rol oynamaktadır. Metabolizma hızı, bireylerin yaşına ve cinsiyetine bağlı olarak farklılık gösterir; yaşlı bireylerde aktivite eksikliği nedeniyle metabolizma hızında bir azalma gözlemlenmektedir (Luo vd. 2018:47).

2.1.2.2. Psikolojik Faktörler

Pozisyon değiştirmek, giyinmek veya soyunmak ve hareket etmek, ısı konforu etkileyen insan davranış faktörlerine örneklerdir. İnsan vücudu, belirli bir iklim koşuluna uzun süre maruz kaldığında, doğal olarak bu duruma uyum sağlama eğilimi gösterir. İnsan vücudunun iklime alışma süreci genellikle 30 gün sürer. Bireylerin kültürel ve sosyal faktörleri, bina tasarımlarını ve giyim tarzlarını etkileyerek dış mekânın termal koşullarına uyum sağlamalarına yardımcı olur (Gabril 2014:65; Parsons 2002:597).

2.1.2.3. Fiziksel Faktörler

İnsanların ısı konforunu etkileyen iki önemli fiziksel faktör, giyim düzeyi ve aktivite düzeyidir. Vücut aktivitesi tarafından üretilen ısı, birim vücut yüzey alanı (W/m^2) başına enerji yoğunluğu olarak ölçülen Metabolik Eşdeğerler birimi (MET) ile ifade edilir. ASHRAE 55, laboratuvar çalışmalarına dayalı olarak her aktivite seviyesi için belirli bir metabolik hız seviyesini tanımlamaktadır (Tablo 2) (Gabril 2014:77).

Tablo 2: ANSI/ASHRAE Standardı 55-2013'e Göre Tipik Göreve İlişkin Metabolik Hızlar (ASHRAE 2013:5).

Aktivite	MET	W/m ²	W(av)
Uyumak	0.7	40	70
Uzanmak, yatakta uzanmak	0.8	46	80
Oturmuş, dinlenme halinde	1	58	100
Ayakta, oturarak çalışma	1.2	70	120
Çok hafif işler (alışveriş, yemek pişirme, hafif sanayi)	1.6	93	160
Orta-hafif işler (ev, takım tezgâhı)	2	116	200
Sürekli orta düzeyde çalışma (delici, sosyal dans)	3	175	300
Ağır işler (kesme, elle planlama, tenis)	6	350	600
Çok ağır işler (kabak, fırın işleri)	7	410	700

İlk çağlardan itibaren insanlar, vücutlarını iklim koşullarından korumak amacıyla kıyafet giymeye başlamışlardır. Giysinin ısı yalıtımı, CLO birimi kullanılarak ifade edilir. Yapılan çalışmalara göre, mevsim ve iklime bağlı olarak ısı yalıtım değeri yazın 0,35-0,6 CLO, kışın ise 0,8-1,2 CLO olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3: Giysi bileşenlerinin ısı yalıtım değeri (ASHRAE 2013:6).

Erkek	CLO	Kadın	CLO
İç çamaşırı:	0.06	İç çamaşırı:	0.05
Atlet	0.09	sutyen + külot	0.35
Tişört		Uzun üst	0.35
		Uzun alt	
Gömlek:	0.22	Bluz:	0.20
hafif, uzun kollu	0.29	Hafif	0.29
ağır, uzun kollu		ağır	
Pantolonlar:	0.26	Etek:	0.10
Hafif	0.32	Hafif	0.22
ağır		ağır	
Ceket:	0.22	Ceket:	0.17
Hafif	0.49	Hafif	0.37
ağır		ağır	
Ayakkabı:	0.04	Ayakkabı:	0.04
Ayakkabı	0.08	Ayakkabı	0.08
Bot		bot	
Çoraplar:	0.04	Çoraplar:	0.01
ayak bileği		Herhangi bir	
uzunluğu		uzunluk	

2.1.2.4. Çevre Faktörleri

Dört ana faktör, ısı konforunun belirlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Hava sıcaklığı, esas olarak konveksiyon ve termal etkenlik nedeniyle havadaki ısı

kaybının miktarını belirler. Bağıl nem, cilt yüzeyinden suyun buharlaşma oranını etkileyen en önemli faktördür. Hava hızı, vücuttan konveksiyon ve buharlaşma yoluyla cilt ile hava arasındaki ısı transfer hızını etkileyen bir diğer önemli faktördür. Ortalama ısıma sıcaklığı ise, insanlar, mobilyalar ve çevresel unsurlar dahil olmak üzere çevredeki öğelerin, vücut ile çevresi arasındaki ısıma ısı transfer oranını etkileyen bir bileşendir (Kiliçarslan 2013:24; Gabril, 2014:77; Edward ve Zhang 2006:561)

2.1.3. Isıl Konfor Standartları

2.1.3.1. ASHRAE 55

ASHRAE 55, 2004 yılında geliştirilen ve yaygın olarak kabul gören ısı konfor standartlarından biridir. Bu standart, konfor bölgesini belirlemek için tahmin edilen ortalama ısı duyumu (PMV) ve tahmin edilen memnuniyetsizlik yüzdesi (PPD) yöntemlerinin beklenen yüzdesine dayanmaktadır. ASHRAE 55, 7 puanlık bir ölçeğe sahiptir; bu ölçek, bina sakinlerinin konforlu bir termal ortamda olmalarını beklemek için verilen oylara dayanmaktadır. Bu yöntemler, kullanıcıların farklı iklim koşullarında ısı konfor hissini değerlendirmek ve optimize etmek amacıyla kullanılmaktadır (ASHRAE 2004:5).

$$T_{comf} = 0.31T_o + 17.8$$

“ T_{comf} ” konfor için ideal sıcaklıktır.

“ T_o ” toplanan veriler için ortalama dış ortam sıcaklığıdır.

2.1.3.2. ISO 7730

ISO 7730 standardı, hem termal konfor endekslerine, tahmin edilen Ortalama Isıl Duyum (PMV) hem de Tahmin Edilen Memnuniyetsizlik Yüzdesi (PPD) yüzdesine dayanmaktadır (Olesen ve Parsons 2002:539). ISO 7730 standardına göre genel konfor ve yerel rahatsızlık kaynaklı memnuniyetsizlik değerleri Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4: Isıl konfor ortamı kategorileri. Genel konfor ve yerel rahatsızlıktan kaynaklanan memnuniyetsizlik yüzdesi (ISO. 2005:5).

Category	Bir bütün olarak vücudun termal durumu		Çalışma sıcaklığı C°		Maks. ortalama hava hızı m/s	
	PPD %	PMV	Yaz (0,5 clo) soğutma	Kış (1clo) ısıtma	Yaz (0,5 clo) soğutma	Kış (1clo) ısıtma
A	< 6	-0.2 < PMV < + 0.2	23,5 – 25,5	21,0 – 23,0	0,18	0,15
B	< 10	-0.5 < PMV < + 0.5	23,0 – 26,0	20,0 – 24,0	0,22	0,18
C	< 15	0.7 < PMV < + 0.7	22,0 – 27,0	19,0 – 25,0	0,25	0,21

2.1.3.3. EN 15251

Bu standart, kullanıcının beklentileri ve memnuniyeti üzerine dört düzey belirlemektedir. EN 15251 standardına göre bina sakinlerinin düzeyine dayanan referans kategorisi Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tablo 5: Bina sakinlerinin beklenti düzeyine göre bina kategorileri (EN 15251 2006:13).

Kategori	Tanım
I	Yüksek beklenti/engelliler, hastalar, çok küçük çocuklar ve yaşlılar için.
II	Normal düzeyde bir beklenti/ binalar ve iyileştirme.
III	Kabul edilebilir düzeyde bir beklenti/ mevcut binalar.
IV	Yılın yalnızca sınırlı bir kısmı için kabul edilmelidir.

Örneğin, kategori I (Yüksek düzeyde termal konfor beklentisi) için konfor bölgesi, PMV'nin -0,2 ile 0,2 arasında sınırlandırılmasıyla belirlenir. Tablo 6'ya göre, iç ortamdan memnun olmayan kullanıcıların oranı %6'dan azdır (CSN) EN 15251.

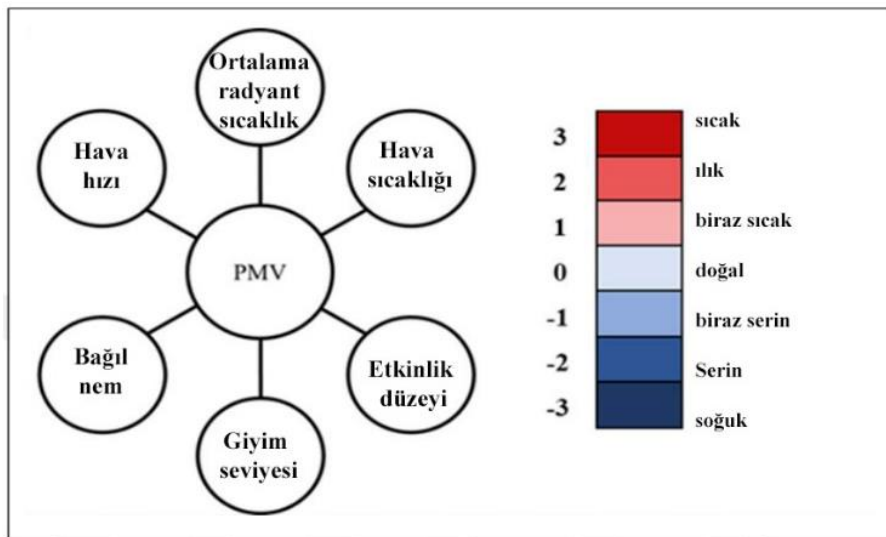
Tablo 6: Bina kategorisine göre önerilen kriterler (EN 1525 2006:25).

	Tahmin Edilen Memnuniyetsizlik Yüzdesi. (PPD)	Tahmin Edilen Ortalama Isıl Duyum (PMV)
I	< %6	-0.2 < PMV < 0.2
II	< %10	-0.5 < PMV < 0.5
III	< %15	-0.7 < PMV < 0.7
IV	> %15	PMV < -0.7 yada PMV > 0.7

2.1.4. Isıl Konfor Modelleri

2.1.4.1. Predicted Mean Vote (PMV) / Tahmin Edilen Ortalama Isıl Duyum

Fanger'e (1973) göre, "Termal çevresel değişkenler, aktivite ve giyim seviyelerinin herhangi bir kombinasyonu için büyük bir grup insana yönelik standart ölçekte ortalama termal duyum oylarını tahmin eden veya temsil eden endekstir." Şekil 6'da gösterildiği gibi, Fanger tarafından altı değişkenden oluşan bir ilişkiler seti geliştirilmiştir: hava sıcaklığı, ortalama radyant sıcaklık, hava hızı, bağıl nem, giyim seviyesi ve etkinlik düzeyi (Fanger 1973:315).



Şekil 6: Tahmin Edilen Ortalama Isıl Duyum (PMV) (Fanger 1973:315).

Geçmişte aşağıda listelenen formül kullanılmıştır:

$$PMV = (0.303e-2.1M + 0.028) [(M-W)- H- R- Ec - Cres - Eres]$$

M- Metrekare başına Watt (W/m^2) cinsinden metabolik hız.

W- Metrekare başına Watt (W/m^2) cinsinden etkin mekanik güç.

H- hassas ısı kayıpları.

Ec- Ciltte buharlaşma yoluyla ısı değişimi.

Cres - Solunumda konveksiyon yoluyla ısı değişimi.

Eres - Solunumdaki buharlaşmalı ısı değişimi.

Günümüzde PMV, ISO Standardı 7730 tarafından sağlanan bilgisayar yazılımı ve ASHRAE 55'e dayalı Yapılı Çevre Merkezi (CBE) web sitesi aracılığıyla hesaplanabilmektedir (Carlucci 2013:74; Fanger 1973:315).

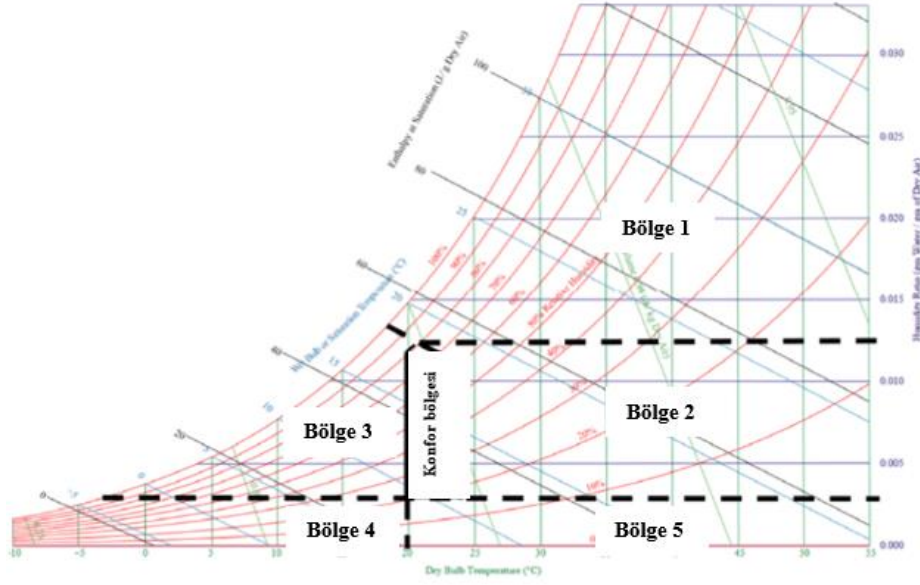
2.1.4.2. Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)/ Tahmin Edilen

Memnuniyetsizlik Yüzdesi.

Fanger'a göre, PMV'nin en rahat seviyesi olan sıfırda bile nüfusun yaklaşık %5'inin memnun olmayacağı belirtilmektedir. Belirli bir termal ortamda kaç kişinin memnuniyetsiz olduğunu tahmin etmek için PPD diyagramı oluşturulmuştur (Carlucci 2013:82).

2.1.5. Isıl konfor tablosu

Victor Olgyay, "Biyoklimatik Harita"yı ilk kez ortaya koymuştur (Olgyay, 1963). Ancak haritada sunulan ısı konfor alanı, ASHRAE 55 ısı konfor standardını temel almamaktadır. Şekil 7'de gösterildiği gibi, Givoni, Olgyay'ın temsilini pasif ısıtma ve soğutma stratejileriyle ilgili kuralları içeren psikometrik bir şemaya dönüştürmüştür (Givoni, 1969) (Vadoudi ve Marinhas 2018:2)



Şekil 7: AHU fonksiyonlarına dayalı iklim bölgeleri (Vadoudi ve Marinhas 2018:5).

Konfor bölgesi: Isıl enerji hesaplamasında konfor bölgesinin merkezi referans iç ortam koşulu olarak seçilir.

Bölge 1: daha yüksek dış sıcaklık ve nem/soğutma ve nem alma gerektirir.

Bölge 2: daha yüksek sıcaklık ve aynı nem oranı/soğutma gerektirir

Bölge 3: daha düşük dış sıcaklıklar / ısıtma gerektirir.

Bölge 4: daha düşük dış ortam sıcaklıkları ve nem /ısıtma ve nemlendirme gerektirir.

Bölge 5: daha yüksek sıcaklık ve daha az nem oranı/soğutulması ve nemlendirilmesi gerekir (Vadoudi ve Marinhas 2018:5).

2.2. SICAK-KURU İKLİM BÖLGELERİNDE ENERJİ KORUNUMU

Babacan (2022), iklimi "aylardan binlerce veya milyonlarca yıla kadar değişen bir süre boyunca ilgili miktarların ortalamasının ve değişkenliğinin istatistiksel açıklaması" olarak tanımlamaktadır. Diğer bir tanıma göre ise iklim, genel olarak bulutlu, güneşli, yağmurlu gibi hava koşullarının kısa sürede değişimi olarak ifade edilmektedir (Babacan 2022:4).

İklim ve mimari, birbirini etkileyen unsurlardır ve bu nedenle aralarında sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Erken tarihlerden itibaren iklim, yapıyı çevreyi şekillendiren, planlarını, yönünü, boyutunu ve kullanılan malzemeleri etkileyen ana faktörlerden biri olmuştur; bu durum, geleneksel bina mimarisinde açıkça görülmektedir. Öte yandan, modern dünyada iklim ile mimari arasındaki bağlantı kaybolmaya başlamış

ve bu, konforlu koşulları sağlamak için yüksek ısıtma veya soğutma yüklerine ihtiyaç duyan, rahatsız edici bir şekilde inşa edilmiş ortamlarla sonuçlanmıştır. Isıtma ve soğutma sistemlerinin büyük enerji tüketimi, iklimi olumsuz yönde etkilemektedir.

Küresel ısınma, "insan faaliyetlerinin, özellikle fosil yakıtların (kömür, petrol ve gaz) yakılmasının iklim üzerindeki etkisi" olarak tanımlanmaktadır (Houghton, 2005:1346). İnsan faaliyetleri ve yapılı çevre emisyonlarından kaynaklanan, günümüzün en önemli çevre sorunlarından biri olarak kabul edilmektedir. İklim üzerindeki bu etkilerin sınırlandırılması ve yapılı çevre emisyonlarının azaltılması açısından tasarım sürecinde iklim faktörlerinin belirlenmesi gerekmektedir. İklim faktörleri, dış hava sıcaklığı, güneş ışınımı, rüzgâr ve dış hava nemi olmak üzere dört ana unsurdan oluşmaktadır.

2.2.1 Dış hava sıcaklığı

Atmosferi anlatırken ısı ve sıcaklık terimlerinin tanımlanıp ayırt edilmesi gerekmektedir. Bu iki kavram, her ne kadar birbirleriyle bağlantılı olsalar da tamamen farklı anlamlara sahiptir. Isı, bir nesnenin moleküllerinin kendi kütlesi içinde hareket etmesini sağlayan toplam enerji miktarıdır. Bu hareket, nesnenin ısı enerjisinin yaratılmasından sorumludur. Hareket arttıkça, çevreye yayılan elektromanyetik dalgalar da artar. Elektromanyetik dalgaların ortam üzerindeki etkisine sıcaklık denir. Isı enerjisi sıcaklıkla ölçüldüğünde, mekanların sıcaklıklarını ve bunların yapılı çevreye etkilerini incelemek önemlidir. Sıcaklıklar, Ece'nin (2021) açıkladığı gibi, enlem, mevsim, güneş ışınlarının açısı ve mesafesi, nem, rüzgâr ve bitki örtüsüne bağlı olarak bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir (Ece 2021:10)

2.2.2. Güneş radyasyonu

Güneş radyasyonu, güneş tarafından yayılan elektromanyetik dalgalardır. Güneş, dünyanın en önemli sınırsız enerji kaynağıdır. En temiz yenilenebilir ışık ve ısı kaynağı olması, sıfır kirlilik, gürültü ve olumsuz çevresel etkilerle enerji üretmek için kullanılabilmesi nedeniyle en önemli pasif enerji kaynaklarından biri olarak kabul edilmektedir. Yapılı çevrenin çevresi, mahalledeki binaların yüksekliği, arazi eğimi ve peyzaj gibi unsurlar, kazanılan güneş ışınımı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Binanın pasif stratejileri tasarlanırken bu faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir (Akın 2001:18).

2.2.3 Rüzgâr

Rüzgâr, havanın yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğru yatay hareketidir ve gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanır. Soğuk rüzgâr, hafif ve yukarı doğru; sıcak rüzgâr ise şiddetli ve aşağıya doğru akmaya neden olur. Rüzgârın hızı, basınç farkları arttıkça artar ve bu durum, topografya, yerel iklim koşulları ve çevresel faktörlere bağlıdır (Ece 2021:18).

Rüzgârın hızı, yönü ve şiddeti, mimari tasarımları önemli ölçüde etkiler. Bu nedenle, binalar ve çevresi arasında iyi bir ortam oluşturabilmek için bilimsel çalışmalara dayalı bir rüzgâr analizi yapılması gerekmektedir. Binalar arasındaki mesafeler, binanın şekli, yönelimi, yapısal özellikleri, fonksiyon düzeni, cephe açıklıklarının konumu ve boyutları, rüzgâr kontrol elemanları ve binanın konumu gibi unsurlar, rüzgâr analizi çalışmalarından elde edilen verilere dayanır. Akın (2001), rüzgârdan yararlanma veya korunma ihtiyacının, binanın tasarım lokasyonu ve iklim bölgesinin rüzgâr analizlerine bağlı olduğunu belirtmektedir. Alçak enlem iklim bölgesi lokasyonları, tüm yıl boyunca rüzgâr hareketine ihtiyaç duyarken, yüksek enlem iklim bölgesinde rüzgâr korumalarının tasarlanması daha önemlidir. Ece (2021) ise sıcak kuru iklimin rüzgârının iklim koşullarını olumsuz etkilediğini belirtmektedir. Bu nedenle, bu iklim bölgelerinde tasarlanan binaların yerel ağaçlar kullanılarak iyi korunması ve yaz aylarında soğuk rüzgâr hareketini sağlayacak, kış aylarında ise soğuk rüzgârı kırarak şekilde tasarlanması gereken duvarlarla donatılması gerekmektedir (Ece 2021:19).

2.2.4 Dış hava nemi

Nem, "ekvatordaki yağış miktarı ve farklı kaynaklardan su kaybı" olarak tanımlanmaktadır (Babacan 2022:8). İç mekân iklim konforunu ve enerji verimliliğini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. İç mekân iklim konforu için ideal nem oranı %40-60 arasındadır. Bu oranın altındaki seviyeler, kuruma sorununa neden olarak konfor problemleri yaratırken, üzerindeki seviyeler ise rahatsız edici bir iklim oluşturarak bina kabuğuna zarar verebilir. Buna bağlı olarak, Tablo 7'de görüldüğü gibi, gelişmiş ülkeler hem konforlu bir ortam sağlamak hem de binanın yapısını korumak amacıyla standartlaştırılmış iç mekân nem tablosunu uygulamaya koymuşlardır (İlten vd. 2017:54).

Tablo 7: Standartlarda önerilen bağıl nem değerleri (İlten 2017:54).

Standart	Bağıl Nem (%)
ASHRAE-62 (ABD)	30-60
DIN-15251 (Almanya)	30-70
HKGCC (Hong Kong)	40-70

Sıcak kuru iklim bölgelerinde nemden olumlu yönde yararlanılabileceğini belirten Ece (2021), geleneksel fanların giriş kanallarına pompalar ekleyerek buharlaşmalı soğutma yöntemini kullanmıştır. Bu yöntemle, fanlar tarafından daha fazla hava alınmasını ve pompalar tarafından nemlendirme yapılmasını sağlamıştır.

2.2.5 Pasif sistemler

Herhangi bir mekanik veya elektrik sistemi olmaksızın, doğal gün ışığı, havalandırma, ısıtma ve soğutma yöntemleri kullanılarak konforlu bir iç ortam sağlamak amacıyla geliştirilen sistemler, hâkim rüzgâr, güneş enlemi, nem ve binanın kaplamalarında kullanılan malzemeler (örneğin, yalıtımlar ve cam türleri) gibi birçok faktöre bağlıdır. Babacan'a göre, direkt pasif sistemler ve dolaylı pasif sistemler olmak üzere iki tür pasif sistem bulunmaktadır.

Babacan (2022), doğal yollarla konforlu bir iç ortam sağlamak için pasif ve aktif sistemlere bağlı olarak bölgesel iklim özelliklerini dikkate alan ve bu özelliklerden tam olarak yararlanan, enerji tasarruflu, yani iklim uyumlu konutların tasarımını ele almıştır. Bu bağlamda sıcaklık, nem, güneş radyasyonu ve rüzgâr kontrol edilmiştir.

Bu çalışmada, farklı bölgelerdeki sıcak kuru iklim bölgelerinin çağdaş konutlarında yer alması gereken pasif ve aktif stratejiler incelenmiştir. Daha önce belirtildiği gibi, geleneksel yapılar pasif sistem kullanımının etkileyici örnekleridir; bu yöntemlerin modern teknolojilerle desteklenerek çağdaş mimariye uyarlanabileceği görülmektedir. Sıcak kuru iklim bölgeleri için uygun olan pasif ve aktif stratejiler, iç ısı konforu sağlama, enerji tüketimini azaltma ve çevreye olumsuz etki bırakmama yetkinlikleri açısından ayrıntılı olarak tartışılmaktadır (Babacan, 2022:30).

2.2.5.1. Binaların konumu

Pasif tasarımlarda lokasyonun topoğrafyası ve iklimi önemli bir rol oynamaktadır. Bu analizlerin sonuçlarına göre, güneş ışıınımı miktarı, sıcaklık, nem ve hâkim rüzgâr gibi faktörler, binanın doğal ısıtma ve soğutma sağlama yeteneğini belirleyen temel unsurlardır. Tasarım ve inşaat aşamasında lokasyonun iklim durumunu dikkate alan binaların, iklim özelliklerinden tam anlamıyla yararlanarak konforlu bir tasarım ortamı sağladığı ve elektrikli ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin kullanımını ortadan kaldırdığı anlaşılmaktadır. Bu binalar, elektrik stratejilerinin yoğun kullanımının olumsuz etkileri yerine, pasif stratejilerle insan ihtiyaçlarına hizmet etmektedir.

Akın (2001) tarafından belirtildiği gibi, sıcak ve kuru iklimlerdeki binaların yer seçimi, sert güneş ışıının etkilerini azaltmak ve şiddetli rüzgârı engellemek amacıyla mümkün olduğunca vadi bölgelerinde yapılmalıdır. Gölge sağlamak için binanın konumu, yeşillikler ve gölgeleme elemanlarıyla desteklenmekte; bina, yüksek duvarlar ve bahçelerle çevrelenmektedir (Akın 2001:39).

2.2.5.2 Bina formu

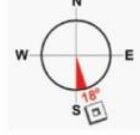
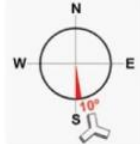
Binanın şekli, yüksekliği, yönelimi ve birbirine göre konumu, her binaya ulaşan güneş ışıınımı ve rüzgâr miktarını büyük ölçüde etkilemektedir. Güneş ışıınımına ve rüzgâra doğrudan maruz kalan çatı ve cephe alanları, iç ortam konforunu ve enerji kullanımını da etkilemektedir.

Umaroğulları ve Cihangir (2019) tarafından belirtildiği gibi, binalardan kaynaklanan ısı kazancı veya kaybı, binanın taban alanının hacme (A/V) oranına bağlı olarak artmakta veya azalmaktadır (Umaroğulları ve Cihangir 2019:108).

Bu nedenle, binanın şeklinin belirlenmesinde bulunduğu yerin iklim durumu büyük rol oynamaktadır. Örneğin, sıcak ve kuru iklim bölgelerinde tasarlanan binalar, sert güneş ışıınlarından, tozlu ve kuvvetli rüzgârdan, ayrıca havanın kuruluşundan yüksek derecede korunmalıdır. Bina formlarının kompakt olması ve güneş ışıınımını kırmak için mümkün olduğunca gölgeleme elemanları kullanılması gerektiği göz önünde bulundurularak, binanın çapraz havalandırma yoluyla soğutulması için avlular veya orta açıklıklar şiddetle tavsiye edilmektedir. Güneşten yüksek koruma sağlamak amacıyla, iç içe tasarımlarda binaların birbirine yakın konumlandırılmasıyla gölgeleme sağlanabilmektedir. (Akın 2001:45).

2.2.5.3. Bina Yönelimi

Binaya ulaşan güneş ışınımı ve rüzgâr miktarı, binanın bulunduğu konuma, yöne, mevsime ve zamana göre farklılık gösterdiği sürece, ısı kazancı ve kaybının yanı sıra yönelim faktörünün güneş ışınımının kullanımı üzerinde büyük etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle, sıcak ve kuru iklim bölgelerinde kışın binaya en fazla güneşin, yazın ise en az güneşin ulaşması gerektiği dikkate alınarak bina yönü ve güney cephe açısı, binanın konumuna göre tasarlanmalıdır. Serinleme için doğal havalandırma sağlamak amacıyla rüzgârdan faydalanılması da önem arz etmektedir (Umaroğulları ve Cihangir 2019:108). Şekil 8'deki verilere göre, binanın hâkim rüzgâra göre yönlendirilmesi, soğutma amaçlı doğal havalandırmayı teşvik etmekte ve istenmeyen ısı kayıplarını azaltarak bu kayıpların kabul edilebilir düzeyde tutulmasını sağlamaktadır (Yardımcı 2019:41).

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

Şekil 8: Farklı iklim bölgelerine göre uygun bina formları ve optimum yönlendiriliş durumları (Babacan 2022:34).

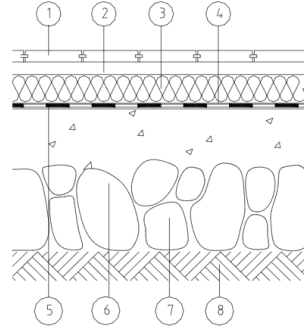
2.2.5.4. Bina Kabuğu

Bina kabuğu, dış mekânı ve iç mekânı birbirinden ayıran, binanın içine hava akışı ve ısı girmesini sağlayan yapı elemanıdır. Bina kabuğu, çatıyı, zemini, duvarları, pencereleri, kapıları, açıklıkları veya herhangi bir yatay ve dikey bina bileşenini içerir. Babacan'a (2022) göre, binalardaki ısı kaybının %40'ı dış duvarlardan, %30'u pencerelerden, %7'si tavadan, %6'sı yer altından ve %17'si dış kapı ve pencerelerden kaynaklanmaktadır. Yüksek enerji tüketimine neden olan açıklıklar, pencere ve pencere açıklıkları bina kabuğu üzerinden ısı kaybına etki ettiği için, ısı geçirgenlik katsayısı en düşük olan e-kaplamalı cam gibi birçok faktöre bağlı olarak pencere camı tipinin seçilmesi büyük önem taşımaktadır (Babacan 2022:36).

2.3. SICAK-KURU İKLİM BÖLGELERİNDE SOĞUTMA İYİLEŞTİRME (RETROFIT) STRATEJİLERİ

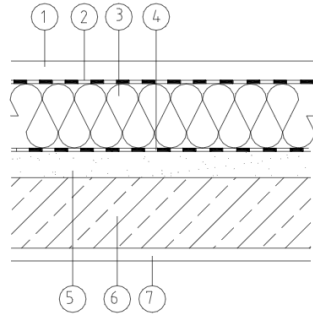
2.3.1. Yapı Kabuğu

Alaybaşı (2003), sıcak kuru iklim bölgelerinde enerji tasarrufu açısından dış bina kabuğu alternatiflerini incelemiştir. Araştırmada, binanın yönelimi, formu ve bina kabuğunun optik ile termofiziksel özellikleri gibi ana enerji tasarrufu tasarım parametreleri tartışılmıştır. Sıcak ve kuru bir iklim bölgesi olan Diyarbakır örneği kapsamında, belirli bina özellikleri seçilmiş olup, bina formundan bağımsız olarak, Şekil 9 ve 10'daki gibi, bina kabuğunun uygun termofiziksel özellikleri de dahil olmak üzere belirli tasarım günlerinde dış ve iç tasarım koşulları belirtilmiştir. Ayrıca, tasarım ortamına ilişkin diğer parametre değerleri ve bina kabuğunu etkileyen güneş ışıınımı hesaplanmış, opak bileşenlerin u-değeri belirlenmiş ve tüm bina kabuğu boyunca ısı kaybı ve ısı kazancı hesaplanmıştır. Grafik sistemi ve tablolarda alternatif uygun bina formları ve bina kabukları tanıtılmıştır (Alaybaşı 2003:34).



1. Ahşap kaplama	0,02 m
2. Şap	0,05 m
3. Su yalıtım membranı	0,007 m
4. Isı yalıtımı	0,05 m
5. Su yalıtım membranı	0,007 m
6. Greton	0,10 m
7. Blokaj	0,15 m
8. .Toprak zemin	

Şekil 9:Döşemenin Katmanlaşma Detayı(Alaybaşı 2003:35).



1. Serbest çakıl	0,05 m
2. Koruyucu beton	0,03 m
3. Isı yalıtımı	0,03 m
4. Su yalıtım membranı	0,007 m
5. Eğim betonu	0,05 m
6. Betonarme döşeme	0,10 m
7. Tavan sıvası	0,02 m

Şekil 10:Çatının Katmanlaşma Detayı (Alaybaşı 2003:35).

Süt (2013), Türkiye'deki derece-gün iyileştirme stratejilerinin geliştirilmesini incelemiştir. TS 825 Standardı ve iklim özelliklerine uygun olarak, mevcut binaların enerji verimli bir şekilde güçlendirilmesini ele almıştır. Design-Builder simülasyon programı kullanılarak, opak ve şeffaf bileşenlerin termal performansını iyileştirmek için önerilen stratejilerin etkileri hesaplanmıştır. Yapılan öneriler doğrultusunda dört bölgede ısıtma ve soğutma yükleri, elektrik tüketimi, doğalgaz kullanımı ve toplam enerji ile CO2 emisyonlarındaki değişimler analiz edilmiştir. Türkiye'nin en sıcak bölgesi olan Birinci Bölge'de, binaların opak kısımlarının TS 825 standardına göre yeniden yalıtılması önerilmiştir. Ayrıca, şeffaf bileşenlerin çift veya üçlü katman tipi ile değiştirilmesi ve üzerine güneş kırıcı elemanlar eklenmesi önerilmiştir. Bu değişikliklerle, opak ve şeffaf bileşenlerin yenilenmesi sonucunda maksimum ısıtma yükü %29,8, soğutma yükü %23,5, elektrik tüketimi %12,7, doğalgaz tüketimi %29,2, toplam enerji tüketimi %19,3 ve CO2 emisyonu %15,5 oranında azalmıştır (SÜT 2013:67).

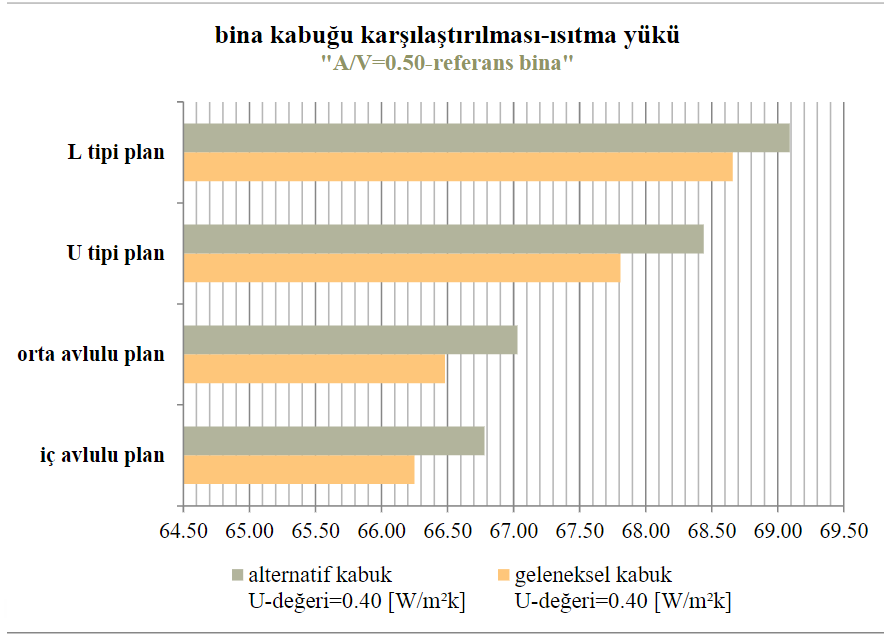
Erdemir (2014), sıcak kuru iklim bölgesinin iki spesifik parametresi olan yerleşim düzeni ve yapı biçimini geleneksel Diyarbakır ev örneklerini inceleyerek

analiz etmiştir. Bu çalışmada, bina formu ve yerleşim düzeninin ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkisi Design Builder simülasyon yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Geleneksel Diyarbakır evlerinden dört farklı yerleşim düzeni ve yapı formu belirlenmiştir. Simülasyon için hava durumu verileri, bina kabuğu ve sistem özellikleri gibi çeşitli girdiler kullanılmıştır. En iyi çözüme ulaşmak amacıyla ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmış ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları ayrıntılı olarak Şekil 11, 12 ve 13'te gösterilmektedir (Erdemir 2014:4).

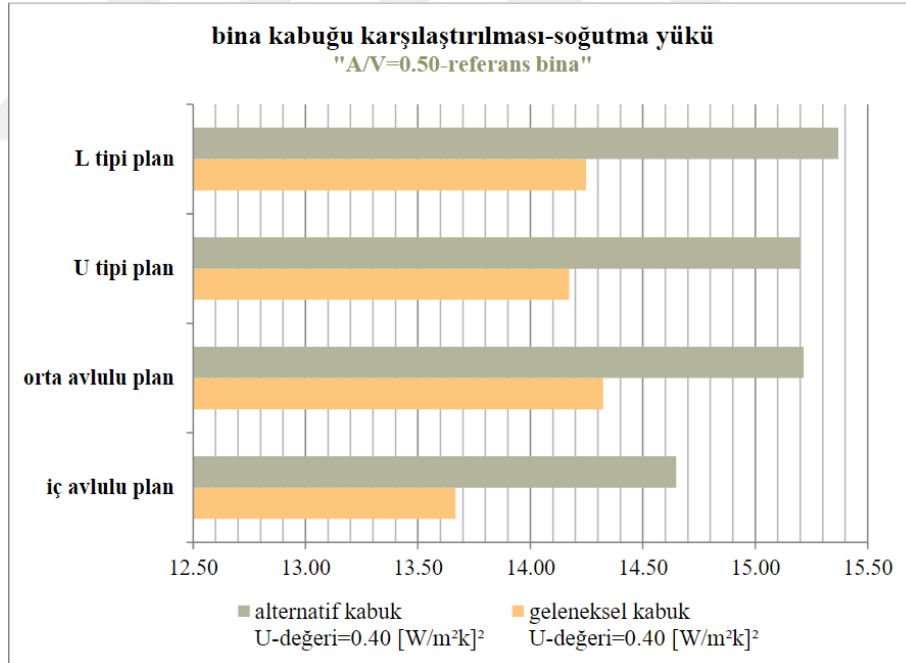
GELENEKSEL BİNA KABUĞU (a)				
	malzeme	ısı iletkenlik katsayısı (λ)	kalınlık (d)	U-değeri
		W/m ² K	m	W/m ² K
dış duvar	bazalt taşı	1.40	0.300	0.60
	moloz	0.36	0.385	
	bazalt taşı	1.40	0.300	
zemine oturan döşeme	bazalt taşı	1.40	0.100	0.60
	toprak	1.28	0.400	
toprak dam	kara toprak	0.61	0.150	0.40
	kil	0.47	0.200	
	ahşap levha	0.13	0.070	
	ahşap kiriş	0.13	0.150	

ALTERNATİF BİNA KABUĞU (b)				
	malzeme	ısı iletkenlik katsayısı (λ)	kalınlık (d)	U-değeri
		W/m ² K	m	W/m ² K
dış duvar	alçı	0.80	0.010	0.60
	sıva+boya		0.200	
	iç sıva		0.125	
	delikli tuğla		0.030	
	XPS		0.020	
zemine oturan döşeme	dış sıva	0.50	0.030	0.60
	parke	1.14	0.040	
	beton şap	0.72	0.030	
	XPS	0.50	0.020	
	bitümlü örtü	1.35	0.200	
teras çatı	beton	0.70	0.020	0.40
	asfalt	0.23	0.060	
	bitümlü örtü	0.03	0.330	
	XPS	1.35		

Şekil 11: Geleneksel bina kabuğu (a) ve alternatif bina kabuğu (b) opak yapı bileşenleri (Erdemir 2014:68).



Şekil 12: Aynı U-değerine sahip geleneksel ve alternatif bina kabuklarının, A/V=0.50 referans bina için sağladıkları ISITMA yüklerinin karşılaştırılması (İdil Erdemir, 2014:69).



Şekil 13: Aynı U-değerine sahip geleneksel ve alternatif bina kabuklarının, A/V=0.50 referans bina için sağladıkları SOĞUTMA yüklerinin karşılaştırılması (İdil Erdemir, 2014:70).

Ekizce Can (2015), sıcak ve kuru iklim bölgelerinde bina kabuğunun ısıtma performansını etkileyen faktörlerin tahmin edilmesinde kullanılan statik, yarı-

dinamik ve tam dinamik hesap yöntemlerini incelemiş ve bu yöntemlerin standartlaşmasında ASHRAE ve CIBSE gibi kuruluşların önemine vurgu yapmıştır. Örnek olay simülasyonunda, aynı U değerine ve dinamik termal özelliklere sahip farklı modern ve geleneksel bina kabukları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, bina kabuğu parçalarının ve detaylarının enerji performansını doğrudan etkilediğini göstermektedir. Bu nedenle, binaların hesaplamalara ve belirli U değerlerine göre tasarlanması gerektiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, binanın dinamik termal özelliklerini karakterize eden sınır değerlerin yönetmeliklere eklenmesi gerektiği belirtilmiştir (Ekizce Can 2015:10).

Sözen (2019), Mardin'in sıcak kuru iklim bölgesindeki yerel yerleşimlerde ısı konforu inceleyerek, gelecekteki tasarımlarda kullanılabilecek pasif tasarım parametrelerine dair ayrıntılı niceliksel veriler elde etmeyi amaçlamıştır. Yerleşim, üç tip mekâna ayrılmıştır:

- Açık alanlar: sokaklar
- Yarı açık alanlar: avlular
- Kapalı alanlar: odalar, mutfak, çalışma alanı

Saatlik iç ve dış mekân termal konforunun değerlendirilmesi için ENVI-met mikro iklim simülasyon modeli kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, iç ve dış ısı konfor parametrelerine dayanarak optimum tasarım seçenekleri geliştirilmiştir. Çalışma, geometrik parametrelerin ve ısı azaltma stratejilerinin termal konfor koşulları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ve bu unsurların iyileştirilmesinin ısıtma veya soğutma sistemlerinin azaltılmasında kritik bir rol oynadığını vurgulamıştır (Sözen 2015:7).

Yardımcı (2019), bina kabuğunun enerji tüketimi ve CO₂ emisyonunu azaltmak için çeşitli iyileştirme alternatifleri geliştirmiştir. Bu alternatifler arasında Trombe duvarı uygulaması ve fotovoltaiik (PV) sistem kullanımı bulunmaktadır. Yapı kabuğu için önerilen alternatifler şunlardır:

- Kuzey cephesi: 6 mm berrak cam ve 10 mm ara boşluktan oluşan çift camlı sistem veya 6 mm berrak low-E camdan ve 13 mm argon gazı dolgusundan oluşan çift camlı pencere sistemi.

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

Isı yalıtım malzemeleri olarak ise, yapıya 5 cm kalınlığında grafit katkılı EPS mantolama uygulanması ve çatıda çatı keçesi kalınlığının 0,03 mm olması öngörülmüştür. Bu uygulamalar, yapının enerji verimliliğini artırmayı ve çevresel etkiyi azaltmayı hedeflemektedir (Dalı, 2019:63).

Aytekin (2020), maliyet etkin iyileştirme çalışmalarının genellikle soğuk iklim bölgelerine odaklandığını belirterek, sıcak ve kuru iklim bölgelerindeki enerji performansını ele almayı amaçlamıştır. Çalışma, TS 825 standardını referans alarak mevcut ve yeni binaların enerji performansının iyileştirilmesini ve bina enerji simülasyon programı (BEP-TR) kullanarak iklim özelliklerinin test edilmesini içermektedir.

Diyarbakır'daki konut binalarının ısıtma ve soğutma performansı, özel ısı yalıtımları ve cam türleri ile analiz edilmiştir. Performans parametrelerinin, binanın özelliklerine ve koşullarına göre değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Özellikle doğu ve batı cephelerde uygulanan yalıtımların enerji performansına önemli etkileri olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, belirli cam türlerinin (5-8 cm XPS Low E veya üçlü cam) kullanılması da enerji verimliliğini artırmaktadır. Mevcut binalara bu yöntemlerin uygulanmasının ekonomik olduğu ve cam değişiminin yalnızca ısı yalıtımı uygulamalarına göre daha iyi enerji performansı sağladığı vurgulanmaktadır. (Aytekin 2019:35).

Ece (2021), yeşil çatı uygulama yöntemini açıklayarak sıcak kuru iklim bölgelerindeki binalarda enerji verimli tasarımların önemini araştırmıştır. Araştırma, yeşil çatıların kullanımı, çeşitleri, tarihçesi, uygulaması ve dünyadaki mevcut durumu detaylı olarak incelemektedir.

Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında sıcaklık ve nem değerleri analiz edilmiş ve sonuçlar tablolar halinde sunulmuştur. Yeşil çatı uygulamasının beton çatılara göre iç ortam hava sıcaklığını 2,68°C düşürdüğü ve iç ortam nemini %8,04 oranında artırdığı sonucuna varılmıştır. Bu, yeşil çatının sıcak kuru iklim bölgelerinde iç mekân hava sıcaklığını düşürerek nem seviyelerini artırdığı anlamına gelir. Dolayısıyla, bu durum sıcak yaz günlerinde soğutma yüklerini ve enerji tüketimini azaltmada önemli bir etkiye sahiptir (Ece, 2021:35).

2.3.2. Yapı Cephesi

Altahhan (2022), iç ortam konforunu ve enerji tüketimini yüksek oranda etkileyen önemli bir yapı bileşeni olarak konut bina cephesini ele almıştır. Farklı iklim bölgelerinde gerçekleştirilen çeşitli vaka çalışmalarından birinin sıcak kuru iklim bölgelerine odaklandığı belirlenmiştir. Çalışmada, bir binanın cephesinin, çatı, zemin ve pencere gibi diğer bileşenler kadar ısı kaybı ve kazancı açısından kritik bir öneme sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, bina cephesinin güneş kazancının kontrol altına alınmasına, hava akışının sağlanmasına ve iç mekân sirkülasyonunun artırılmasına katkıda bulunduğu; doğal havalandırmanın sağlanması için güneş kontrol elemanları ve pencerelerin kullanılması, uygun cam çeşitleri ile dış cephe izolasyonu yoluyla ısı, nem ve akustik kontrolüne yardımcı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Böylece, cephe tasarımında dikkate alınması gereken faktörler, enerji tüketimini azaltmak ve konforlu bir iç ortam sağlamak açısından kritik bir rol oynamaktadır (Altahhan, 2022:2).

2.4. IRAK KONUTLARI İÇİN KULLANICI BEKLENTİLERİ

Bağdat'taki konut sektörüne mimari çözümler önermek için iki ana faktörün incelenmesi gerekmektedir: konut sektörünün zorlukları ve Iraklıların konut gereksinimleri. Binalar, içinde yaşayanların günlük aktivitelerini en iyi şekilde gerçekleştirebilmelerine olanak tanıyan, konforlu bir iç ortam sağlamalıdır. Bu, doğal aydınlatma ve havalandırma gibi unsurları da içeren uygun bir iç mekân ortamının tasarımını kapsar. Bu bölüm, Bağdat'ta yaşayanların enerji tasarruflu konut tasarımında dikkate alınması gereken ihtiyaçlarını araştırmaktadır.

2.4.1. Mekânsal Gereksinimler

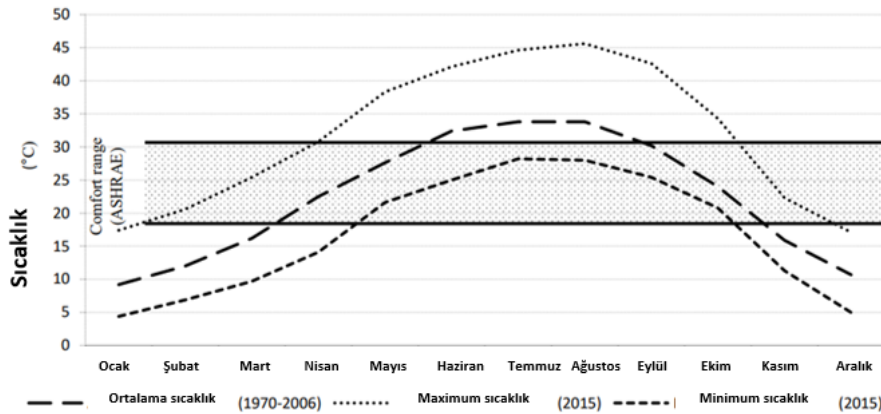
Bu bölüm, ev sakinlerinin değişken ihtiyaçlarına uyum sağlayacak şekilde evlerin verimli ve esnek bir yerleşim planı ile oluşturulmasını kapsamaktadır. Kullanıcıların değişen gereksinimleri ve faaliyetleri, iç ortamı etkileyen en önemli faktörlerden biri olarak değerlendirilmektedir. Bu durum, binaların hem öngörülebilir hem de öngörülemeyen gelecekteki gereksinimlerini karşılayabilmesi açısından önemlidir; dolayısıyla binaların işlevsel verimliliği ve kullanım ömrü üzerindeki etkisi ile ilişkilidir. Bu bağlamda hem çevrenin özellikleri hem de konut sakinlerinin

konut içindeki davranışları dikkate alınarak mimari çözümlerin geliştirilmesi gerekmektedir (Arshad 2020:14).

2.4.2. Çevresel Konfor Gereksinimleri

Bu gereksinim kategorisi, doğal havalandırmayı, doğal aydınlatmayı, nemi ve termal konforu içermektedir. Şekil 14'teki termal konfor değerlerine göre, Bağdat'ın konutları, sert iklim koşulları nedeniyle termal konfor ortamı tasarlamayı oldukça zorlaştıran dezavantajlı bir faktör olarak belirlenmektedir.

Ayrıca, 1990'lı yıllardan bu yana yaşanan durağan ve sürdürülebilir olmayan elektrik tedariki, bu sorunu daha da karmaşık hale getirmiştir. Dolayısıyla, Bağdat'taki insanlar, güvenilir bir elektrik kaynağı olmaksızın klima sistemlerini çalıştırmak zorunda kalmakta ve şiddetli iklim koşullarıyla başa çıkmakta güçlük çekmektedir. Bu bağlamda, tarihi konutlar, kentin kötü iklim koşullarına dayanabilmek amacıyla açık avlularla tasarlanmış, cephenin açıklıkları küçültülmüş ve yalıtım malzemesi kullanılmadığı için yüksek ısı kütlesi ile inşa edilerek konfor şartları bu şekilde sağlanmıştır (Arshad 2020:14).

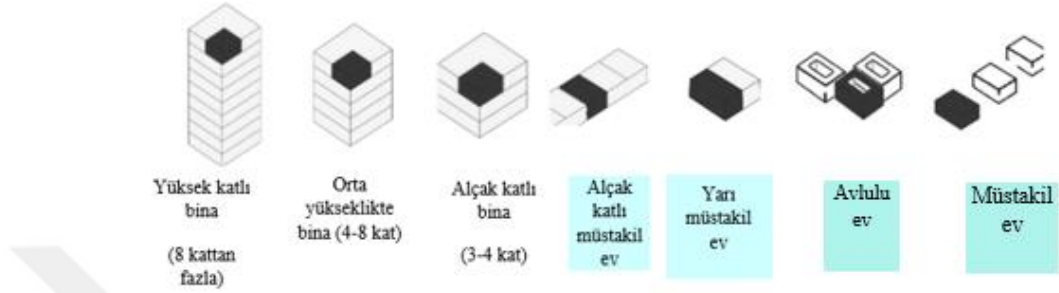


Şekil 14: Irak'taki termal koşullar ve ASHRAE konfor aralığı (Arshad 2020:15).

2.5. BAĞDAT'TA KONUT TİPOLOJİSİ

Irak'taki konut inşaatı uygulamaları kapsamında sıralı (teraslı) evler ve yarı müstakil evler, Irak'ta kullanılan yedi konut yapı modelinden ikisini oluşturmaktadır (Şekil 15). Bu iki tip tek aileli ev modeli, Irak'taki en yaygın yapı formları olarak kabul edilmektedir. Diğer bina modelleri arasında müstakil tek aileli evler, avlulu evler, alçak, orta katlı ve yüksek katlı çok aileli evler yer almaktadır. Çok aileli konut

tipleri, yeni inşa edilen konut birimleri arasında sınırlı bir paya sahiptir. 2016 yılında yapılan bir araştırmaya göre, inşa edilen tek aileli konutların toplam sayısı 6800 iken, çok aileli binaların toplam sayısı yalnızca 11'dir (Arshad 2020:19). Bu veriler ışığında, bu çalışma alçak katlı müstakil evler, yarı müstakil evler, avlulu evler ve müstakil evler üzerinde odaklanmaktadır.



Şekil 15: Irak'ta konut inşaatı modelleri(Arshad 2020:19)

Ahmed Ali (2020), farklı dönemlerin karşılaştırmalı değerlendirmesini uygulayarak ev tipolojisi, mekân ve görsel üslubundaki dönüşüm sürecini belirlemeyi ve modernitenin Bağdat'taki ev yapılarının bozulmasına veya iyileşmesine olan etkisini göstermeyi amaçlamıştır. Bu bağlamda, farklı dönemlere ait 10 adet ev seçilmiştir. Bağdat'ın konut tipolojisi, dönemsel olarak dört ana kategoriye ayrılmıştır.

2.5.1. Geç Osmanlı Dönemi: (1880-1917)-Geleneksel Konutlar

Bu dönemin konutları, geleneksel konut tipi olarak tanımlanmış ve Bağdat'ın sıcak kuru iklim özellikleri göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Pasif havalandırma sistemi, evaporatif soğutma sistemi ve yaşam alanlarının yer altına yerleştirilmesi sayesinde bu konutlar, yaz mevsimi boyunca ortam sıcaklığını kontrol edebilmiştir.

Mahremiyet sağlamak amacıyla içe dönük bir planlama, yerleşim alanlarıyla çevrili merkezi bir avlu ve inşaat malzemesi olarak çamur, alçı, tuğla ve ahşap bağlar gibi mimari özelliklere sahip konutlar olarak öne çıkmaktadır (Ali 2020:18).

2.5.2. İngiliz Mandası ve Kraliyet Hükümeti Dönemi: (1917-1958)-

Karma/Hibrit Konutlar

Bu dönemin konutları, karma veya hibrit konutlar olarak tanımlanmaktadır. Irak'ın İngiliz kolonizasyonu döneminin mimari etkisi nedeniyle, Bağdat kentinde genel olarak yatay yönlü bir büyüme gözlemlenmiştir. Bu durum, konutların alanlarının da genişlemesine yol açmıştır. Yeni tip konutların özellikleri arasında merkezi bir avlu ve dışa bakan pencereli cepheler yer almaktadır. Cumbalı pencereler, balkonlarla, eyvanlar misafir odalarıyla ve Kabshka ise depolarla değiştirilerek çelik ve betonarme gibi yeni inşaat yöntemleri ve malzemeleri kullanılmıştır (Ali 2020:22).

2.5.3. Cumhuriyet Dönemi: (1958-2003)-Villa Tipi Konutlar

Bağdat'ın konutları, yeni bir dönem olarak tanımlanabilmektedir; bu dönemde geleneksel konutlara benzemeyen yeni mahalleler ortaya çıkmıştır. Bu dönemde inşa edilen konutlar, villa tipi konutlar olarak bilinir ve geleneksel konut modelinin sonunu getirmiştir. Yabancı mühendisler ve mimarlar, o dönemin refahını yansıtmak amacıyla çağdaş büyük müstakil konutlar tasarlamıştır. İç mekanlar, genellikle büyük bir iç bahçeye veya açık alanlara yönlendirilmiştir. Bu konutlarda çimento, tuğla, çelik ve betonarme gibi modern malzemeler kullanılmıştır (Ali 2020:25).

2.5.4. Parlamento Dönemi: (2003-...)-Yeni/ Son Konutlardır

“Yaptırımlar döneminde mimarlık” olarak adlandırılabilir bir dönem, 2003 sonrası siyasi ve ekonomik değişikliklerin kentsel yasaları etkilemesiyle karakterizedir. Bu süreçte, büyük konutlar 72 m² veya 100 m²'lik alanlara bölünerek, iç bahçeleri küçük evlere dönüştürülmüştür. Bu durum, kentin estetiği üzerinde olumsuz etkiler yaratmıştır; örneğin, 200 metrekaarelik bir evin 100 metrekaarelik iki eve ayrılması, kentsel dokuda olumsuz sonuçlar doğurmuştur (Ali 2020:30).

2.6. ENERJİ SİMÜLASYON PROGRAMLARI

Mazzeo (2020), enerji simülasyon programlarının yaklaşık kırk yıl öncesine dayanan uzun bir geçmişe sahip olduğunu belirtmiştir. TRNSYS ve DOE-2, 1980 yılında kullanılmaya başlanan en eski simülasyon programlarından bazılarıdır. Çalışmada, inşaat sektörünün en popüler simülasyon programları olan EnergyPlus,

IDA ICE ve TRNSYS arasında hesaplama ve modelleme kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Roma'nın dış ortamına maruz kalan bir camlı duvar, iki farklı küçük ölçekli güneş test kutusu için deneysel araştırma amacıyla kullanılmıştır. İkinci modellemede, test kutuları geleneksel malzemelerle yalıtılmıştır. Her iki test kutusu, iç hava sıcaklığını tespit etmek için bir veri toplama sistemi ile donatılmıştır. Geometrik, hava durumu verileri, teknik ve ısı transferi parametrelerine bağlı olarak bu üç simülasyon aracının kapsamlı bir karşılaştırması sunulmaktadır.

Çalışma, IDA ICE'nin bir faz değişim malzemesi panelinin varlığında en yüksek genel doğruluğa ulaşacağını göstermiştir. TRNSYS modeli, test edilen üç araç arasında en düşük doğruluğu sergilemiştir. Her aracın kendine özgü avantajları ve dezavantajları bulunduğundan, EnergyPlus programı, ücretsiz olması, geniş bir kullanıcı kitlesine sahip olması ve akademik ile ticari çalışmalarda yaygın olarak kullanılması gibi nedenlerle bu çalışmada daha detaylı bir şekilde ele alınmıştır (Mazzeo vd. 2020:4).

2.6.1. EnergyPlus

Henninger (2004), EnergyPlus bina enerji simülasyon yazılımının Uluslararası Enerji Ajansı (HVAC BESTEST) testi kullanılarak değerlendirildiğini belirtmiştir. EnergyPlus'ın bölge yüklerini, soğutma bobini yüklerini, soğutma ekipmanının enerji tüketimini ve ortaya çıkan bölge ortamını tahmin etme yeteneği, değişen iç yükler ve dış ortam koşulları dâhil olmak üzere 14 vakadan oluşan bir test paketi aracılığıyla test edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda programın bazı hesaplama sorunları olduğu anlaşılmıştır; ancak HVAC BESTEST, EnergyPlus geliştiricilerine algoritma hatalarını belirleme ve simülasyon doğruluğunu iyileştirme fırsatı sunmuştur. Sonuç olarak, EnergyPlus Sürüm 1.0.3.019'un, bir dizi HVAC ekipmanı yük spesifikasyonunu modellemek için kullanıldığı ve analitik çözümler açısından oldukça temsili olduğu gösterilmiştir (Henninger vd.2004:856).

Mateus ve diğerleri (2014), eğitimli bir termal simülasyon mühendisinin doğal olarak havalandırılan çift katmanlı bir cepheye bağlı bir odanın simülasyonunu inceleyerek bekleyebileceği tipik hassasiyetle ilgili bir termal simülasyon doğrulama çalışması sunmaktadır. Çalışmada, açık kaynaklı bina termal simülasyon aracı EnergyPlus kullanılarak, serbest çalışan ve hava koşullarına maruz kalan bir test hücresinde hava ve yüzey sıcaklıkları incelenmiştir. Doğrulama sonuçları, test edilen

bina termal simülasyon modelinin, simülasyon ve deney arasında iyi bir uyumla, çalışan bir çift katmanlı cephe binasının iç sıcaklıklarını tahmin edebildiğini göstermektedir. Hava ve radyant sıcaklıktaki ortalama simülasyon hatası 1,4 °C olarak belirlenirken, ortalama günlük maksimum hata 2,5 °C'dir. Elde edilen sonuçlar, bu iki tip binanın modellenmesinde EnergyPlus kullanımına olan güvenin artmasına katkı sağlayacaktır (Mateus vd. 2014:512).

Çetin ve diğerleri (2019), özel bir enerji yönetim sistemi kullanan EnergyPlus'ta küçük konut bina uygulamalarına yönelik bir açma/kapama kontrol cihazının geliştirilmesi ve doğrulanmasını ortaya koymuştur. Açık/kapalı enerji yönetim sistemi ile elde edilen sonuçlar saha verileriyle karşılaştırılmıştır. Açma/kapama enerji yönetim sisteminin uygulanması, bölge ortalama hava sıcaklığı, soğutma elektrik gücü, besleme havası sıcaklığı ve bölge havası bağıl nemi açısından simülasyonların doğruluğunu önemli ölçüde artırmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, dahili yükler soğutma yükünün önemli bir bileşeni olduğu sürece, açma/kapama döngü modellemesine sahip bir dakikalık dahili yük çizelgesinin gerçek verilerle karşılaştırıldığında en yüksek doğruluğu sağladığı sonucuna ulaşılmıştır (Cetin vd. 2019:468).

EnergyPlus simülasyon programının avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlardan biri, binaların üç boyutlu modellenmesine imkân veren bir modelleme arayüzünün olmamasıdır; bu durum, programın kullanımını oldukça zorlaştırmaktadır. EnergyPlus'ı karmaşık bir program haline getiren bu eksikliklere rağmen, yaygın olarak kullanılmasına olanak tanıyan çeşitli yardımcı programlar mevcuttur. Bu yardımcı programlar, EnergyPlus'ın eksikliklerini giderirken, aynı zamanda binaların enerji analizi ile ilgili başka işlevler de sunabilmektedir.

2.6.2. Yardımcı Yazılımlar

Yardımcı yazılımlar, EnergyPlus'ın diğer programlara entegre edilmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda, enerji simülasyonu hesaplamaları yapan bina enerji simülasyon programları, EnergyPlus'a yönelik yardımcı programlar olarak tanımlanabilir. OpenStudio, DesignBuilder, Ecotect, VIP Energy ve daha birçok program, en yaygın kullanılan yardımcı yazılımlar arasında yer almaktadır. Tablo 8'de gösterildiği gibi, bu programların tümü, simülasyon sonuçlarının

görselleştirilmesine olanak tanıyan ve iklimlendirme sistemlerinin yanı sıra bina geometrilerinin EnergyPlus'a tanıtılmasını kolaylaştıran bir arayüze sahiptir.

Tablo 8: EnergyPlus'ın Yardımcı yazılımları Karşılaştırma (Henninger vd.2004)

Energy Plus				
Özellikler	Open Studio	Design Builder	Ecotect	VIP-Energy
ücretsiz, açık kaynak	x			
Termal yüklerin simülasyonu	x	x	x	x
Saatlik enerji hesaplamaları	x	x	x	x
Saat altı enerji hesaplamaları	x		x	
Zeminlerin, duvarların ve çatıların tam geometrik açıklaması	x	x	x	x
Bina geometrisini CAD uygulamalarından içe aktarma	x	x	x	x
Nem emiliminin/salımının hesaplanması	x	x	x	x
İnsan termal konforu	x	x	x	x
Kapsamlı hava durumu bilgisi	x	x	x	x
Topraktan ısı transferi	x	x		x
Aydınlatma ve doğal aydınlatma kontrolleri	x	x	x	x
HVAC sistemlerinin konfigürasyonu	x	x	x	

Simülasyon programı, üretilen enerji modeli ile yalnızca seçilen konutların mevcut durumunun performans kriterlerini ölçmekle kalmaz, aynı zamanda performansı iyileştirmek için alternatif ısıtma ve soğutma iyileştirme stratejilerinin geliştirilmesine ve araştırılmasına olanak tanıyan bir "deney kutusu" işlevi görmektedir.

2.6.3. İklim Verisi Programları

EnergyPlus, simülasyonlarda mevcut ve gelecekteki iklim koşullarını temsil eden EPW formatlı dosyaların oluşturulması için başka bir programa ihtiyaç duymaktadır. Bu bağlamda, geleceğin iklim veri dosyalarını üreten programlar araştırılmış ve Tablo 9'da karşılaştırılmıştır.

CCWorldWeatherGen aracı, Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) Üçüncü Değerlendirme Raporu'nun küresel dolaşım modellerinin özet verilerini kullanarak, tipik bir meteorolojik yılı temsil eden istatistiksel 8760 saatlik iklim veri dosyalarını (EPW formatında) gelecek yıllar için modifiye etmektedir. CCWorldWeatherGen, EnergyPlus Hava Durumu (EPW) formatına uygun standart dosya geçiş prosedürünü yürütmek için temel hava durumu verileri sağlamaktadır. Kullanıcıların dünya genelindeki konumlar için gelecekteki hava durumu dosyalarını oluşturan ücretsiz bir programdır ve üç zaman diliminde çalışmaktadır: Temel dönem (1961-1990) dikkate alınarak 2011-2040 ("2020'ler"), 2041-2070 ("2050'ler") ve 2071-2100 ("2080'ler") (Akköse vd. 2023:2073).

WeatherShift™ aracı, IPCC'nin beşinci değerlendirme raporu (AR5) kapsamında temsili konsantrasyon yolları (RCP'ler) olarak belirlenen yeni "kıyaslama emisyon senaryoları"na dayanarak geliştirilmiştir. Arup ve Argos Analytics tarafından geliştirilen bu araç, AR5'te mevcut olan yaklaşık 40 küresel iklim modelinden (GCM) 14'ünün sonuçlarına dönüşüm prosedürü uygulamaktadır. WeatherShift™, iki RCP emisyon senaryosu (RCP4.5 ve RCP8.5) doğrultusunda üç farklı zaman dilimi için geleceğe yönelik iklim projeksiyon verileri sunmaktadır: 2026-2045 ("2035'ler"), 2056-2075 ("2065'ler") ve 2081-2100 ("2090'lar"). Bu projeksiyonlar, 1976-2005 dönemini referans alarak gelecekteki iklim koşullarını modellemektedir. (Moazami vd. 2017:642).

Meteonorm, temel iklim değişkenlerinin uzamsal enterpolasyonu ve stokastik bir hava durumu üretici sistemi ile donatılmış bir iklim veri tabanıdır. Bu özellikler sayesinde, dünyanın herhangi bir bölgesi için saatlik hava durumu verileri üretilebilmekte ve bu veriler bina performans simülasyonlarında girdi olarak kullanılabilir. Meteonorm tarafından sağlanan hava durumu değişkenleri arasında yer seviyesinde yatay bir düzlemde ölçülen küresel ışıınım, kuru termometre sıcaklığı, çiy noktası sıcaklığı ve rüzgâr hızı yer almaktadır. Araç, aynı zamanda iklim değişikliği çalışmaları için de kullanılabilir. IPCC'nin dördüncü

değerlendirme raporu (AR4) kapsamında sunulan küresel iklim modelleri (GCM'ler), 2010-2100 yılları arasında 10 yıllık aralıklarla farklı emisyon senaryolarına (B1, A1B ve A2) dayalı olarak gelecekteki hava durumu verilerini oluşturmak amacıyla Meteonorm'a entegre edilmiştir (P.tootkaboni vd. 2021:6).

AIRCC-Clim aracı, iklim değişikliği çalışmalarında kullanılan önemli bir simülasyon aracıdır. Bu araç, IPCC'nin beşinci değerlendirme raporu (AR5) kapsamındaki küresel iklim modellerini (GCM'ler) temel alarak, 2005-2100 yılları arasındaki dönem için farklı emisyon senaryolarına (RCP8.5, RCP6, RCP4.5 ve RCP2.6) dayalı olarak gelecekteki hava durumu verilerini üretmektedir (Estrada vd. 2022:3).

Tablo 9: İklim Verisi Analiz Eden Programları Karşılaştırma (Moazami vd. 2017)

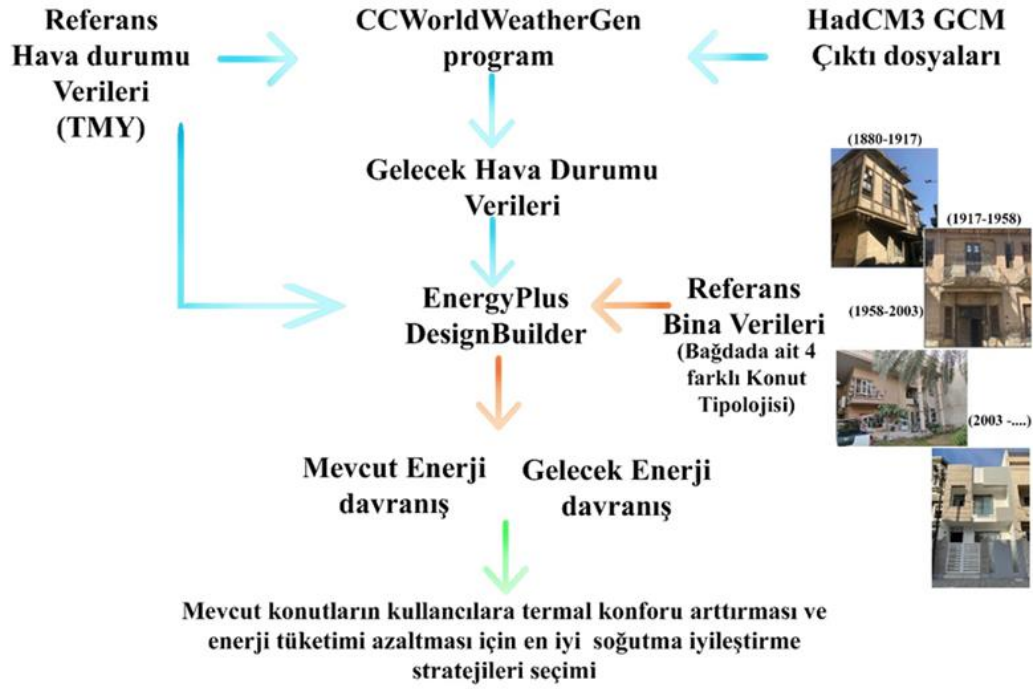
	CCWorldWeather Gen	WeatherShift TM	Meteonorm	AIRCC- Clim
ücretsiz, açık kaynak	x		x	
Öngörüle n zaman dilimleri	2020, 2050, 2080	2035, 2065, 2090	2010- 2100	2005–2100
IPCC Raporu	AR3 (2001), AR4 (2007)	AR5 (2014)	AR4(2007)	AR5 (2014)
GCM (ler)	HadCM3	14 model		MAGICC ve TCM
IPCC emisyon senaryosu (ları)	A2	RCP4.5, RCP8.5	B1, A1B, ve A2	RCP8.5, RCP6, RCP4.5 ve RCP2.6
Ölçek küçültme yöntemi	Dönüşüm (Morphing)	Dönüşüm (Morphing)	Stokastik (stochastic)	Stokastik (stochastic)
Referans dönemi	1961-1991	1976-2005	2000 – 2019	2005-2014

BÖLÜM III

MATERYAL VE METOT

Sıcak ve kuru iklim bölgelerinde mevcut konutların, gelecekteki iklim değişikliği ile birlikte kullanıcı konforu ve enerji verimliliğini ele alan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu nedenle, bu çalışma kapsamında örnek olay olarak seçilen Bağdat kentinde, dönemlerine göre ayakta kalan, halen kullanılan ve kayıtları tutulan beş adet konut seçilmiştir. Seçilen konutlar, Geç Osmanlı Dönemi (1880-1917), İngiliz Mandası ve Kraliyet Hükümeti Dönemi (1917-1958), Cumhuriyet Dönemi (1958-2003) ve Parlamenter Dönem (2003-...) olmak üzere dört farklı dönem üzerinde incelenmiştir (Ali 2020:16).

Bu araştırmada, Şekil 16'da gösterildiği üzere, CCWorldWeatherGen programı kullanılarak Bağdat şehrinin gelecekteki iklim verileri üretilmektedir. Çalışmada, daha önce seçilen az katlı, müstakil ve dört farklı tipolojiye sahip mevcut konutlar, örnek olay modelleri olarak belirlenmiş ve DesignBuilder/EnergyPlus simülasyon yöntemi ile analiz edilmiştir. Ardından, kaynak taraması ve Climate Consultant programı doğrultusunda seçilen ısıtma ve soğutma iyileştirme stratejileri, bu örnek olay modellerine uygulanmış ve modeller yeniden simüle edilmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre yapılan enerji performansı hesaplamaları ile sıcak ve kuru iklim bölgelerinde kullanıcılara ısı konfor sağlayacak iyileştirme stratejileri belirlenmiş ve gelecekte neredeyse sıfır enerjili konut tasarımı için bir kılavuz olarak sunulmuştur.



Şekil 16:Araştırma metodoloji

Bu bölümde, Tablo 10’da gösterildiği gibi, mevcut konutlarda tespit edilen sorunların iyileştirilmesine yönelik uygulanabilecek stratejiler ele alınmaktadır. Araştırma kapsamında, yapı kabuğu ve soğutma stratejileri ile ilgili kaynak taraması sonucu belirlenen sorunların çözüm aşamaları da bu bölümde tartışılmaktadır.

Birinci aşamada, simülasyon çalışmaları için dört farklı tipoloji ve döneme ait konutlar seçilmiştir: Geç Osmanlı Dönemi (1880-1917) Geleneksel Konutlar, İngiliz Mandası ve Kraliyet Hükümeti Dönemi (1917-1958) Karma/Hibrit Konutlar, Cumhuriyet Dönemi (1958-2003) Villa Tipi Konutlar ve Parlamenter Dönem (2003-...) Yeni/Son Konutlar. Seçilen az katlı konutlar, yapı kabuğu ve kullanılan soğutma stratejileri açısından kaynak taraması yapılarak analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda, soğutma stratejilerinin yalnızca yüksek enerji tüketimine dayanan aktif soğutma yöntemlerine bağlı olması ve bölgeye uygun olmayan yapı kabuğu malzemeleri ile yalıtım eksiklikleri gibi uygulama hataları not edilmiştir.

Seçilen bölgenin iklim koşulları detaylı bir şekilde incelenmiş, mevcut ve gelecekteki enerji tüketimini hesaplamak amacıyla CCWorldWeatherGen programı kullanılarak 2020, 2050 ve 2080 yıllarına ait iklim verileri oluşturulmuştur.

Bu verilerle, belirlenen konutların enerji tüketimleri analiz edilmiştir. Kaynak taraması ve Climate Consultant programı ile, bölgedeki konutlar için uygun iyileştirme stratejileri belirlenmiştir. Bu stratejiler, yapı kabuğunda uygulanacak alanlara göre sistematik olarak kategorize edilmiştir.

Birinci strateji (ST.1), konutların yapı kabuğunda kullanılan malzemelerin değiştirilmesini ve U değerlerinin %50'den fazla iyileştirilmesini içermektedir. İkinci strateji (ST.2), iki kısımdan oluşmaktadır: (ST.2.a.) cephenin açıklık (kapı ve pencereler) boyutlarının azaltılması ve kullanılan cam tiplerinin iyileştirilmesi; (ST.2.b.) cephenin pencerelerinde kullanılan camların iyileştirilmesi.

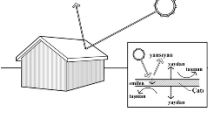
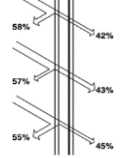
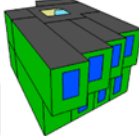
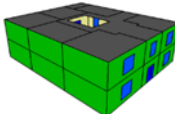
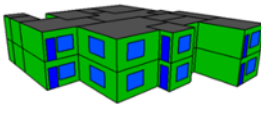
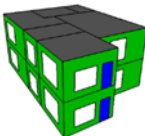
Seçilen konutlar, 2020, 2050 ve 2080 yıllarındaki iklim koşulları altında mevcut halleriyle DesignBuilder programı kullanılarak simüle edilmiş ve bu simülasyon sonuçları değerlendirilmiştir. Ardından, belirlenen iyileştirme stratejileri uygulanarak yeniden simülasyon hesaplamaları yapılmış ve enerji tüketimindeki değişim oranları karşılaştırılmıştır.

Araştırmanın sonucunda, mevcut konutların ısıtma ve soğutma enerji tüketimleri hesaplanmış, kıyaslamalı analizlerle hem günümüzde hem de gelecekte enerji talebinin azaltılması için stratejik öneriler geliştirilmiştir.

Tablo 10: Çalışmanın yöntemi

1.Aşama	    Geç Osmanlı Dönemi (1880-1917) İngiliz Mandası ve Kraliyet Hükümeti Dönemi (1917-1958) Cumhuriyet Dönemi (1958-2003) Parlamente Dönemi (2003-...) Seçilen bölgede dört farklı döneme ait dört mevcut az katlı konut seçilmiştir.
2.Aşama	  CCWorldWeatherGen iklim veri program 2020, 2050 ve 2080 yıllara ait iklim analizi Konutların şimdiki ve geleceğin enerji tüketimlerini hesaplamak için CCWorldWeatherGen 2020, 2050 ve 2080 yılların iklimsel veri analiz eden bir program kullanılmıştır.

Tablo 10'un devamı

3.Aşama	   1.Yapı kabuğun U değerlerini azalması 2.a. Açıklıkların yeniden boyutlandırması 2.b. Açıklıkların malzeme değişimleri Kaynak taraması sonucunda ve Climate Consultant adlı bir programdan, seçilen bölgenin konutların iyileştirmesi için uygun uygulamalar seçilmiştir.
4.Aşama	    Geleneksel Konut Karma/Hibrit Konut Villa Tipi Konut Yeni/ Son Konut DesignBuilder simülasyon programı kullanarak konutların iyileştirme stratejileri uygulamanın öncesi ve sonrası enerji tüketimin hesaplamaları yapılarak değerlendirmeler yapılmıştır.
5.Aşama	Mevcut konutların ısıtma ve soğutma enerji tüketimleri iyileştirme stratejileri uygulamanın öncesi ve sonrası kıyaslamalı analiz yapılarak tartışılmaktadır.

3.1. KONUTLARIN BİLGİLERİ

Bu çalışmada, sıcak ve kurak iklim bölgelerinde yer alan mevcut konutların soğutma enerji performansını belirlemek ve güncel yönetmelikler çerçevesinde iyileştirme stratejilerini uygulamak amaçlanmaktadır. Mevcut uygulamaların enerji performansı, önerilen iyileştirme stratejileri ile kıyaslanarak analiz edilmektedir.

Simülasyon çalışması için Bağdat şehri seçilmiş ve dört farklı tipoloji ile dönemlere ait konutlar incelenmiştir: Geç Osmanlı Dönemi (1880-1917) Geleneksel Konutlar, İngiliz Mandası ve Kraliyet Hükümeti Dönemi (1917-1958) Karma/Hibrit Konutlar, Cumhuriyet Dönemi (1958-2003) Villa Tipi Konutlar ve Parlamenter Dönem (2003-günümüz) Yeni/Son Konutlar. Her bir konutun planları, cepheleri, kullanılan yapı malzemeleri ve soğutma stratejileri analiz edilmiştir. Kaynak taraması sonucunda tespit edilen yapı kabuğu ve soğutma stratejilerine yönelik eksiklikler not edilmiş, özellikle yüksek enerji tüketen aktif soğutma yöntemlerinin

yoğun kullanıldığı ve bölgeye uygun yapı malzemeleri ile yalıtımların yetersiz olduğu belirlenmiştir. Seçilen örnek olayların detayları, yapı malzemeleri ve soğutma stratejileri ile ilgili analizler araştırmanın dördüncü bölümünde ele alınmıştır.

Mevcut konutlar, dört farklı dönem temelinde incelenmiştir: Geç Osmanlı Dönemi (1880-1917) Geleneksel Konutlar, İngiliz Mandası ve Kraliyet Hükümeti Dönemi (1917-1958) Karma/Hibrit Konutlar, Cumhuriyet Dönemi (1958-2003) Villa Tipi Konutlar ve Parlamenter Dönem (2003-günümüz) Yeni/Son Konutlar. Her döneme ait bir konutun planları, cepheleri, kullanılan yapı malzemeleri ve soğutma stratejileri detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Bu bölümde, kaynak taraması ve sahada çekilen fotoğraflar ile AutoCAD programında çizilen planlar kullanılarak konutların özellikleri açıklanmıştır.

Bağdat'ta tek aileli konutlar arasında en yaygın olanı sıra evlerdir. Bu sebeple, çalışmada farklı yapı dönemlerinden yarı müstakil veya sıra evler arasından birer örnek seçilmiştir. Bu evlerin mevcut ve gelecekteki iklim koşulları altındaki performanslarını anlamak amacıyla her örnek, DesignBuilder simülasyon programı ile analiz edilmiştir. Daha sonra, her tipolojideki konutlara, aynı iklim koşulları altında pasif soğutma yöntemleri uygulanmış ve bu yöntemlerin enerji performansına etkisi incelenmiştir.

3.1.1. Geç Osmanlı Dönemi: (1880-1917)-Geleneksel Konutların örneği

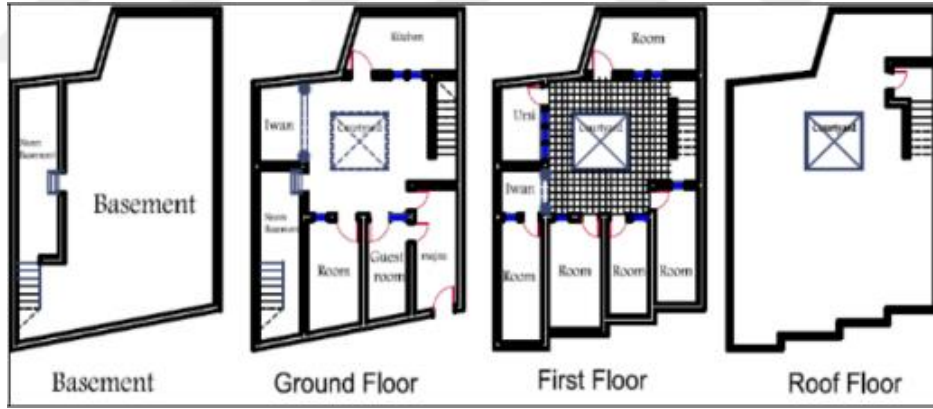
Bu dönemin konut tipleri geleneksel olup, düzensiz ve kendine özgü bir tasarım karakterine sahiptir (Şekil 17). Örneğin, Sami Al-Tuhafi'nin 1912'de inşa ettiği, 90 m²'lik bir konut bu tip konutlara örnek olarak verilebilir. Bu konutlar, Tablo 11'de gösterildiği gibi, bodrum kat, zemin kat, birinci kat ve asma kattan oluşmaktadır. Konutların mahremiyetini sağlamak amacıyla, içe dönük bir merkezi avluya açılmaktadır. Bu avlu, doğal havalandırmayı sağlayan bir pasif soğutma stratejisi olarak işlev görmektedir.

Geleneksel evlerde kullanılan ikinci bir soğutma stratejisi ise, sokağa bakan cephelerde yer alan ahşap cumbaların kullanılmasıdır. Bu cumbalar, altta bulunan açıklıkların üzerine güneş kırıcı olarak yerleştirilmiş olup, aynı zamanda daha özel iç mekanlar yaratmak amacıyla pencerelerde ahşap kepenkler kullanılmıştır. Ahşap kepenkler, güneş ışınlarını kıran bir eleman olarak da işlev görmektedir (Şekil 18).

Geleneksel konutlarda hem mahremiyet sağlamak hem de ortada yer alan açık avluyu oluşturmak amacıyla yatay sirkülasyon tamamen iç mekâna yönlendirilmiştir. Giriş, bir koridor aracılığıyla sağlanarak, ev sakinlerinin yabancıların bakışlarından korunması hedeflenmiştir. Misafir odaları cepheye bakan kısımda yer alırken, ailenin özel alanları evin diğer kısımlarında yer almaktadır (Ali 2020:48)



Şekil 17: Geleneksel Konutların örneği fotoğrafı (Ali 2020:49).



Şekil 18: Geleneksel Konutların örneği planı (Ali 2020:48).

3.1.2. İngiliz Mandası ve Kraliyet Hükümeti Dönemi: (1917-1958)-

Karma/Hibrit Konutların örneği

Bu dönemin konutları İngiliz tarzı olup, batı medeniyetinden etkilenmiştir (Şekil 19). Örneğin, Sami Abdul Al-Rasheedy'nin 1942'de inşa ettiği, 300 m² alana sahip bir konut bu tip konutlara örnek olarak verilebilir. Bu konutlar, Tablo 11'de gösterildiği gibi, bodrum kat, zemin kat, birinci kat ve çatı katı olmak üzere üç veya dört kattan oluşmaktadır. Bu dönemde, önceki dönemlerin aksine, konut

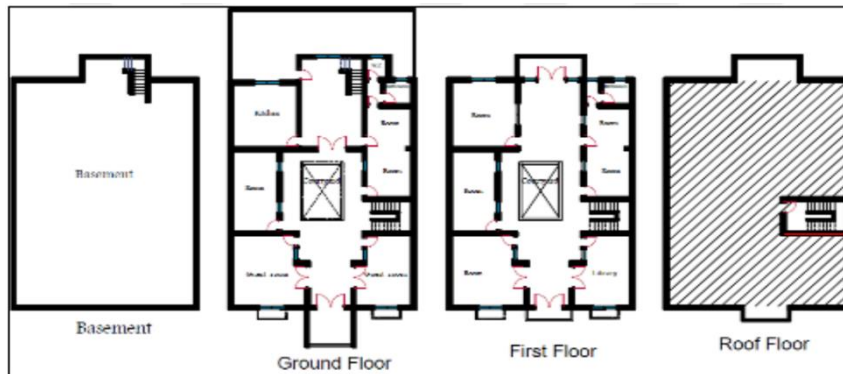
mahremiyetine ve içedönük tasarım anlayışına daha az önem verilmiş, bunun yerine dışa dönük tasarımlar tercih edilmeye başlanmıştır.

Bu değişim doğrultusunda merkezi avlu kullanımına devam edilmekle birlikte, avluya arkadan açılan bir bahçe eklenmiştir. Bu bahçe, doğal havalandırmayı sağlayan pasif bir soğutma stratejisi olarak değerlendirilmektedir. Geleneksel evlerden farkı, sokağa bakan cephelerde artık ahşap cumbaların kullanılmaması, bunun yerine çıkıntılı balkonların tasarlanmasıdır. Ancak bu balkonlar, alttaki açıklıkların üzerine güneş kırıcı olarak işlev görmeye devam etmektedir. Pencerelerde hala ahşap kepenk kullanılması da güneş kırıcı bir unsur olarak kabul edilmektedir.

Şekil 20'de gösterildiği gibi, bu dönemin konutlarında yatay sirkülasyon avluya doğru yönlendirilmiştir. Sokağa bakan odalar misafir mekanları olarak kullanılırken, diğer alanlar ailenin özel alanları olarak ayrılmıştır (Ali 2020:73)



Şekil 19: Karma/Hibrit Konutların örneğin fotoğrafı (Ali 2020:73).



Şekil 20: Karma/Hibrit Konutların örneğin planı (Ali 2020:73).

3.1.3. Cumhuriyet Dönemi: (1958-2003)-Villa Tipi Konutların örneği

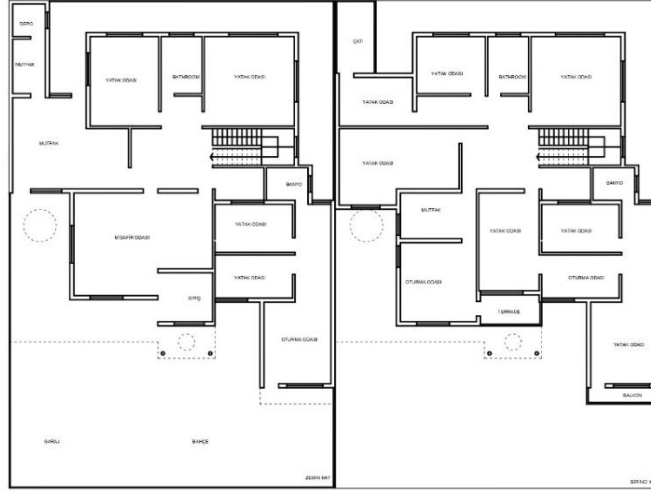
Bu dönemin konutlarının cepheleri, çevreleyen bahçeye bakacak şekilde tasarlanmış olup, önceki dönemlerdeki doğrudan sokağa bakan girişlerden tamamen farklıdır (Şekil 21). Önceki iki dönemle kıyaslandığında, bu dönemin konutlarında pencere boyutları büyümüş, cephe tasarımları daha modern hale gelmiş ve geniş alan kullanımı öne çıkmıştır. Modernizmin kavramı bu konutlarda net bir şekilde kendini göstermektedir. Örnek olarak, Falih Al-Somaidae tarafından 1977'de inşa edilen 600 m²'lik bir konut bu tipolojiye örnek olarak verilebilir.

Bu konutlar, Tablo 11'de gösterildiği gibi giriş kat, zemin kat ve çatı katı olmak üzere üç kattan oluşmaktadır. Bu dönemin konutlarında, önceki dönemlerdeki açık avlu anlayışı terk edilerek, avlular kapalı yaşam alanları olarak kullanılmaya başlanmıştır. Dönemin konutları genellikle üç temel alandan oluşur: birinci alan bahçeye açılan giriş, ikinci alan bahçeye bakan misafir odası, üçüncü alan ise ailenin özel yaşam alanlarıdır.

Şekil 22'de gösterildiği gibi, bu dönemin konutları geniş bir alana sahip olup iki ayrı yatay sirkülasyon sistemine sahiptir: biri aile bireyleri için, diğeri misafirler için ayrılmıştır. Ayrıca, bodrum katın kaldırılmasıyla birlikte ikinci bir merdiven kullanımına ihtiyaç kalmamış ve zemin katı diğer katlarla bağlayan tek bir merdiven tercih edilmiştir. Bu düzenleme, mekansal kullanımın daha etkin ve modern bir yaklaşımla planlandığını göstermektedir.



Şekil 21: Villa Tipi Konutların örneğin fotoğrafı



Şekil 22: Villa Tipi Konutların örneği planı

3.1.4. Parlamento Dönemi: (2003-...)-Yeni/ Son Konutların örneği

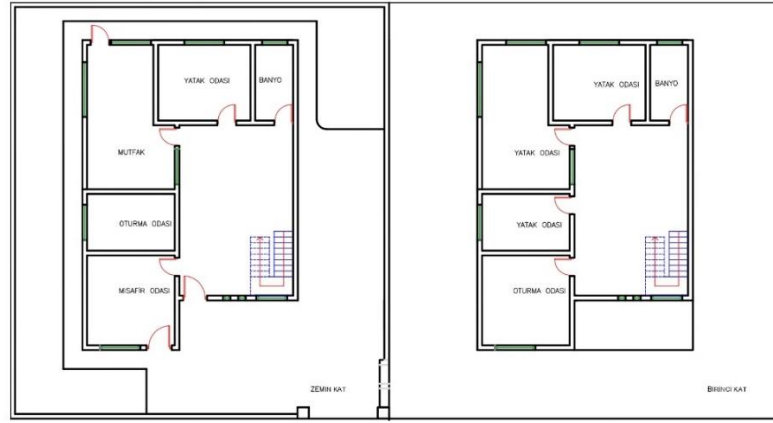
Bu dönemin konutları, önceki dönemin geniş konutlarının birkaç küçük konuta bölünmesiyle tasarlanmış olup, genellikle küçük, dar ve dikdörtgen yapılar şeklindedir (Şekil 23 ve 25). Al-Qaisi tarafından inşa edilen 100 m²'lik bir konut ile Al-Somaidae tarafından yapılan 400 m²'lik konut örnek olarak gösterilebilir. Bu konutlar, Tablo 11'de belirtildiği gibi zemin kat, birinci kat ve çatı katı olmak üzere üç kattan oluşmakta, bazen ikinci kat eklenerek dört katlı hale gelmektedir.

Bu dönemin konutlarının yatay sirkülasyonu tek bir eksen etrafında düzenlenmiştir ve bu alan hem aile bireyleri hem de misafirler tarafından kullanılmaktadır. Merdivenler, konutların küçük alanlarıyla uyum sağlamak amacıyla küçük bir alanda tasarlanmıştır. (Şekil 24 ve 26).

Konutlarda mahremiyet kavramı azalırken, misafir odası hem aile oturma odası olarak hem de misafir kabul odası olarak işlev görmektedir. Diğer alanlar ise mutfak ve yatak odası gibi özel kullanım alanlarına ayrılmıştır. Bu tasarım, yaşam alanlarının çok yönlü kullanımını teşvik ederek alan verimliliğini artırmaktadır.



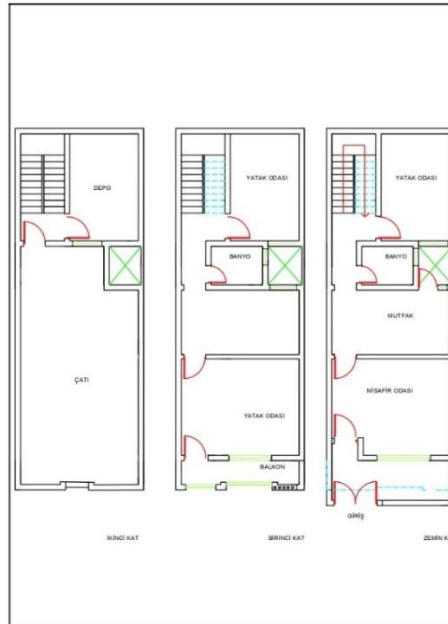
Şekil 23: Yeni/ Son Konutların örnek 1 fotoğrafı



Şekil 24:Yeni/ Son Konutların örnek 1 planı



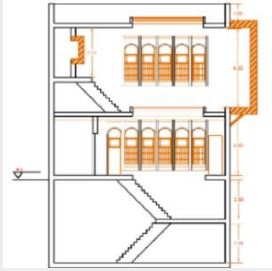
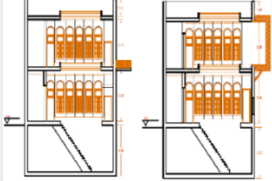
Şekil 25:Yeni/ Son Konutların örnek 2 fotoğrafı



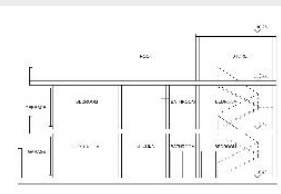
Şekil 26: Yeni/ Son Konutların örnek 2 planı

Irak'ta sürdürülebilir kalkınma için bağlayıcı mevzuat ve yasalar mevcut değildir (Altaie, 2022:724). Kaynak taraması ve mühendislerin görüşleri, sürdürülebilirlik ilkelerinin Irak inşaat mevzuatına yeterince entegre edilmediği konusunda net bir mutabakat sağlamaktadır. Bu durum, inşaat yönetmeliklerinde bir eksiklik ve belirgin bir sınırlamayı temsil etmektedir (Mansor 2023:14). Buna bağlı olarak, Tablo 12'deki verilere göre, Bağdat'taki mevcut konutların inşaat malzemeleri, iklim koşullarına uygun olmayan ve U değerleri oldukça yüksek malzemelerden oluşmaktadır.

Tablo 11: Örnek Olayı Konutların Kullanılan Soğutma Stratejiler

Konut Türü	Cephe Sayısı	Cephe Malzemeleri	Cephe Tanımı	Soğutma Stratejileri	Mevcut haliyle kullanılan enerji türü (HVAC)
Geleneksel Konutlar	 İki cephesi vardır. Birinci cephe dış cephe olup sokağa bakan ve ikinci cephe iç cephe olup orta avluya bakan cephedir. (Ali 2020:118)	Dış cepheleri ahşap Cumbalar ile kapatılmaktadır	Giriş katta pencere bulunmaz ve Birinci katta ise caddeye bakan cumbalar vardır.	Orta avlu ya da orta iç bahçe. Ahşap Güneş kırıcıları.	Elektrik
Hibrit konutlar	 Üç cephesi vardır. Hem sokağa bakan hem de iç avluya bakan cephelerdir. (Ali 2020:152)	Büyük balkonları ve dış cepheleri ahşap Cumbalar ile kapatılmaktadır	Hem giriş katların da dışarı bakan Pencereler var hem de birinci katta büyük balkon şeklinde vardır.	Orta avlu ya da orta iç bahçe. Ahşap Güneş kırıcıları.	Elektrik

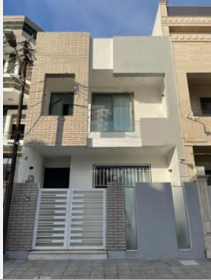
Tablo 11'in devamı

Villalar/ Konaklar	 Birkaç cephesi vardır. Hepsini konutu çevreleyen bahçe ve Caddeye bakar.	Büyük dışa bakan balkonları yapılmaktadır .	Giriş katlarında bahçeye bakan pencereler var ve birinci katta büyük balkon Bulunur.	Ön ya da ön ve arka bahçeleri. Yapay soğutma ve ısıtma sistemleri	Elektrik
Yeni/ Son Konutlar	 Dar ve tek bir cephe sahiptir. Direk caddeye bakan cephedir.	Küçük dışa bakan balkonları yapılmaktadır .	Giriş katlarda hemen dış cepheye bakan pencereler vardır. 1. ve 2. Katlarda ise küçük balkonlar bulunur	Yapay soğutma ve ısıtma sistemleri	Elektrik

Tablo 12: Mevcut Konutların Kabuğu Kullanılan Malzemeleri

Yapı Dönemi ve Türü	Kabuk Tipi	Yapı Bileşeni	Kullanılan Malzeme	Toplam U- değeri (W/m²K)
Geç Osmanlı Dönemi (1880-1917)	Yalıtımsız	Duvarlar	Alçı Çamur Tuğla 24cm Ahşap	1.98
Geleneksel konut (1912)		İç Duvarları	Tuğla 12cm	1.62
		Pencere	Tek Cam	5.7
		Pencere çerçevesi	Ahşap	3.6
		Taban	Tuğla 6cm Kil 40cm	1.8
		Tavan	Tuğla 12cm Ahşap 10cm	1.11
		Çatı	Kil 30cm Straw 5cm Ahşap 20cm	0.9
İngiliz Mandası ve Kraliyet Hükümeti Dönemi (1917-1958)	Yalıtımsız	Duvarlar	Alçı Çimento Tuğla Demir bağlantılar	1.98
Karma/ Hibrit Konut (1942)		İç Duvarları	Tuğla	1.62
		Pencere	Tek Cam	5.7
		Pencere çerçevesi	Ahşap	3.6
		Taban	Tuğla 6cm Kil 40cm	1.8
		Tavan	Tuğla 12cm Ahşap 10cm	1.11
		Çatı	Kil 30cm Straw 5cm Ahşap 20cm	0.9

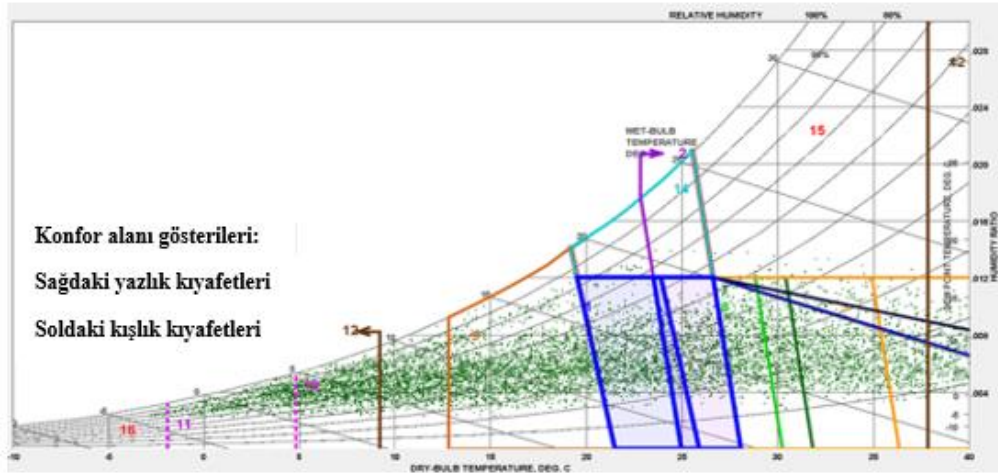
Tablo 12'nin devamı

Cumhuriyet Dönemi: (1958-2003)	Yalıtımsız	Duvarlar	Alçı 2.5cm Tuğla 25cm Harç 2.5cm Mermer 3cm	1.67
Villa konut (1977)		İç Duvarları	Alçı 2.5cm Tuğla 15cm Alçı 2.5cm	1.77
		Pencere	Tek cam	5.7
Ve		Pencere çerçevesi	Alüminyum	5.8
Parlamentar Dönem (2003-....)		Taban	Mermer fayans 3cm Betonarme 40cm Grobeton 20cm Alt taban 10cm Çakıl 30cm	0.47
Yeni/ Son Konutlar		Tavan	Mermer fayans 3cm Betonarme 30cm Alçı 2.5cm	1.85
1- (2024)		Çatı	Beton fayans 4cm Mastik asfalt su yalıtımı 2cm Betonarme 20cm Alçı 2.5cm	3.03
				
2- (2022)				
				

3.2. İKLİM VERİSİ

İklim verisi analizi, üç ana adıma ayrılmıştır. İlk olarak, CCWorldWeatherGen programı kullanılarak Bağdat şehrinin sıcaklık, nem ve güneş radyasyonu verilerine dayanan gelecek iklim verileri analiz edilmektedir.

Farklı yaş ve tercihlere sahip dört kişiden oluşan bir aile üzerinden, Şekil 27'de gösterildiği gibi, Climate Consultant programı aracılığıyla konfor bölgeleri ve enerji tüketimi senaryoları incelenmiştir. Bu ailenin davranışları, Bağdat'taki dört farklı konut tipolojisinde değerlendirilecektir. Konutlar, iki farklı durum altında incelenmektedir: ilki mevcut durum, diğeri ise sürdürülebilir stratejilerle yenilendikten sonraki durumdur. Ailenin ısıl konforu, Tablo 13'teki ISO 7730 standart değerleri doğrultusunda, aynı evlerde iki farklı koşulda test edilmektedir.



Şekil 27: ASHRAE 55 standardına göre Bağdat'ın psikometrik şeması.

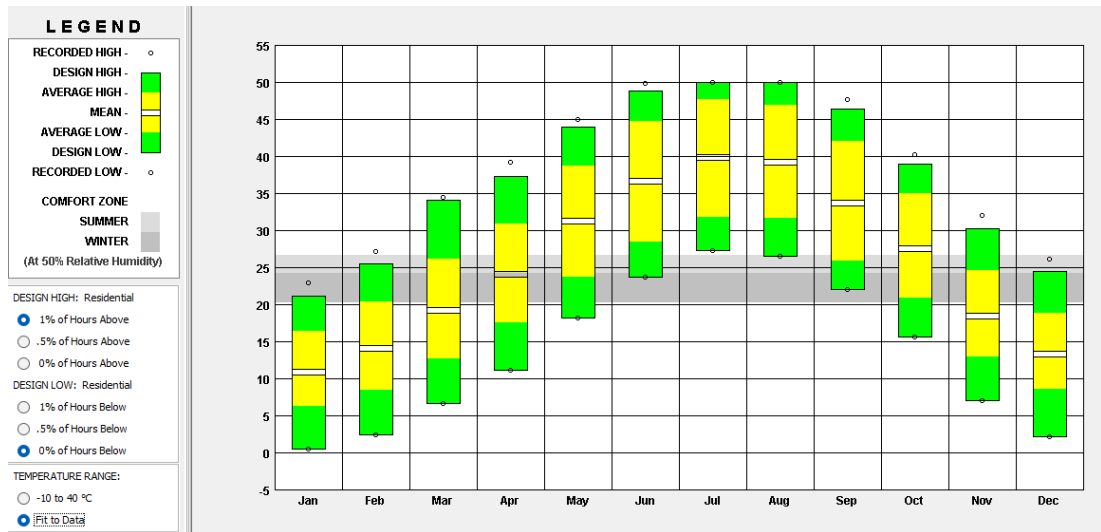
Tablo 13: Ailenin ısıl konfor bölgesini test etmek için simülasyon programında kullanılan değerler

Giriş Parametreleri	En Düşük	En Yüksek
Kuru termometre sıcaklığı (°C)	21	27
Bağıl nem (%)	10	85
Hava hızı (m/s)	0.15	0.18
Ortalama Işıma Sıcaklığı (°C)	-2	46
Giyim (CLO)	0.5	1
Metabolik Hız (met)	0.7	1

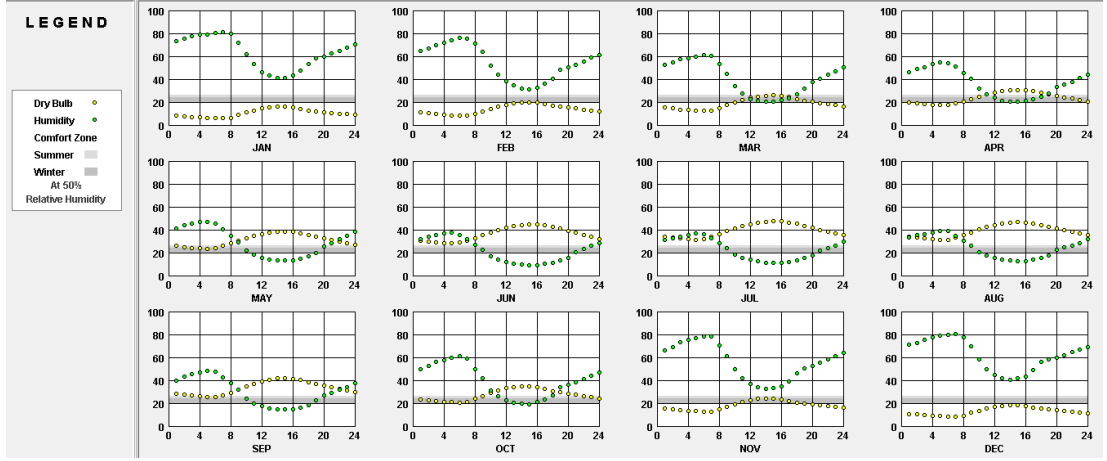
Bu araştırmanın amacına ulaşabilmek için öncelikle Bağdat kentinin ortalama iklim verileri; kentin sıcaklıkları, kuru ve yağışlı sıcaklıkları, güneş ışıını miktarı ve bulutluluk oranı analiz edilmiştir.

Yıl boyunca gökyüzü ve yer altı sıcaklıkları, mevcut az katlı konutlarda kullanılan ve gelecekteki konutlarda uygulanabilecek uygun iyileştirme stratejilerine karar vermede yardımcı olmaktadır. Şekil 28'de gösterildiği gibi, Bağdat şehri yaz aylarında sıcak bir iklime sahiptir ve sıcaklıklar yılın yaklaşık beş ayı boyunca yaz konfor bölgesinin üzerindedir. Bu durum, soğutma yüklerine yüksek ihtiyaç duyulmasının ve büyük enerji tüketiminin nedenini açıklar. Ayrıca, yılın yaklaşık beş ayı boyunca sıcaklıklar kış kuşağının altındadır; bu da ısıtma yükleri için yüksek enerji tüketimini açıklamaktadır. Şekil 29'da yılın altı ayı boyunca kuru sıcaklıklar ile nemli sıcaklıklar arasındaki ortalamanın yüksek olduğu gösterilmektedir; bu, şehrin yılın büyük bölümünde sıcak ve kuru bir iklime sahip olduğunu göstermektedir.

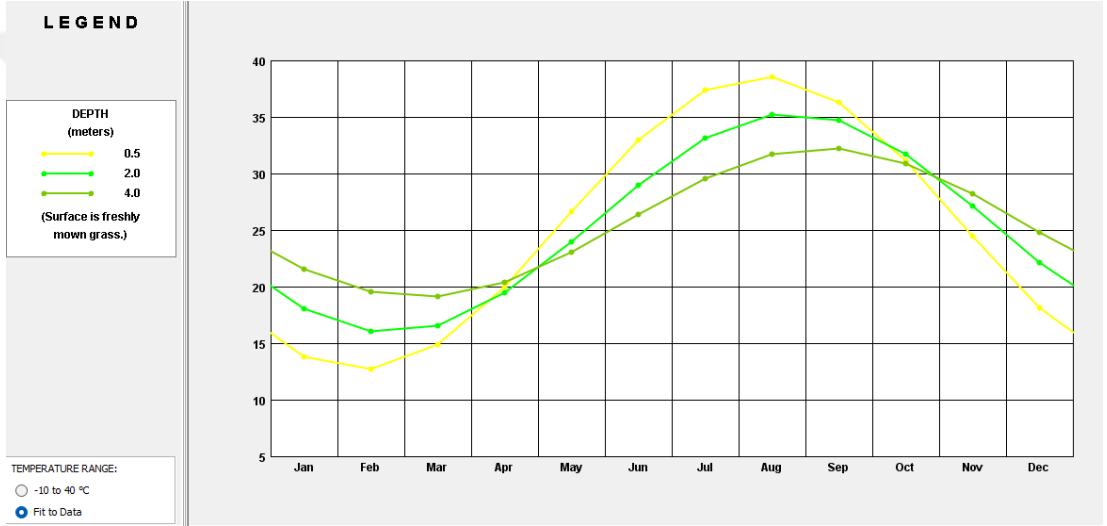
Öte yandan, Şekil 30'da yerin bir metre altındaki sıcaklıkların sıcak mevsimlerde soğuk, soğuk mevsimlerde ise daha sıcak olduğu görülmektedir. Bu durum, yer altı pasif ısıtma ve soğutma sistemlerinin kullanılarak yer altı sıcaklıklarından yararlanma imkânı sunmaktadır. Yıl boyunca Bağdat şehrine ulaşan ve ısıtma ile soğutma sistemleri için gerekli enerjiyi sağlamak amacıyla aktif bir strateji olarak güneş panellerinin kullanılmasında büyük avantaj sağlayan yüksek miktarda güneş radyasyonu bulunmaktadır.



Şekil 28: Bağdat'ın yıllık maksimum ve minimum sıcaklıkları (Climate Consultant).



Şekil 29: Bağdat'ın aylık kuru termometre ve bağıl nem (Climate Consultant).



Şekil 30: Bağdat'ın yer altı maksimum ve minimum sıcaklıkları (Climate Consultant)

CCWorldWeatherGen iklim verisi analiz programı kullanılarak Bağdat'ın mevcut ve gelecekteki iklim verileri değerlendirilmiştir. Bağdat'ın 2020 yılında yıllık ortalama sıcaklığı 1,5 °C iken, 2050 yılında bu değerin 2,9 °C'ye ve 2080 yılında ise 5,1 °C'ye ulaşması beklenmektedir. Şekil 31, 32, 33 ve 34'teki verilere göre, Bağdat şehri günümüzde sıcak ve kuru bir iklime sahip olmasına rağmen, gelecekte bu sıcaklıkların belirli bir miktarda artış göstermesi öngörülmektedir.

Selected scenario: A2 scenario ensemble for the 2020's

		JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
Daily mean temperature	TEMP (°C)	0.84	1.12	1.28	1.32	1.69	1.59	1.78	1.81	1.92	1.58	1.85	1.51	1.52
Maximum temperature	TMAX (°C)	0.84	1.22	1.37	1.40	1.61	1.53	1.76	1.80	1.80	1.43	1.78	1.54	1.51
Minimum temperature	TMIN (°C)	0.75	0.92	1.20	1.20	1.76	1.62	1.69	1.73	1.90	1.67	1.83	1.33	1.47
Horizontal solar irradiation	DSWF W/m²	0.76	3.00	2.00	2.28	-1.58	-0.77	-2.47	-2.18	-1.89	-1.85	-0.62	1.84	-0.12
Total cloud cover	TCLW % points	-2.13	-1.13	-2.63	-1.88	1.50	-0.75	0.13	0.38	-0.13	-1.88	-0.25	-1.75	-0.88
Total precipitation rate	PREC %	-14.90	-36.25	-10.03	-3.63	-13.51	4.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.15
Relative humidity	RHUM % points	-1.95	-2.90	-2.62	-3.48	-2.17	-1.26	-0.57	-0.52	-0.45	-1.00	-2.97	-3.57	-1.96
Mean sea level pressure	MSLP hpa	-0.53	0.15	-1.71	-0.13	-0.26	-0.73	-1.08	-0.62	-0.50	-0.75	-0.79	-0.60	-0.63
Wind speed*	WIND %	0.42	0.95	0.54	3.81	1.47	0.03	-1.36	-1.27	-0.73	-0.37	1.54	3.84	0.74

* Please note that wind speed resides on a 96x72 grid whilst all the other data is on a 96x73 grid

Şekil 31: Bağdat'ın 2020 yıl için iklim verisi (CCWorldWeatherGen)

Selected scenario: A2 scenario ensemble for the 2050's

		JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
Daily mean temperature	TEMP (°C)	2.31	1.90	2.42	2.56	3.14	3.39	3.86	3.84	3.55	3.11	2.61	2.30	2.91
Maximum temperature	TMAX (°C)	2.08	1.82	2.74	2.78	3.23	3.62	3.97	3.82	3.67	2.90	2.06	2.29	2.92
Minimum temperature	TMIN (°C)	2.09	1.63	2.27	2.59	3.04	3.37	3.71	3.61	3.49	3.54	2.43	2.08	2.82
Horizontal solar irradiation	DSWF W/m²	-0.36	2.88	3.55	3.44	1.07	-0.68	-4.75	-4.04	-2.79	-2.79	-0.55	2.88	-0.18
Total cloud cover	TCLW % points	-1.88	-4.13	-4.13	-3.25	-0.25	-1.63	0.13	0.13	-1.38	-1.50	-2.13	-4.63	-2.05
Total precipitation rate	PREC %	-9.26	-37.87	-13.23	5.37	-29.13	-35.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-9.97
Relative humidity	RHUM % points	-2.46	-4.28	-4.28	-5.12	-4.32	-2.42	-1.24	-0.99	-1.01	-0.96	-3.32	-4.34	-2.89
Mean sea level pressure	MSLP hpa	-1.67	-0.70	-1.97	-1.29	-1.04	-1.49	-2.10	-2.02	-1.52	-1.34	-0.42	-0.48	-1.34
Wind speed*	WIND %	1.96	1.48	-0.21	4.62	2.14	0.04	-2.53	-2.49	-2.08	0.89	2.58	2.73	0.76

* Please note that wind speed resides on a 96x72 grid whilst all the other data is on a 96x73 grid

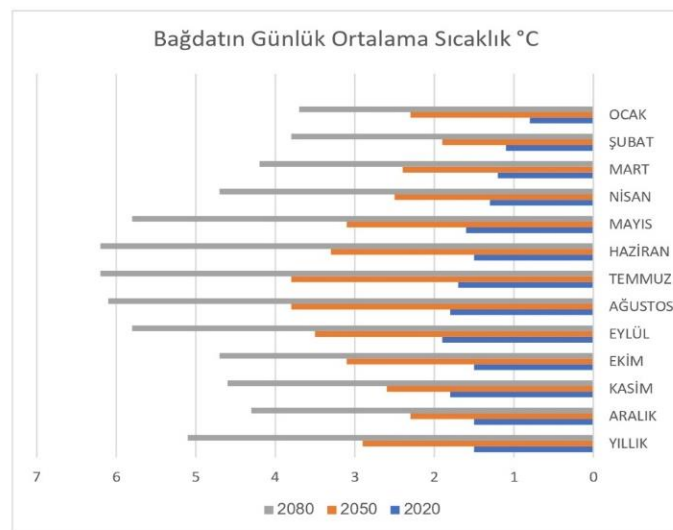
Şekil 32: Bağdat'ın 2050 yıl için iklim verisi (CCWorldWeatherGen)

Selected scenario: A2 scenario ensemble for the 2080's

		JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
Daily mean temperature	TEMP (°C)	3.77	3.82	4.28	4.77	5.89	6.20	6.21	6.14	5.81	4.77	4.69	4.39	5.06
Maximum temperature	TMAX (°C)	3.84	4.04	4.59	5.16	6.12	6.37	6.41	6.13	5.55	4.48	4.45	4.35	5.12
Minimum temperature	TMIN (°C)	3.47	3.43	3.89	4.32	5.58	5.99	5.81	5.94	5.76	4.91	4.81	4.17	4.84
Horizontal solar irradiation	DSWF W/m²	1.97	6.54	6.44	9.62	3.94	-0.72	-5.70	-6.13	-4.92	-0.89	0.37	1.80	1.03
Total cloud cover	TCLW % points	-5.88	-5.50	-6.25	-5.75	-2.38	-2.50	0.13	0.13	-0.38	-3.50	-5.25	-4.88	-3.50
Total precipitation rate	PREC %	-24.02	-55.82	-51.98	-52.57	-48.05	-57.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-24.17
Relative humidity	RHUM % points	-5.66	-7.35	-8.13	-9.88	-7.10	-4.01	-2.13	-1.11	-0.81	-2.19	-4.40	-5.98	-4.90
Mean sea level pressure	MSLP hpa	-2.15	-0.32	-2.34	-1.25	-2.31	-2.67	-3.18	-3.24	-2.76	-1.92	-1.63	-1.72	-2.12
Wind speed*	WIND %	3.13	2.05	2.37	5.25	2.64	-0.44	-3.79	-1.59	-1.94	1.88	1.92	3.31	1.23

* Please note that wind speed resides on a 96x72 grid whilst all the other data is on a 96x73 grid

Şekil 33: Bağdat'ın 2080 yıl için iklim verisi (CCWorldWeatherGen)



Şekil 34: 2020, 2050 ve 2080 Yıllarda Bağdat'ın Günlük Ortalama Sıcaklık (CCWorldWeatherGen).

3.3. UYGULANAN İYİLEŞTİRME STRATEJİLERİ

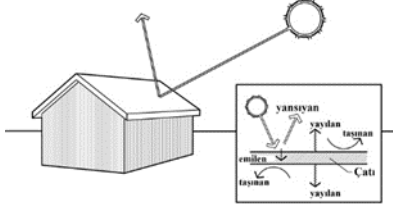
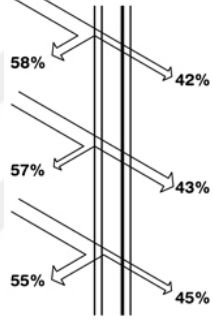
Belirlenen iklim verileri altında simülasyon programları kullanılarak iyileştirme stratejileri uygulanmıştır. Her bir örnek olay üzerinde, Climate Consultant adlı program aracılığıyla önerilen iyileştirme stratejilerinin etkileri değerlendirilmiştir.

Climate Consultant, her bölgenin iklim verilerine göre psikometrik grafikler oluşturan ve bu bölgenin konfor bölgesi hakkında bilgi veren bir programdır. Aynı zamanda, farklı iklimlerde enerji verimli bina tasarımları için gerekli önerileri sunar. Her iklime özgü özelliklere dayanarak otomatik olarak bir Tasarım Yönergeleri listesi oluşturur ve ardından her yönergenin nasıl uygulanacağını gösteren çizimler sunar. Yıllık 8760 saatlik EPW formatındaki iklim verilerini kullanarak anlamlı grafiksel gösterimler elde eder. Psikometrik grafik, bölgenin sıcaklığını ve nemini temsil eder ve buna göre farklı tasarım stratejileri önermektedir.

Tablo 14'teki verilere göre, Climate Consultant'ta yapılan Bağdat'ın iklim verileri ve psikometrik grafiğine dayanarak programın önerdiği iyileştirme stratejilerinden iki tanesi seçilmiştir. Seçilen stratejiler, soğutma enerjisi tüketimini azaltmaya yönelik iki ana temele dayanmaktadır: birincisi yapı kabuğu iyileştirmesi, ikincisi ise yapı cephe açıklıklarının iyileştirilmesidir.

Seçilen stratejilerin birincisi (ST.1), konutların yapı kabuğu nedeniyle ısı kaybını azaltmak amacıyla kullanılan malzemelerin değiştirilmesi ve U değerlerinin %50'den fazla iyileştirilmesini hedeflemektedir. Sıcak ve kuru iklimlerde geleneksel evler, kütleyi soğutmak için gece havalandırması yapılmasına olanak tanıyan küçük, gölgeli açıklıklar kullanmaktadır. İkinci strateji, iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım (ST.2.a), cephenin mevcut açıklıklarının (pencere ve kapı) boyutlarının küçültülmesi ve kullanılan cam tiplerinin iyileştirilmesini içermektedir. İkinci kısım (ST.2.b) ise, mevcut pencere camlarının iyileştirilmesi ve tek cam yerine çift LOW-E cam tipinin kullanılmasını önermektedir.

Tablo 14: Mevcut Konutlara Uygulanan İyileştirme Stratejileri (Climate Consultant).

Birinci iyileştirme strateji (ST.1)	 Yapı kabuğunun malzemelerini U değerlerini azaltması için iyileştirmeler uygulamaları
İkinci iyileştirme strateji (ST.2.a)	 Cephe açıklıklarının (pencere ve kapı) gibi yeniden boyutlandırılması ve malzemelerin iyileştirilmesi
(ST.2.b)	 Cephe pencerelerde kullanılan cam tipi iyileştirilmesi

3.4. KULLANILAN SİMÜLASYON PROGRAMI

Son yirmi yılda, termal simülasyon bina tasarımında standart bir özellik haline gelmiştir. Bina enerji talebinin etkisi konusunda artan farkındalık sonucu, çoğu bina düzenlemesi artık yalnızca termal simülasyonla elde edilebilecek yıllık enerji talebi tahminlerini zorunlu kılmaktadır. Seçilen örnek olay çalışmalarının enerji performansı ve ısı konforu, mevcut ve gelecekteki davranışlarını anlamak için uygun bir simülasyon programı kullanılarak analiz edilmelidir. Bu doğrultuda, bu çalışmaya en uygun simülasyon programını seçmek amacıyla kaynak taramasına dayalı bir karşılaştırmalı çalışma gerçekleştirilmiştir.

DesignBuilder, binaların modellenmesi ve enerji tüketimi hesaplamaları yapan bir simülasyon programıdır. Kolay arayüzü ve geniş performans verisi, DesignBuilder'ın temel özellikleri arasındadır. Yıllık soğutma, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) enerji tüketimlerini simüle edebilen bir yazılımdır. Cam

şablonları, konum şablonları, yaşam alanları, metabolizma hızları ve enerji kodları gibi çeşitli şablon türlerine sahiptir. Bu çalışma kapsamında, seçilen örnek olayların enerji tüketimlerini analiz etmek için DesignBuilder simülasyon programının öğrenci sürümü kullanılmıştır.

Tablo 15'te gösterildiği üzere, bu araştırma için seçilen örnek olay konutları (Geleneksel Konut, Karma/Hibrit Konut, Villa Tipi Konut ve Yeni/Son Konut) DesignBuilder kullanılarak ayrı ayrı modellenmiştir. Simülasyon çalışması iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada, konutların mevcut haliyle modellenmesi ve mevcut malzeme ile stratejilerin kabul edilmesi gerçekleştirilmektedir. Modellenen konutların toplam enerji tüketimleri 2020, 2050 ve 2080 yıllarının iklim verileri ve mevcut kabul edilen şartlar altında değerlendirilmiştir.

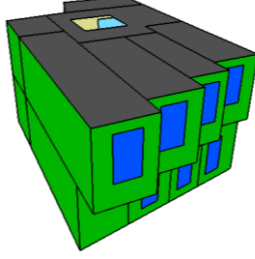
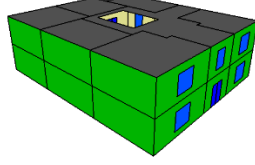
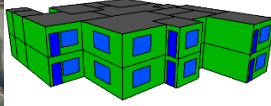
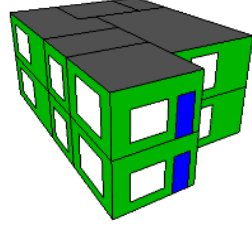
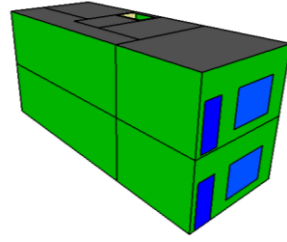
Simülasyonun ikinci aşamasında, ilk aşamada oluşturulan aynı konut modellerine belirlenen iyileştirme stratejileri uygulanarak toplam enerji tüketimi aynı yıllara ait iklim verileri altında yeniden değerlendirilmektedir. İki aşamanın sonuçları arasında karşılaştırmalı analiz yapılarak uygulanan iyileştirme stratejilerinin etkileri değerlendirilmektedir.

Binalarda kullanılan soğutma sistemleri, DesignBuilder yazılımında özel (bireysel) elektrikli klimalar olarak sınıflandırılmıştır. Her yapının soğutma ihtiyacını karşılamak amacıyla soğutma sistemine sağlanacak enerjinin, yapının yaşam alanlarına ve dışarıdaki iklim koşullarına göre hesaplanmıştır. Yapının her metre karesi için saatlik soğutma enerjisi ihtiyacı belirlenmiş ve bu enerji miktarı aylık olarak hesaplanarak yıllık toplam enerji miktarı elde edilmiştir.

İncelenen binalar, iki ila üç katlı bitişik veya yarı bitişik biçiminde modellenerek her yapının ortalama yıllık soğutma, ısıtma ve toplam enerji talebi değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamına alınan dört farklı döneme ait binalar için ısıtma, soğutma, havalandırma, sıcak su ve aydınlatma ihtiyaçları için yakıt olarak elektrik kullanılmaktadır.

Simülasyon modellemelerinde, seçilen her yapının mevcut haliyle tüm katları zemin kattan çatıya kadar programa işlenmiştir (Tablo 15). Enerji tüketimi, CCWorldWeatherGen programı kullanılarak 2020, 2050 ve 2080 yıllarının iklim dosyaları oluşturularak bu koşullar altında değerlendirilmiştir. Ardından, belirlenen tüm iyileştirme stratejileri uygulanmış ve simülasyon verileri, iki durum arasında kıyaslama analizi yapılarak değerlendirilmiştir.

Tablo 15: Simülasyonda incelenen mevcut kontların örnek olay.

Geç Osmanlı Dönemi (1880-1917)		
İngiliz Mandası ve Kraliyet Hükümeti Dönemi (1917-1958)		
Cumhuriyet Dönemi: (1958-2003)		
Parlamente Dönem (2003-....) 1-Ayrık konut açık örneği		
2-Bitişik konut örneği		

BÖLÜM IV

SİMÜLASYON ÇIKTILARI

Araştırmada incelenen bölgenin binaları, mevcut olan ancak dört farklı dönemde inşa edilen yapılar olarak tercih edilmiştir. Seçilen binaların bilgileri, bölüm altında her dönemin mimari özellikleri, bina bilgileri, kullanılan malzemeler ve soğutma stratejileri ile birlikte açıklanmaktadır. DesignBuilder öğrenci sürümü simülasyon programında, seçilen yapılar mevcut yapı olarak modellenmiş ve belirtilen bilgiler kabul edilmiştir. Araştırma yapılan binalar, Bağdat'ın merkez ilçesinde bulunan farklı özel taraflardan inşa edilen yapılardır. Yapıların dış kabuğunun tuğla ve yalıtımsız olarak inşa edildiği varsayılmıştır.

4.1. YAPI KABUĞUNA UYGULANAN İYİLEŞTİRMELER

Mevcut yapı kabuğu üzerinde iyileştirme stratejileri uygulanmıştır. Uygulanan iyileştirme stratejileri arasında birinci strateji (ST.1) olarak kabul edilmiştir. Duvarlar, zeminler ve çatılar, geliştirilen yapı kabuğunun parçalarıdır. Tablo 16'de gösterildiği gibi, belirlenen dört mevcut yapı tipolojisinin her biri için kullanılan yalıtım malzemelerinin kalınlık ve katmanları belirlenmiştir.

4.1.1. Duvarlardaki İyileştirme Türleri

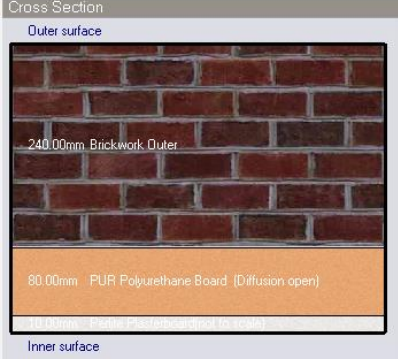
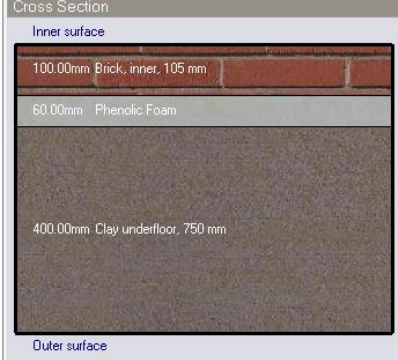
Çalışma alanındaki mevcut az katlı konutların yapı kabuğunda yalıtım uygulaması bulunmamaktadır. Kaynak çalışmasına göre, mevcut evlerin iç ve dış duvarlarında kullanılan malzemeler oldukça yüksek U-değerlerine sahiptir; bu da onları dışarıdaki hava koşullarına karşı dayanıklı hale getirmemektedir. Bu nedenle, belirlenen dört yapı tipolojisinin her birine ısı yalıtımı ve düşük U-değerli malzemeler uygulanmıştır. Kullanılan malzemeler sayesinde duvarların U-değeri %50'den fazla iyileştirilmiştir. Mevcut bina duvarlarındaki bu iyileştirmenin etkisi, Şekil 35'te gösterildiği gibi, simülasyon programında test edilmiştir.

4.1.2. Döşeme ve Tavanlardaki İyileştirme Türleri

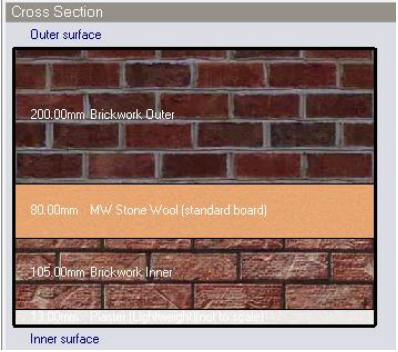
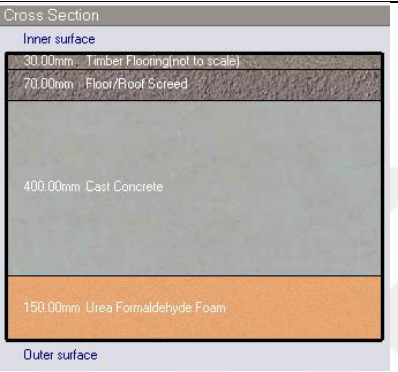
Çalışma alanındaki mevcut az katlı konutlarda yalnızca duvarlarda değil, döşemelerde ve tavanlarda da ısı yalıtım uygulaması bulunmamaktadır. Yapı kabuğundan ısı kaybı ve kazanımlarını azaltmak amacıyla, incelenen tüm yapıların döşemelerine ve tavanlarına ısı yalıtımları uygulanmıştır. Bu stratejiler arasında sadece uygulama yerleri ve kalınlıkları değişiklik göstermiştir.

Bu iyileştirmeler sonucunda, mevcut duruma göre tüm yapı tiplerinde 2020, 2050 ve 2080 yıllarında, Tablo 17 ve Şekil 36'daki verilere göre %49-99 oranında ısıtma enerji tüketimi azaltılmıştır. Soğutma enerji tüketiminde ise, Tablo 18 ve Şekil 37'de gösterildiği gibi, %19-50 oranında bir azalma sağlanmıştır. Tüketilen toplam enerji ise, Tablo 19 ve Şekil 38'de belirtildiği gibi, %26-43 oranında azaltılmıştır.

Tablo 16: Yapı kabuğuna uygulanan iyileştirmeler

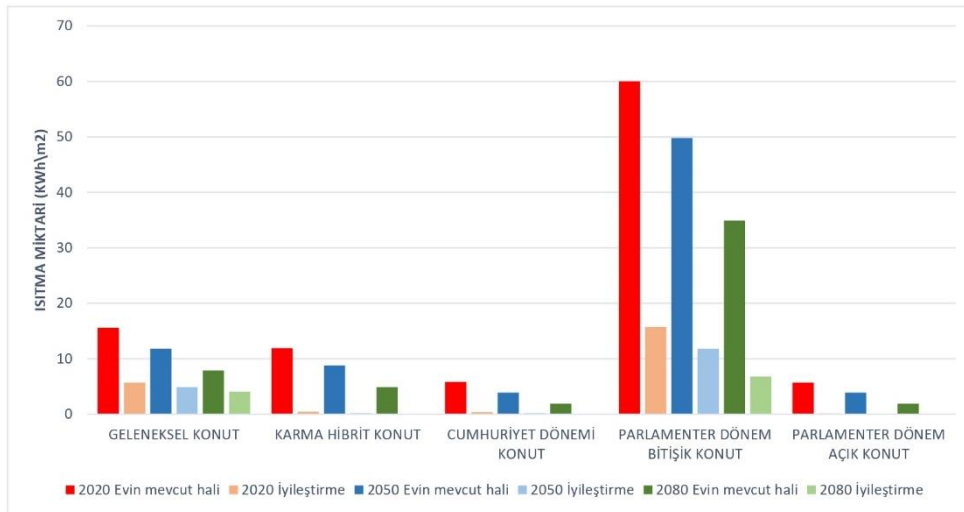
Konut Tipi	Eklenen Malzemeler	Uygulama Şeması	Eski U- Değeri	Yeni U- Değeri	İyileştirme Miktarı
Geç Osmanlı Dönemi (1880- 1917) VE İngiliz Mandası ve Kraliyet Hükümeti Dönemi (1917- 1958)	(DUVAR) 8cm Isı Yalıtımı		1.98	0.297	85%
	(DÖŞEME) 6cm Isı Yalıtımı		1.8	0.47	75%
	(TAVAN) 10 cm Isı Yalıtımı		1.12	0.29	74%

Tablo 16'nın devamı

Cumhuriyet Dönemi: (1958-2003) VE Parlamente Dönem (2003-....)	(DUVAR) 8cm Isı Yalıtımı		1.63	0.36	78%
	(DÖŞEME) 15cm Isı Yalıtımı		0.6	0.12	80%
	(TAVAN) 10cm Isı Yalıtımı		1.67	0.26	85%

Tablo 17: Bütün incelenen konutlara yapı kabuğu iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m²'ye düşen ISITMA miktarları [kWh/m²].

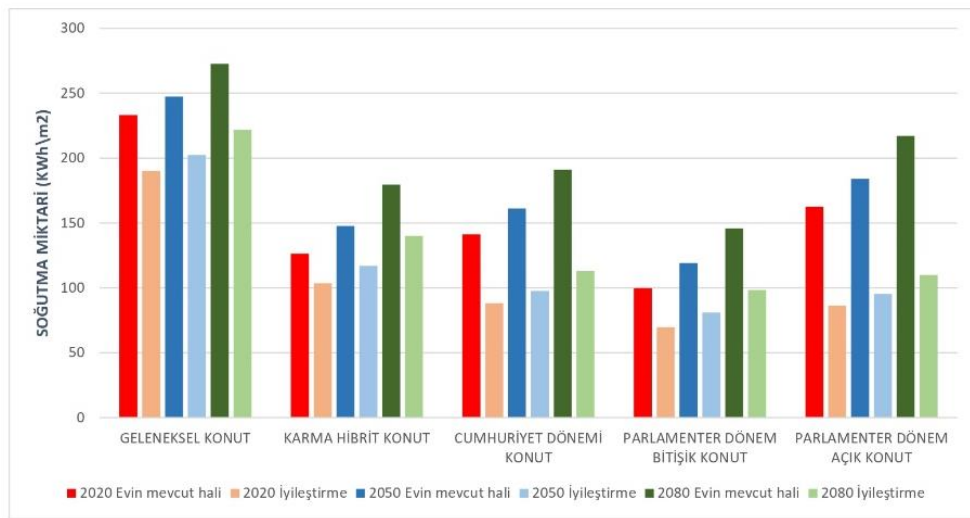
Birinci İyileştirme Stratejisi, Yapı Kabuğu Malzemelerin İyileştirme (ST.1) Öncesi ve Sonrası						
Konutların Yıllık m ² 'ye Düşen ISITMA Miktarları [kWh/m ²]						
YIL	YAPI KAPUĞU (ST.1)	GELENEKSEL KONUT	KARMA HİBRİT KONUT	CUMHURİYET DÖNEMİ KONUT	PARLAMENTER DÖNEM BİTİŞİK KONUT	PARLAMENTER DÖNEM AÇIK KONUT
2020	Evin mevcut hali	15.6	11.9	5.8	60	5.7
	İyileştirme Uygulama Sonrası	5.7 ↓ 64%	0.47 ↓ 96%	0.4 ↓ 93%	15.7 ↓ 74%	0.12 ↓ 98%
2050	Evin mevcut hali	11.8	8.8	3.9	49.8	3.9
	İyileştirme Uygulama Sonrası	4.9 ↓ 59%	0.17 ↓ 98%	0.17 ↓ 96%	11.8 ↓ 77%	0.024 ↓ 99%
2080	Evin mevcut hali	7.9	4.9	1.9	34.9	1.9
	İyileştirme Uygulama Sonrası	4.1 ↓ 49%	0.06 ↓ 98%	0.06 ↓ 97%	6.8 ↓ 81%	0.06 ↓ 97%



Şekil 35: Konutların yapı kabuğu iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m²'ye düşen ISITMA miktarları [kWh/m²].

Tablo 18: Bütün incelenen konutlara yapı kabuğu iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m²'ye düşen SOĞUTMA miktarları [kWh/m²].

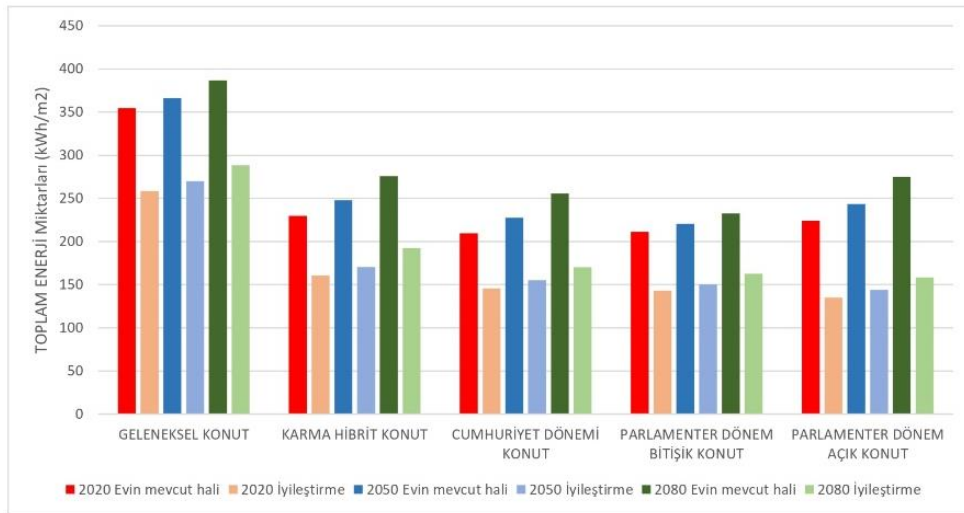
Birinci İyileştirme Stratejisi, Yapı Kabuğu Malzemelerin İyileştirme (ST.1) Öncesi ve Sonrası						
Konutların Yıllık m ² 'ye Düşen SOĞUTMA Miktarları [kWh/m ²]						
YIL	YAPI KAPUĞU (ST.1)	GELENEKSEL KONUT	KARMA HİBRİT KONUT	CUMHURİYET DÖNEMİ KONUT	PARLAMENTO DÖNEMİ BİTİŞİK KONUT	PARLAMENTO DÖNEMİ AÇIK KONUT
2020	Evin mevcut hali	233.2	126.33	141.28	99.8	162.5
	İyileştirme Uygulama Sonrası	190.22 ↓ 19%	103.6 ↓ 18%	88.06 ↓ 38%	69.62 ↓ 31%	86.28 ↓ 47%
2050	Evin mevcut hali	247.37	147.76	161.1	119.14	183.9
	İyileştirme Uygulama Sonrası	202.3 ↓ 19%	117.01 ↓ 20%	97.65 ↓ 40%	80.94 ↓ 33%	95.36 ↓ 49%
2080	Evin mevcut hali	272.64	179.56	191	145.96	217.14
	İyileştirme Uygulama Sonrası	221.69 ↓ 19%	140.14 ↓ 20%	112.93 ↓ 42%	98.3 ↓ 33%	109.9 ↓ 50%



Şekil 36: Konutların yapı kabuğu iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m²'ye düşen SOĞUTMA miktarları [kWh/m²].

Tablo 19: Bütün incelenen konutlara yapı kabuğu iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m²'ye düşen TOPLAM ENERJİ miktarları [kWh/m²].

Birinci İyileştirme Stratejisi, Yapı Kabuğu Malzemelerin İyileştirme (ST.1) Öncesi ve Sonrası Konutların Yıllık m ² 'ye Düşen TOPLAM ENERJİ Miktarları [kWh/m ²]						
YIL	YAPI KAPUĞU (ST.1)	GELENEKSEL KONUT	KARMA HİBRİT KONUT	CUMHURİYET DÖNEMİ KONUT	PARLAMENTO DÖNEM BİTİŞİK KONUT	PARLAMENTO DÖNEM AÇIK KONUT
2020	Evin mevcut hali	354.78	229.7	209.74	211.34	223.9
	İyileştirme Uygulama Sonrası	258.57 28%	160.64 30%	145.8 31%	143 33%	135 40%
2050	Evin mevcut hali	365.97	248.11	227.7	220.45	243.57
	İyileştirme Uygulama Sonrası	269.82 27%	170.63 31%	155.2 32%	150.4 32%	144 41%
2080	Evin mevcut hali	386.59	275.9	255.56	232.42	274.7
	İyileştirme Uygulama Sonrası	288.43 26%	192.65 30%	170.4 34%	162.7 31%	158.5 43%



Şekil 37: Konutların yapı kabuğu iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m²'ye düşen TOPLAM ENERJİ miktarları [kWh/m²].

Yapı kabuğu iyileştirmelerinin simülasyon sonuçlarına göre, ısıtma ve soğutma enerji ihtiyacı, duvar, tavan ve döşeme yalıtımı yapıldıktan sonra önemli ölçüde azalmıştır. Konutların mevcut duruma göre en az %26 enerji kazanımı gerçekleşmiştir. Belirlenen konutlar sıcak iklime sahip bir bölgede bulunduğundan, bu uygulamaların etkisi en çok ısıtma enerjisi ihtiyacı üzerinde hissedilmiştir.

Ancak, yıllık metrekareye düşen hem ısıtma hem de soğutma enerji tüketimi göz önüne alındığında, yüksek oranda enerji kazanımı sağlanmıştır. Tablo 19 ve Şekil 38'de gösterildiği gibi, 2020 yılının iklim koşullarına göre tüm evler için %28-40, 2050 yılında %27-41 ve 2080 yılında %26-43 oranında enerji tüketiminde azalma gerçekleşmiştir.

4.2. AÇIKLIKLARDA UYGULANAN İYİLEŞTİRME TÜRLERİ

Uygulanan ikinci iyileştirme stratejisi (ST.2), iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım (ST.2.a), açıklıkların yeniden boyutlandırılmasını hedefleyen bir iyileştirme stratejisidir. İkinci kısım (ST.2.b) ise açıklıklardaki malzeme değişimlerini içeren bir strateji olarak kullanılmaktadır.

Simülasyon potansiyelleri, mevcut evlerin açıklıklarında kullanılan boyutların ve malzemelerin değiştirilmesinin, özellikle yaz aylarında enerji tüketimi üzerindeki etkilerini hesaplamak için kullanılmıştır. Mevcut yapılarda kullanılan cam tipi, renksiz, yalıtımsız 3 mm tek cam olarak kabul edilmiştir ve çerçeve tipi de yalıtımsız alüminyum çerçeve olarak belirlenmiştir.

Açıklıkların boyutları, eski ve yeni yapıların arasındaki farklılıkları göstermektedir. Tarihi yapılarda açıklıkların duvara oranı %30, sonraki yıllarda inşa edilen yapı türlerinde ise bu oran %60 olarak hipotetik bir çalışma kapsamında kabul edilmiştir. Bu değişikliklerin, enerji tüketimi ve iç mekân konforu üzerinde önemli etkileri olması beklenmektedir.

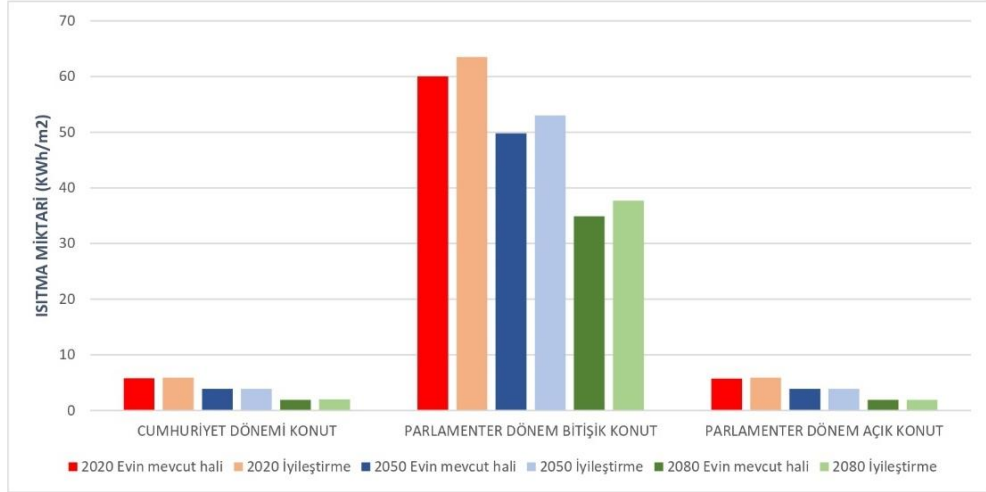
4.2.1. Açıklıkların yeniden boyutlandırılması

Mevcut evlerin iyileştirme çalışmaları kapsamında, açıklık hacminin boyutlandırılması da yapılmıştır. Tarihi yapıların cephelerinin değiştirilmesine izin verilmediğinden, açıklık değişiklikleri yalnızca son yıllarda inşa edilen evlere uygulanmıştır. Bu değişiklikler, açıklıklarda hem yatay hem de dikey doğrultuda, aynı anda gerçekleştirilmiştir.

Son yıllarda mimarların, bu bölgenin aşırı sıcak iklimini göz önünde bulundurmadan Batı dünyasının modern tasarımlarını takip etmeleri, geniş açıklıkların yapılmasına neden olmuş ve bu durum evlerin enerji tüketimini olumsuz etkilemiştir. Bu nedenle, açıklık duvar oranı %60'tan %30'a düşürülmüştür. Açıklıkların mevcut duruma göre yatay ve dikey doğrultuda %50 oranında küçültülmesi ve açıklık duvar oranının %30 seviyesine getirilmesi sonrasında elde edilen simülasyon sonuçları incelenmiştir. Uygulanan iyileştirmeler, soğutma enerji değerlerinde önemli pozitif değişimler meydana getirmiştir. Ancak, açıklık duvar oranının azaltılması, içeriye daha az güneş ışığının ulaşmasına yol açarak ısıtma enerjisi tüketimini olumsuz yönde etkilemiştir. Bu durum, konfor sağlamak için dikkatli bir denge kurulması gerektiğini göstermektedir.

Tablo 20: İncelenen konutlara açıklıkların boyutlar ve malzemelerin iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m²'ye düşen ISITMA miktarları [kWh/m²].

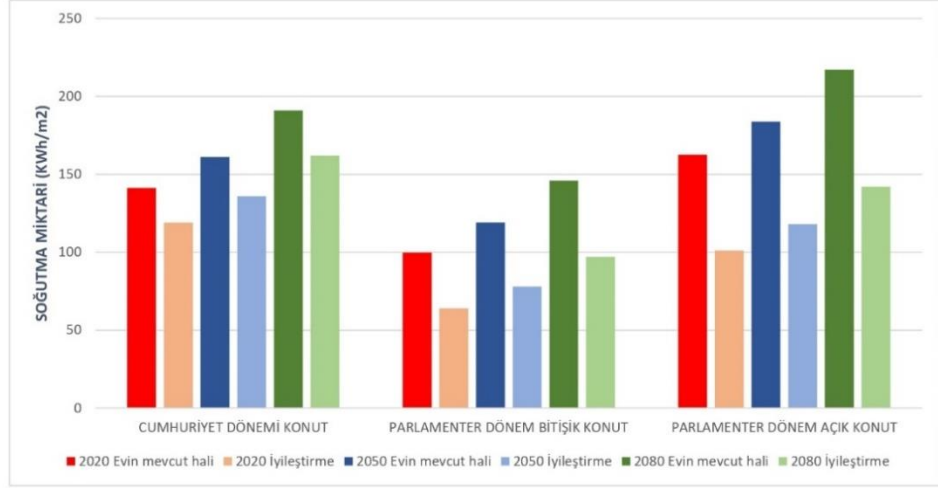
İkinci İyileştirme Stratejisi, Açıklıklarda Uygulanan İyileştirmeler (ST.2) Öncesi ve Sonrası						
Konutların Yıllık m ² 'ye Düşen ISITMA Miktarları [kWh/m ²]						
YIL	Açıklıkların Boyutlar ve Malzeme Değişimi (ST.2.a)	GELENEKSEL KONUT	KARMA HİBRİT KONUT	CUMHURİYET DÖNEMİ KONUT	PARLAMENTER DÖNEM BİTİŞİK KONUT	PARLAMENTER DÖNEM AÇIK KONUT
2020	Evin mevcut hali	Tarihi Yapılar Olduğu İçin Bu Strateji Uygulanmamaktadır		5.8	60.012	5.7
	İyileştirme Uygulama Sonrası			5.9 ↑ 2%	63.5 ↑ 1%	5.9 ↑ 1%
2050	Evin mevcut hali			3.8	49.8	3.8
	İyileştirme Uygulama Sonrası			3.9 ↑ 2%	53 ↑ 1%	3.9 ↑ 1%
2080	Evin mevcut hali			1.9	34.9	1.8
	İyileştirme Uygulama Sonrası			2 ↑ 2%	37.7 ↑ 1%	1.9 ↑ 1%



Şekil 38: Konutların açıklıkları boyutlar ve malzemelerin iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m²'ye düşen ISITMA miktarları [kWh/m²].

Tablo 21: İncelenen konutlara açıklıkların boyutlar ve malzemelerin iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m²'ye düşen SOĞUTMA miktarları [kWh/m²].

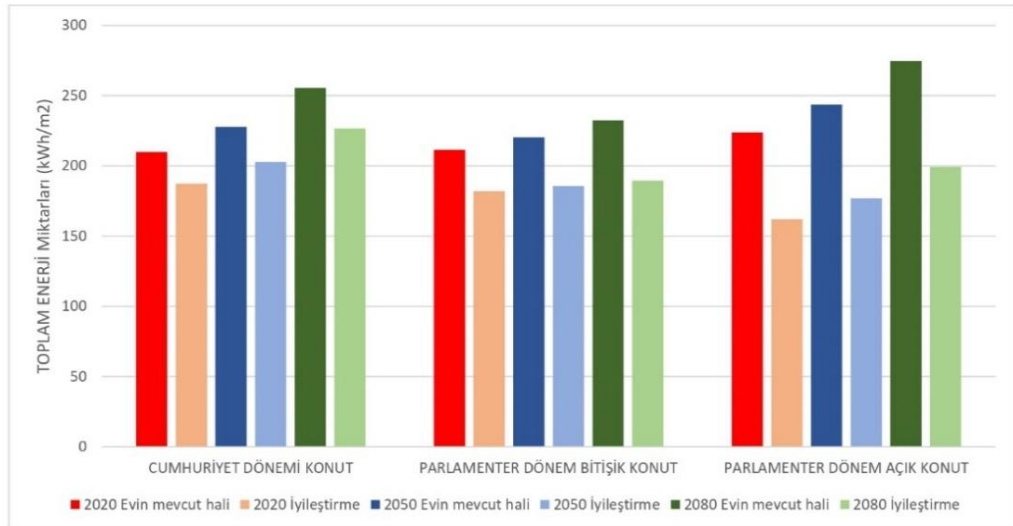
İkinci İyileştirme Stratejisi, Açıklıklarda Uygulanan İyileştirmeler (ST.2) Öncesi ve Sonrası						
Konutların Yıllık m ² 'ye Düşen SOĞUTMA Miktarları [kWh/m ²]						
YIL	Açıklıkların Boyutlar ve Malzeme Değişimi (ST.2.a)	GELENEKSEL KONUT	KARMA HİBRİT KONUT	CUMHURİYET DÖNEMİ KONUT	PARLAMENTER DÖNEM BİTİŞİK KONUT	PARLAMENTER DÖNEM AÇIK KONUT
2020	Evin mevcut hali	Tarihi Yapılar Olduğu İçin Bu Strateji Uygulanmamaktadır		141.28	99.8	162.5
	İyileştirme Uygulama Sonrası			119 ↓ 16%	64 ↓ 36%	101.7 ↓ 38%
2050	Evin mevcut hali			161.1	119.14	183.9
	İyileştirme Uygulama Sonrası			136.4 ↓ 16%	78 ↓ 35%	118 ↓ 36%
2080	Evin mevcut hali			191	145.96	217.14
	İyileştirme Uygulama Sonrası			162 ↓ 16%	97.5 ↓ 34%	142.3 ↓ 35%



Şekil 39: Konutların açıklıkları boyutlar ve malzemelerin iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m²'ye düşen SOĞUTMA miktarları [kWh/m²].

Tablo 22: İncelenen konutlara açıklıkların boyutlar ve malzemelerin iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m²'ye düşen TOPLAM ENERJİ miktarları [kWh/m²].

İkinci İyileştirme Stratejisi, Açıklıklarda Uygulanan İyileştirmeler (ST.2) Öncesi ve Sonrası						
Konutların Yıllık m ² 'ye Düşen TOPLAM ENERJİ Miktarları [kWh/m ²]						
YIL	Açıklıkların Boyutlar ve Malzeme Değişimi (ST.2.a)	GELENEKSEL KONUT	KARMA HİBRİT KONUT	CUMHURİYET DÖNEMİ KONUT	PARLAMENTER DÖNEM BİTİŞİK KONUT	PARLAMENTER DÖNEM AÇIK KONUT
2020	Evin mevcut hali	Tarihi Yapılar Olduğu İçin Bu Strateji Uygulanmamaktadır		209.74	211.34	223.9
	İyileştirme Uygulama Sonrası			187.3 ↓ 11%	181.9 ↓ 15%	162.2 ↓ 28%
2050	Evin mevcut hali			227.7	220.45	243.57
	İyileştirme Uygulama Sonrası			202.8 ↓ 12%	185.7 ↓ 16%	176.9 ↓ 28%
2080	Evin mevcut hali			255.56	232.42	274.7
	İyileştirme Uygulama Sonrası			226.7 ↓ 12%	189.5 ↓ 19%	199.4 ↓ 28%



Şekil 40: Konutların açıklıkları boyutlar ve malzemelerin iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m²'ye düşen TOPLAM ENERJİ miktarları [kWh/m²].

Mevcut yapıların açıklık uygulamaları simülasyon sonuçları, toplamda en düşük yıllık soğutma enerjisi tüketiminde %16 ve en yüksek %38 oranında azalma sağlandığını göstermektedir (Tablo 21 ve Şekil 40). Ayrıca, açıklıkta kullanılan malzemelerin ve ölçülerinin tamamen iyileştirilmesi sonucunda, mevcut hali geniş tek yalıtımsız cam olan yapıların 2020, 2050 ve 2080 yıllarındaki iklim koşullarına göre %11-28 oranında enerji kazanımı sağladığı belirlenmiştir (Tablo 22 ve Şekil 41).

Ancak, açıklık duvar oranının azaltılması, içeriye daha az güneş ışığının ulaşmasına yol açarak ısıtma enerjisi tüketimini olumsuz yönde etkilemiş ve ısıtma için tüketilen enerji miktarının %1-2 oranında yükselmesine neden olmuştur (Tablo 20 ve Şekil 39). Bu durum, enerji verimliliği artırma çabalarının dikkatlice dengelenmesi gerektiğini göstermektedir; çünkü soğutma ve ısıtma ihtiyaçları arasında bir denge sağlanması, genel enerji performansını iyileştirmek için kritik öneme sahiptir.

4.2.2. Açıklardaki Malzeme Değişimleri

Yapı kabuğu iyileştirmeleri kapsamında, açıklık amaçlı kullanılan malzemelerin de güncellenmesi önemli bir adım olmuştur. Son on yılda inşa edilen yapılar, mevcut durumda kullanılan tek renksiz yalıtımsız cam yerine, güneş ve ısı yalıtımı sağlayan LOW-E çift cam (3mm/13mm hava boşluğu) tipleri ile iyileştirilmiştir. Ayrıca, pencerelerdeki yalıtımsız alüminyum çerçevelerin yerine PVC çerçevelerin kullanılması da değerlendirilmiştir.

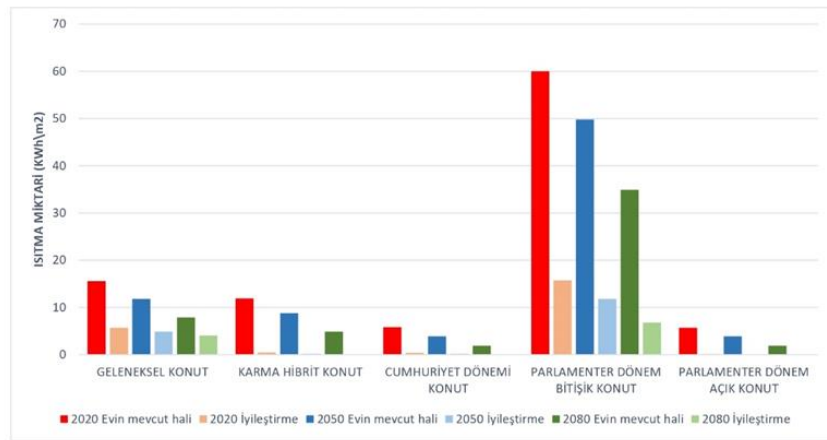
Mevcut pencerelerin malzeme değişimi uygulamalarının simülasyon sonuçları, toplamda en düşük yıllık soğutma enerjisi tüketiminde %4 ve en yüksek %20 oranında azalma sağlandığını göstermektedir (Tablo 24 ve Şekil 43). Bunun yanı sıra, açıklıkta kullanılan malzemelerin ve ölçülerinin tamamen iyileştirilmesi sonucunda, mevcut hali geniş tek yalıtımsız cam olan yapıların 2020, 2050 ve 2080 yıllarındaki iklim koşullarına göre %6-24 oranında enerji kazanımı sağlandığı belirlenmiştir (Tablo 25 ve Şekil 44).

Isıtma enerjisi tüketiminde ise, iyileştirmelerin etkisi oldukça belirgin olmuştur; mevcut yapıların ısıtma için tüketilen enerji miktarı %39-99 oranında azaltılmıştır (Tablo 23 ve Şekil 42). Bu bulgular, yapı kabuğundaki malzeme değişikliklerinin enerji verimliliğini önemli ölçüde artırabileceğini göstermektedir.

Bu tür iyileştirmeler, enerji tüketimini azaltarak hem çevresel etkilerin minimize edilmesine hem de kullanıcı konforunun artırılmasına katkı sağlamaktadır.

Tablo 23: İncelenen konutlara cephe pencerelerinin malzemeleri iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m²'ye düşen ISITMA miktarları [kWh/m²].

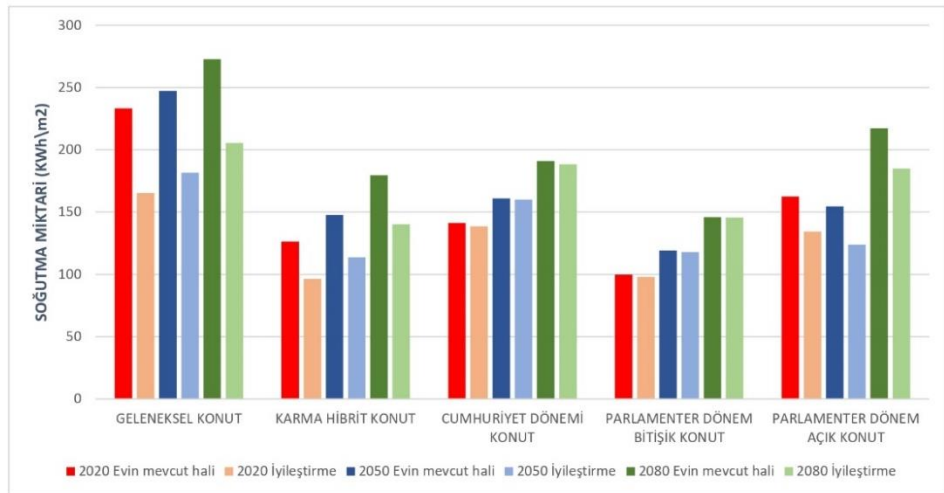
İkinci İyileştirme Stratejisi, cephe pencerelerinin malzemeleri (ST.2.b)						
Öncesi ve Sonrası Konutların Yıllık m ² 'ye Düşen ISITMA Miktarları [kWh/m ²]						
YIL	Cephe pencerelerini malzemeleri değişimi (ST.2.b)	GELENEKSEL KONUT	KARMA HİBRİT KONUT	CUMHURİYET DÖNEMİ KONUT	PARLAMENTO R DÖNEM BİTİŞİK KONUT	PARLAMENTO R DÖNEM AÇIK KONUT
2020	Evin mevcut hali	15.6	11.9	5.8	60	5.7
	İyileştirme Uygulama Sonrası	6.08 ↓ 39%	0.35 ↓ 99%	0.63 ↓ 99%	14.82 ↓ 77%	0.57 ↓ 90%
2050	Evin mevcut hali	11.8	8.8	3.9	49.8	3.9
	İyileştirme Uygulama Sonrası	5.87 ↓ 49%	0.12 ↓ 99%	0.29 ↓ 99%	10.36 ↓ 80%	0.23 ↓ 94%
2080	Evin mevcut hali	7.9	4.9	1.9	34.9	1.9
	İyileştirme Uygulama Sonrası	4.77 ↓ 59%	0.04 ↓ 99%	0.10 ↓ 99%	5.75 ↓ 86%	0.15 ↓ 92%



Şekil 41: Konutların cephe pencerelerinin malzemeleri iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m²'ye düşen ISITMA miktarları [kWh/m²].

Tablo 24: İncelenen konutlara cephe pencerelerinin malzemeleri iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m²'ye düşen SOĞUTMA miktarları [kWh/m²].

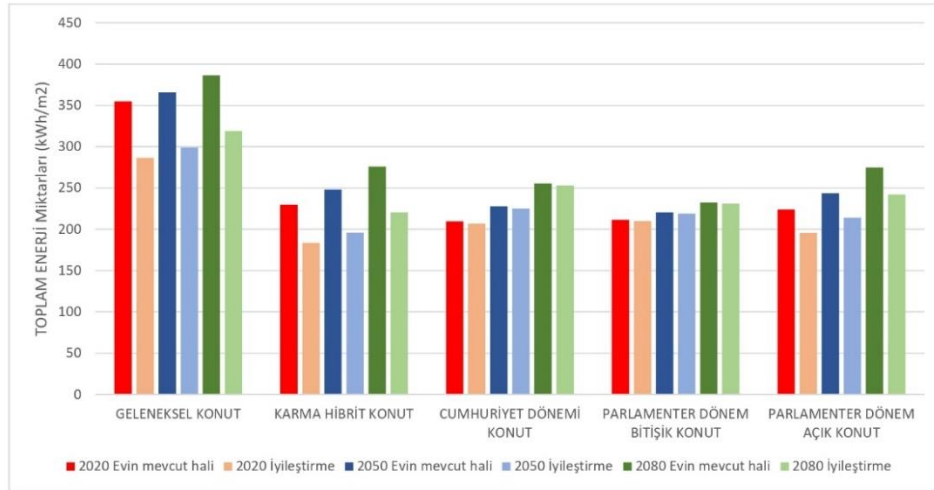
İkinci İyileştirme Stratejisi, cephe pencerelerinin malzemeleri (ST.2.b)						
Öncesi ve Sonrası Konutların Yıllık m ² 'ye Düşen SOĞUTMA Miktarları [kWh/m ²]						
YIL	Cephe pencerelerinin malzemeleri değişimi (ST.2.b)	GELENEKSEL KONUT	KARMA HİBRİT KONUT	CUMHURİYET DÖNEMİ KONUT	PARLAMENTO DÖNEM BİTİŞİK KONUT	PARLAMENTO DÖNEM AÇIK KONUT
2020	Evin mevcut hali	233.2	126.33	141.28	99.8	162.5
	İyileştirme Uygulama Sonrası	202.12 ↓ 14%	122.30 ↓ 4%	104.35 ↓ 27%	94 ↓ 6%	134.4 ↓ 18%
2050	Evin mevcut hali	247.37	147.76	161.1	119.14	154.7
	İyileştirme Uygulama Sonrası	215.03 ↓ 13%	135.14 ↓ 9%	118.28 ↓ 27%	115.17 ↓ 4%	123.9 ↓ 20%
2080	Evin mevcut hali	272.64	179.56	191	145.96	171.4
	İyileştirme Uygulama Sonrası	237.21 ↓ 13%	155.74 ↓ 14%	140.44 ↓ 27%	140.25 ↓ 4%	136 ↓ 20%



Şekil 42: Konutların cephe pencerelerinin malzemeleri iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m²'ye düşen SOĞUTMA miktarları [kWh/m²].

Tablo 25: İncelenen konutlara cephe pencerelerinin malzemeleri iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m²ye düşen TOPLAM ENERJİ miktarları [kWh/m²].

İkinci İyileştirme Stratejisi, cephe pencerelerinin malzemeleri (ST.2.b)						
Öncesi ve Sonrası Konutların Yıllık m ² ye Düşen TOPLAM ENERJİ Miktarları [kWh/m ²]						
YIL	Cephe pencerelerinin malzemeleri değişimi (ST.2.b)	GELENEKSEL KONUT	KARMA HİBRİT KONUT	CUMHURİYET DÖNEMİ KONUT	PARLAMENTOER DÖNEM BİTİŞİK KONUT	PARLAMENTOER DÖNEM AÇIK KONUT
2020	Evin mevcut hali	354.78	229.7	209.74	211.34	223.9
	İyileştirme Uygulama Sonrası	304.4 ↓ 14%	214.10 ↓ 7%	197.25 ↓ 6%	174.18 ↓ 18%	169.7 ↓ 24%
2050	Evin mevcut hali	365.97	248.11	227.7	220.45	243.57
	İyileştirme Uygulama Sonrası	321.2 ↓ 12%	226.71 ↓ 9%	210.83 ↓ 8%	185.78 ↓ 16%	187 ↓ 23%
2080	Evin mevcut hali	386.59	275.9	255.56	232.42	274.7
	İyileştirme Uygulama Sonrası	339.6 ↓ 12%	247.23 ↓ 11%	232.81 ↓ 10%	206.22 ↓ 12%	214 ↓ 22%



Şekil 43: Konutların cephe pencerelerinin malzemeleri iyileştirme öncesi ve sonrası yıllık m²ye düşen TOPLAM ENERJİ miktarları [kWh/m²].

4.3. BÜTÜN İYİLEŞTİRME STRATEJİLERİ UYGULAMALARI

Belirlenen iyileştirme stratejileri, her konut için tek tek uygulandıktan sonra, tüm stratejiler eş zamanlı olarak bir arada kullanılmıştır. Bu süreçte, her stratejinin enerji tüketimi üzerindeki etkisi değerlendirildikten sonra, bir arada uygulamanın sonuçları analiz edilmiştir.

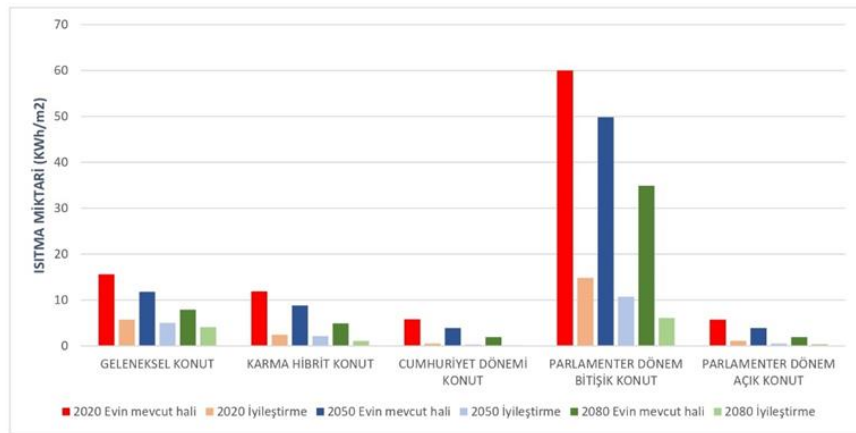
Yapı kabuğuna uygulanan iyileştirme stratejileri, toplam enerji tüketimini %26-43 oranında azaltırken, açıklıklara yönelik iyileştirme stratejileri ise %11-28 oranında enerji tasarrufu sağlamıştır. İki stratejinin bir arada uygulanmasının etkisi, 2020 yılı itibarıyla ısıtma enerji tüketiminde %64-90, 2050 yılı için %58-92 ve 2080 yılı için %49-96 oranında enerji kazanımı sağlandığı gösterilmektedir (Tablo 26 ve Şekil 45).

Soğutma enerji tüketimindeki iyileşmeler ise, 2020 yılında %19-57, 2050 yılında %23-57 ve 2080 yılı için %27-57 oranında enerji tasarrufu sağlamaktadır (Tablo 27 ve Şekil 46).

Toplam enerji tüketimine olan etkisi ise, 2020 yılında %15-58, 2050 yılında %17-59 ve 2080 yılı itibarıyla %20-46 oranında azalma olarak belirlenmiştir (Tablo 28 ve Şekil 47). Bu sonuçlar, yapı kabuğu ve açıklıklarda yapılan iyileştirmelerin enerji verimliliğini artırma konusunda önemli katkılar sağladığını göstermektedir. Enerji tüketimindeki bu azalma hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır.

Tablo 26: İncelenen konutlara bütün iyileştirme stratejileri öncesi ve sonrası yıllık m²ye düşen ISITMA miktarları [kWh/m²].

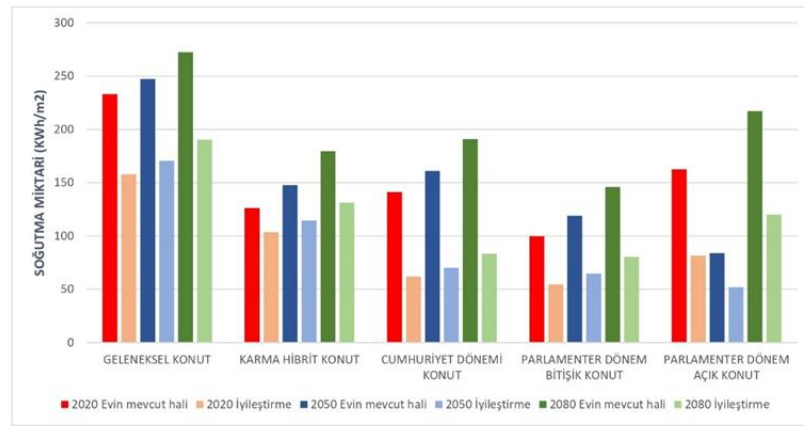
Belirlenen Bütün İyileştirme Türleri Uyguluktan sonra Konutların Yıllık m ² ye Düşen ISITMA Miktarları [kWh/m ²]						
YIL	ST.1 ST.2.a ST.2.b	GELENEKSEL KONUT	KARMA HİBRİT KONUT	CUMHURİYET DÖNEMİ KONUT	PARLAMENTER DÖNEM BİTİŞİK KONUT	PARLAMENTER DÖNEM AÇIK KONUT
2020	Evin mevcut hali	15.6	11.9	5.8	60	5.7
	İyileştirme Uygulama Sonrası	5.19	3.45	0.5	17.38	1.09
2050	Evin mevcut hali	11.8	8.8	.9	49.8	3.9
	İyileştirme Uygulama Sonrası	4.68	2.17	0.3	12.26	0.5
2080	Evin mevcut hali	7.9	4.9	1.9	34.9	1.9
	İyileştirme Uygulama Sonrası	3.92	1.06	0.08	6.54	0.38



Şekil 44: Konutların bütün iyileştirme stratejileri öncesi ve sonrası yıllık m²ye düşen ISITMA miktarları [kWh/m²].

Tablo 27: İncelenen konutlara bütün iyileştirme stratejileri öncesi ve sonrası yıllık m²'ye düşen SOĞUTMA miktarları [kWh/m²].

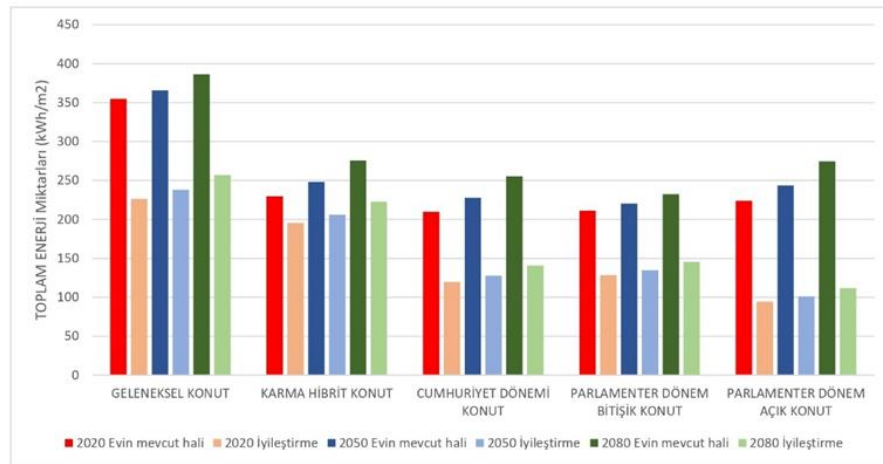
Belirlenen Bütün İyileştirme Türleri Uyguluktan sonra Konutların Yıllık m ² 'ye Düşen SOĞUTMA Miktarları [kWh/m ²]						
YIL	ST.1 ST.2.a ST.2.b	GELENEKSEL KONUT	KARMA HİBRİT KONUT	CUMHURİYET DÖNEMİ KONUT	PARLAMENTER DÖNEM BİTİŞİK KONUT	PARLAMENTER DÖNEM AÇIK KONUT
2020	Evin mevcut hali	233.2	126.33	141.28	99.8	162.5
	İyileştirme Uygulama Sonrası	164.16	111.11	71.8	54.6	91.50
2050	Evin mevcut hali	247.37	147.76	161.1	119.14	83.9
	İyileştirme Uygulama Sonrası	175.74	122.93	80.19	74.8	61.9
2080	Evin mevcut hali	272.64	179.56	191	145.96	217.14
	İyileştirme Uygulama Sonrası	195.82	141.84	92.42	93.3	139.88



Şekil 45: Konutların bütün iyileştirme stratejileri öncesi ve sonrası yıllık m²'ye düşen SOĞUTMA miktarları [kWh/m²].

Tablo 28: İncelenen konutlara bütün iyileştirme stratejileri öncesi ve sonrası yıllık m²ye düşen TOPLAM ENERJİ miktarları [kWh/m²].

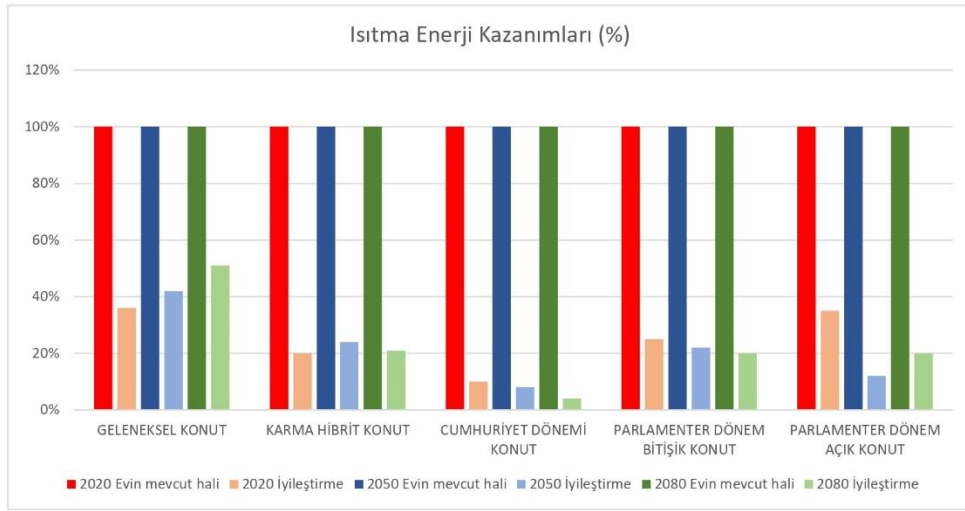
Belirlenen Bütün İyileştirme Türleri Uyguluktan sonra Konutların Yıllık m ² ye Düşen TOPLAM ENERJİ Miktarları [kWh/m ²]						
YIL	ST.1 ST.2.a ST.2.b	GELENEKSEL KONUT	KARMA HİBRİT KONUT	CUMHURİYET DÖNEMİ KONUT	PARLAMENTER DÖNEM BİTİŞİK KONUT	PARLAMENTER DÖNEM AÇIK KONUT
2020	Evin mevcut hali	354.78	229.7	209.74	211.34	223.9
	İyileştirme Uygulama Sonrası	231.99	202.99	139.73	138.5	98.28
2050	Evin mevcut hali	365.97	248.11	227.7	220.45	243.57
	İyileştirme Uygulama Sonrası	242.82	214.54	147.84	158.73	110.03
2080	Evin mevcut hali	386.59	275.9	255.56	232.42	274.7
	İyileştirme Uygulama Sonrası	262.38	233.35	160.91	173.28	121.75



Şekil 46: Konutların incelenen konutlara bütün iyileştirme stratejileri öncesi ve sonrası yıllık m²ye düşen TOPLAM ENERJİ miktarları [kWh/m²].

Tablo 29: Uygulamaların Sonucu Oluşan Isıtma Enerji Kazanımların yüzdesi

Belirlenen Bütün İyileştirme Türleri Uygulamaları Sonucu Oluşan Birincil Isıtma Enerji Kazanımlarlar (%)					
	GELENEKSEL KONUT	KARMA HİBRİT KONUT	CUMHURİYET DÖNEMİ KONUT	PARLAMENTO DÖNEM BİTİŞİK KONUT	PARLAMENTO DÖNEM AÇIK KONUT
2020	64	80	90	75	65
2050	58	76	92	78	88
2080	49	79	96	80	80



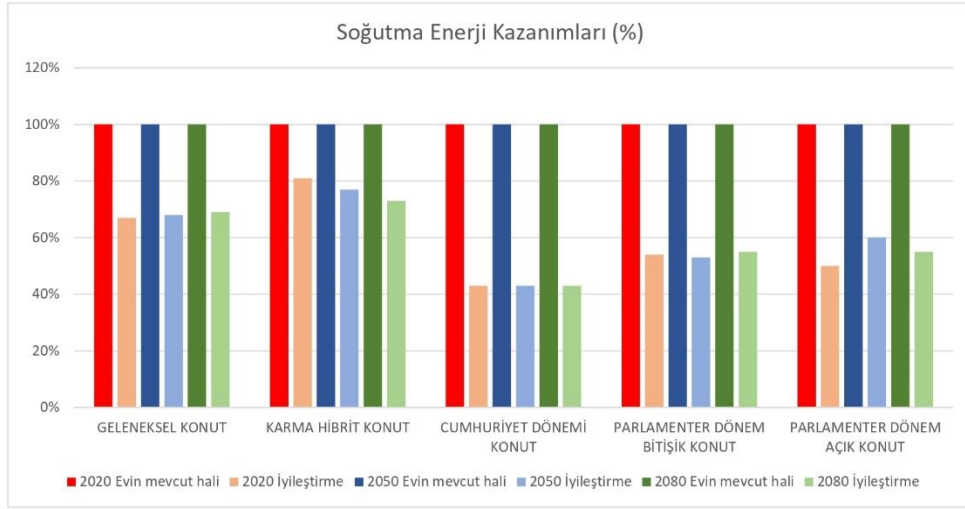
Şekil 47: Uygulamaların Sonucu Oluşan Isıtma Enerji Kazanımları

Belirlenen her mevcut konut yapı kabuğuna (duvarlar, döşemeler ve tavanlar) yönelik iyileştirme çalışmaları kapsamında, 8 cm-15 cm kalınlığında ısı yalıtımları uygulanmış, mevcut açıklıkların boyutları %50 oranında azaltılmış ve cam türleri olarak LOW-E çift (3 mm/13 mm hava boşluğu) kullanılmıştır. Bu uygulamaların sonuçları, Tablo 29 ve Şekil 48'de gösterildiği üzere, tüm yapı tiplerinin ortalama ısıtma enerji kazanımının 2020 yılında %75, 2050 yılında %79 ve 2080 yılında ise %77 oranında olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak, önümüzdeki yıllarda meydana gelecek iklim değişikliği koşulları altında aynı yapı için uygulanan iyileştirme stratejileriyle elde edilecek enerji kazanımları da farklılık göstermektedir.

Geleneksel konut için yapılan iyileştirme stratejileri, 2020 yılında %64 oranında ısıtma enerji kazanımı sağlarken, aynı yapının 2050 yılında %58 ve 2080 yılında %49 oranında enerji kazanımı sağlayacağı öngörülmektedir.

Tablo 30: Uygulamaların Sonucu Oluşan Soğutma Enerji Kazanımların yüzdesi

Belirlenen Bütün İyileştirme Türleri Uygulamaları Sonucu Oluşan Birincil Soğutma Enerji Kazanımlarları (%)					
	GELENEKSEL KONUT	KARMA HİBRİT KONUT	CUMHURİYET DÖNEMİ KONUT	PARLAMENTO DÖNEM BİTİŞİK KONUT	PARLAMENTO DÖNEM AÇIK KONUT
2020	33	19	57	46	50
2050	32	23	57	47	40
2080	31	27	57	45	45



Şekil 48: Uygulamaların Sonucu Oluşan Soğutma Enerji Kazanımları

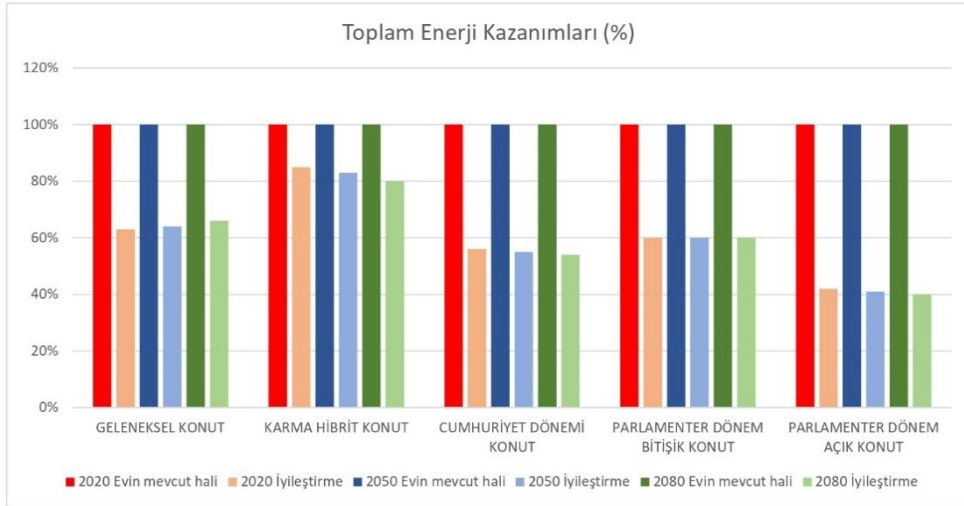
Belirlenen her mevcut konut yapı kabuğuna (duvarlar, döşemeler ve tavanlar) yönelik iyileştirme çalışmaları kapsamında, 8 cm-15 cm kalınlığında ısı yalıtımları uygulanmış, mevcut açıklıkların boyutları %50 oranında azaltılmış ve cam türü olarak LOW-E çift (3 mm/13 mm hava boşluğu) tercih edilmiştir.

Bu uygulamaların sonuçları, Tablo 30 ve Şekil 49'da gösterildiği üzere, tüm yapı tiplerinin ortalama soğutma enerji kazanımının 2020 yılında %41, 2050 yılında

%40 ve 2080 yılında ise %41 olarak hesaplandığını ortaya koymaktadır. Ancak, önümüzdeki yıllarda meydana gelecek iklim değişiklikleri göz önünde bulundurulduğunda, aynı yapının aynı iyileştirme stratejileri ile elde edilen enerji kazanımları da farklılık göstermektedir. Parlamenter dönem açık konut için uygulanan iyileştirme stratejileri, 2020 yılında %46 oranında soğutma enerji kazanımı sağlarken, aynı yapının 2050 yılında %45 ve 2080 yılında %47 oranında enerji kazanımı sağlayacağı öngörülmektedir.

Tablo 31: Uygulamaların Sonucu Oluşan Toplam Enerji Kazanımların yüzdesi

Belirlenen Bütün İyileştirme Türleri Uygulamaları Sonucu Oluşan Birincil Toplam Enerji Kazanımları (%)					
	GELENEKSEL KONUT	KARMA HİBRİT KONUT	CUMHURİYET DÖNEMİ KONUT	PARLAMENTER DÖNEM BİTİŞİK KONUT	PARLAMENTER DÖNEM AÇIK KONUT
2020	37	15	44	40	58
2050	36	17	45	40	59
2080	34	20	46	40	60



Şekil 49: Uygulamaların Sonucu Oluşan Toplam Enerji Kazanımları

Belirlenen her mevcut konut yapı kabuğuna (duvarlar, döşemeler ve tavanlar) yönelik iyileştirme çalışmaları çerçevesinde, 8 cm-15 cm kalınlığında ısı yalıtımları

uygulanmış, mevcut açıklıkların boyutları %50 oranında azaltılmış ve cam türü olarak LOW-E çift (3 mm/13 mm hava boşluğu) tercih edilmiştir. Bu uygulamaların sonuçları, Tablo 31 ve Şekil 50'de gösterildiği üzere, tüm yapı tiplerinin ortalama toplam enerji kazanımının 2020 yılında %39, 2050 yılında %40 ve 2080 yılında ise %40 olarak hesaplandığını ortaya koymaktadır.

Ancak, önümüzdeki yıllarda meydana gelecek iklim değişiklikleri göz önünde bulundurulduğunda, aynı yapının aynı iyileştirme stratejileri ile elde edilen enerji kazanımları da farklılık göstermektedir. Geleneksel konut için uygulanan iyileştirme stratejileri, 2020 yılında %37 oranında toplam enerji kazanımı sağlarken, aynı yapının 2050 yılında %36 ve 2080 yılında %34 oranında enerji kazanımı sağlayacağı öngörülmektedir.

Karma hibrit konut için yapılan iyileştirme stratejileri, 2020 yılında %15 oranında toplam enerji kazanımı sağlarken, aynı yapının 2050 yılında %17 ve 2080 yılında %20 oranında enerji kazanımı elde edeceği belirlenmiştir. Cumhuriyet dönemi konut için uygulanan iyileştirme stratejileri ise, 2020 yılında %44 oranında toplam enerji kazanımı sağlarken, aynı evin 2050 yılında %45 ve 2080 yılında %46 oranında enerji kazanımı sağlaması beklenmektedir. Parlamenter dönem bitişik konut için uygulanan iyileştirme stratejileri, 2020 yılında %40 oranında toplam enerji kazanımı sağlarken, bu konutların 2050 ve 2080 yıllarında da %40 oranında enerji kazanımı sağlayacağı öngörülmektedir. Son olarak, parlamenter dönemi açık konut için yapılan iyileştirme stratejileri, 2020 yılında %58 oranında toplam enerji kazanımı sağlarken, aynı evin 2050 yılında %59 ve 2080 yılında %60 oranında enerji kazanımı sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

BÖLÜM V

TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan kaynak taraması, Bağdat'taki konut inşaat maliyetlerinin artması ve aile üyelerinin sayısının azalması nedeniyle mevcut konutların metrekarelerinin giderek küçüldüğünü ortaya koymaktadır. Bu küçülme nedeniyle geçmişte var olan açık avlular, diğer plan fonksiyonlarına daha fazla alan açmak amacıyla iptal edilmektedir. Ayrıca, geçmişte yalıtım malzemeleri kullanılmaması sebebiyle, bölgenin sıcak iklimine karşı yüksek dirençli taş ve tuğla gibi malzemelerin kullanılması tercih edilmektedir; bu durum, tarihi evlerde yaşamayı daha konforlu hale getirmektedir.

İklim analizi sonuçlarına göre, Bağdat'ın sıcak ve kuru ikliminin önümüzdeki yıllarda daha da sıcak ve kurak hale geleceği öngörülmektedir. Bu, mevcut evlerde konforlu bir yaşam sağlamayı ve bu evlerin aşırı iklim koşullarına dayanıklılığını artırmayı daha önemli bir konu haline getirmektedir.

Bu gerçekler doğrultusunda, araştırma kapsamındaki yapılarda, dört farklı döneme ait mevcut az katlı konutların yapı kabuğu, açıklıklar ve kullanılan soğutma stratejileri üzerinde uygulanacak iyileştirmeler simüle edilmiştir. Değerlendirilen konut tipleri; geleneksel konut, karma hibrit konut, Cumhuriyet dönemi konutu, parlamenter dönem bitişik konutu ve parlamenter dönem açık konutlarıdır. İyileştirme stratejileri, her yapıya teker teker uygulanmış ve her birinin etkisi değerlendirilmiştir. Daha sonra tüm belirlenen iyileştirme stratejileri, her bir yapıya birlikte uygulanmış ve sonuçları mevcut yapı ile iyileştirilmiş yapı arasında karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Uygulanan iyileştirme stratejileri, birinci strateji olarak ST.1 (duvarlar, zeminler ve çatılara yalıtım uygulanması), ikinci strateji olarak ST.2.a ve ST.2.b (açıklıklarda kullanılan boyutların ve malzemelerin değiştirilmesi) olarak belirlenmiştir.

Yapılan değerlendirmeler, ilk etapta konutların mevcut durumunu ve ardından belirlenen iyileştirme uygulamalarını içermektedir. Tüm yapı tipleri için 2020, 2050 ve 2080 yılları arasında ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimi değerlendirmeleri gerçekleştirilmiştir.

Yapılan araştırma sonucunda, sıcak ve kuru iklimde yer alan Bağdat şehrinin mevcut az katlı yapıları için şu hedefler belirlenmiştir:

- Soğutma yükünü en aza indirmek,
- Mevcut konutların iklim değişikliğine dayanıklılığını artırmak,
- Mevcut konutların gereğinden fazla enerji tüketen yanlış uygulamalarını tespit etmek,
- Konutlarda kullanılan soğutma enerjisi çeşitlerini göz önünde bulunduran bir iyileştirme sistemi geliştirmek.

Simölasyon test sonuçları, mevcut az katlı konutların soğutma enerjisi tüketimini azaltmak için bu çalışmada uygulanan iyileştirme ve yenileme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bağdat, belirlenen alanında farklı yapı kabuğu uygulamaları ve soğutma sistemleri ile çeşitli ev tipolojilerine sahiptir. Bu araştırmada, evler yapım dönemlerine göre tarihi evlerden modern olanlara ayrıştırılmıştır. Mevcut evlerin kaynak taraması ve simölasyonları sonucunda:

- Duvarlar, zeminler ve çatılarda yalıtım malzemesi kullanılmamaktadır, bu da ısı kazanımının artmasına neden olmaktadır.
- Dış pencerelerde ve cephelerde kullanılan tek cam türü, ısı kazanımına yol açmaktadır.
- Güney cephelerde geniş açıklıklar yapılması, ısıl konfor açısından sorun teşkil etmektedir.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarına dikkat edilmemesi, bu evlerin yüksek enerji tüketimi gerçekleştirmesine neden olmaktadır.

Mevcut evlerin soğutma enerjisi tüketimini azaltmak ve hem bugün hem de gelecekteki iklim değişikliği koşullarına dayanabilirliğini sağlamak amacıyla, bu binalarda kullanılan soğutma enerjisi yükleri hesaplanmıştır. Binanın yapı kabuğu ve kullanılan malzemelerin soğutma enerjisi tüketimi üzerindeki etkilerini belirlemek için araştırmalar yapılmıştır. Belirlenen sorunlara göre uygulanabilecek iyileştirme stratejileri geliştirilmiştir. Uygulanan iyileştirme stratejileri iki ana başlık altında toplanmıştır:

- Yapı kabuğu üzerinde müdahale
- Cephe açıklıklarının yeniden boyutlandırılması ve malzeme değişiklikleri

Belirlenen uygulama başlıkları sayesinde, dört farklı tipolojideki evler mevcut malzeme ve stratejileriyle 2020, 2050 ve 2080 yılları arasında üç farklı iklim koşulunda simüle edilmiştir. Isıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim yükleri hesaplanmıştır. Daha sonra bu iyileştirme başlıkları kullanılarak her ev için aynı iklim koşullarında uygulama yapılmış ve hangi uygulamanın daha verimli sonuçlar verdiği araştırılmıştır. Tüm başlıkların simülasyon uygulamaları esnasında, konutların yıllık enerji tüketim değerlerinin mevcut durumlarıyla karşılaştırılması sonucunda çeşitli çıkarımlar yapılmıştır.

- Her bina kabuğuna uygulanan iyileştirme stratejileri sonucunda, her evin duvar, çatı ve zeminlerine yalıtım malzemesi uygulanması, ısıtma ve soğutma yüklerini azaltmanın en etkili stratejileri arasında yer almıştır. Yıllık ısıtma enerjisi tüketimi %49-99, soğutma enerjisi tüketimi %19-50 ve toplam enerji tüketimi %40'a kadar azalmıştır.
- Mevcut konutların cephe açıklıklarında uygulanan iyileştirme stratejileri sonucunda, açıklıklarda kullanılan malzemelerin tek camdan ikili LOW-E cama dönüştürülmesi ve bu açıklık boyutlarının %60'tan %30'a düşürülmesi elde edilen diğer önemli sonuçlardır. Bu strateji, soğutma enerjisi tüketimini %38 oranında azaltırken, genel olarak toplam enerji tüketiminde %28 oranında bir azalma sağlamıştır.
- Tüm iyileştirme stratejilerinin bir arada uygulanması sonucunda, her evin toplam enerji tüketimi gözle görülür oranda azalmıştır. Buna göre; 2020, 2050 ve 2080 yıllarında ısıtma enerjisi yükleri %49-90 arasında azalmış, aynı konutların soğutma yükleri ise %19-57 oranlarında azalmıştır. Sonuç olarak, tüm iyileştirmeler neticesinde elde edilen ortalama enerji tüketimi verisi, tüm evlerde %15-60 oranında daha az enerji tüketimi sağlandığını göstermektedir.

Tablo 32: İyileştirme stratejileri sonucu oluşan enerji kazanımları yüzdesi

	GELENEKSEL KONUT (1912) 90M ²	KARMA HİBRİT KONUT (1942) 300M ²	CUMHURİYET DÖNEMİ KONUT (1977) 600M ²	PARLAMENTOYER DÖNEM BİTİŞİK KONUT (2022) 100M ²	PARLAMENTOYER DÖNEM AYRIK KONUT (2024) 400M ²
Yapı Kabuğu (ST.1)	27%	30%	32%	28%	41%
Açıklıkların Boyutlar ve Malzeme değişimi (ST.2.a)			12%	15%	28%
Cephe Pencerelerin Malzeme değişimi (ST.2.b)	12%	9%	8%	10%	23%
ST.1 ST.2.a VE ST.2.b	20%	20%	18%	17%	27%

Bu araştırma için yapılan simülasyon çalışmasına göre, mevcut konutların kabuğunda yalıtım kullanılmaması, cephelerde geniş açıklıklar tasarlanması ve cephelerin pençelerinde kullanılan cam tipi gibi fark edilen hatalar tespit edilmiştir. Bu hatalar, bazı önerilere göre düzeltilip geliştirilebilir. Bu öneriler, mevcut konutlara ve yapılmakta olan ya da ileride yapılacak yeni konutlara uygulanabilir.

Tablo 32'deki verilere göre, simülasyon değerlendirmelerine dayanan bu çalışmada sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- Yapı kabuğu müdahaleleri, iyileştirme stratejileri arasında en etkili olanıdır. Yalıtımsız kabuk yapılarının yüksek enerji tüketiminin sebebi olduğu tespit edilmiştir ve mevcut yapıların iyileştirme seçeneklerinin ihmal edilmemesi gerektiği vurgulanmıştır.
- Geleneksel ve karma hibrit tarihi konutlarda kullanılan kabuk malzemeleri yalıtımsız olmasına rağmen, U değerleri düşük ve sıcak-kuru iklim için uygun

malzemelerdir. Bu duruma göre, bu konutların yıkılmak yerine, iyileştirilmesi ve yeniden kullanılması gerektiğini göstermektedir.

- Cephe açıklıklarının yeniden boyutlandırılması ve malzemelerin iyileştirilmesi stratejisi, etkili iyileştirme stratejileri arasında ikinci sıradadır. Bu bağlamda, Bağdat gibi sıcak-kuru iklime sahip bölgelerde, geniş olmayan küçük açıklıkların tasarlanmasının faydalı olacağı görülmüştür.
- Sadece cephe pençelerinin cam tipinin iyileştirilmesi ve mevcut konutlarda kullanılan tek cam yerine çift LOW-E cam tipinin kullanılması, enerji tüketimini azaltmıştır. Mevcut evlerde cam tipinin iyileştirilmesinin de faydalı olacağı belirlenmiştir.
- İyileştirme stratejilerinin üçü de en çok ayırık konutlar ve ortasında açık avlulu olan konutlar üzerinde etki göstermektedir. Sıcak-kuru iklime sahip bölgelerde hem bitişik olmayan ayırık konutlar hem de ortasında açık avlulu konut tasarımının enerji tüketimi açısından daha mantıklı ve tasarruflu olduğu görülmüştür.
- Ayırık ve ortasında açık avlulu konutların yanı sıra, alanı küçük olan konutların enerji tüketimi açısından daha verimli olduğu tespit edilmiştir.
- Yapılan kaynak taraması, iklim analizleri ve simülasyon çalışmalarına göre, Bağdat'ın iklim koşullarının gelecek yıllarda daha sıcak ve kuru hale geleceği ve konutların bu durumdan olumsuz etkileneceği öngörülmektedir. Mevcut konutların iyileştirilmesi konusu ciddi bir şekilde ele alınmalıdır. Konutların yapı kabuğunda uygun yalıtım kullanılması, açıklıkların boyutlarının küçültülmesi, cephe pençelerinde çift LOW-E cam tipi kullanılması, konut alanlarının küçük tutulması ve tarihi konutlardan ilham alınarak ortasında açık avlu tasarlanması önerilmektedir.

Mevcut konutlarda konforlu bir yaşam sağlamak ve enerji tüketimlerini azaltmak açısından bu önlemlerin faydalı ve etkili olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın sonunda, mevcut evlerin enerji tüketimini azaltmak ve bu evlerin hem şimdi hem de gelecekte iklim değişikliğine karşı ayakta kalmalarını sağlamak amacıyla iyileştirme stratejilerinin belirlenmesine odaklanılmıştır. Sıcak-kuru iklimlerdeki evler, yaz günlerinde konforlu iklim sağlamak için küçük bir çeşme ile iyi gölgelendirilmiş avlular kullanmayı ve geniş zemin alanının ısıtma ve soğutma enerjisini boşa harcaması nedeniyle binayı küçük tutmayı önerir. Yapılacak

ilave çalışmalarla iyileştirme stratejileri geliştirerek farklı iklim bölgelerinin de araştırılması hedeflenmektedir.

Gelecekteki alışmalar için, daha fazla iklim verisi altında daha farklı bina tiplerinin enerji tüketimini analiz etmek ve hava sıcaklıklarının yanı sıra nemin etkisinin önemine daha fazla odaklanarak bu çalışmayı genişletmek mümkündür.



KAYNAKÇA

- ABAAS Zaynab (2020), “Impact of development on Baghdad’s urban microclimate and human thermal comfort”, *Alexandria Engineering Journal*, Cilt 59, Sayı 1, ss. 275-290.
- AKIN Tuncay (2001), *Doğal çevre etmenlerine bağlı olarak, yerleşme ve bina ölçeğinde iklimle dengeli konut tasarım denetleme modeli* (Doktora Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- AKKÖSE Gizem, DURAN Ayça, GÜRSEL DINO İpek ve MERAL AKGÜL Çağla (2023), “Makina öğrenmesi ile pencere parametrelerinin bina performansına etkisinin iklim değişikliği gözetilerek incelenmesi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 38, Sayı 4, ss. 2069–2084.
- ALTAIE Bariq, Abdulmajeed ve Meervat (2022), “Regulation of Supplier Standards in Iraq: Through Sustainability Standards”, *İçinde, Geotechnical Engineering and Sustainable Construction*, Editorler Mahdi Karkush ve Deepankar Choudhury, ss. 715-725, Springer, Singapore.
- ALAYBAŞI Naime (2003), *Sıcak kuru iklim bölgelerinde enerji korunumu açısından bina dış kabuğu alternatiflerinin bina formuna bağlı olarak belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- ALI Shahbaa (2020), *Arap kentleri konut tipolojisinin dönemsel gelişimi ve modernliğin etkileri: Bağdat alan çalışması* (Doktora Tezi), Gazi Üniversitesi, Ankara.
- ALOBAYDI Dhigam, BAKARMAN Mohammed ve OBEIDAT Bushra (2016), “The Impact of Urban Form Configuration on the Urban Heat Island: The Case Study of Baghdad, Iraq”, *Procedia Engineering*, Cilt 145, Sayı 1, ss.820–827.

- ALTAHHAN Razan (2022), *Saving energy by using biomimicry facade to adapt to climate change* (Yüksek Lisans Tezi), Altınbaş Üniversitesi, İstanbul.
- ANSI/ASHRAE Standard (2013), American National Standards Institute, *Thermal environmental conditions for human occupancy*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ss.58, Amerika.
- ANSI/ASHRAE Standard (2004), American National Standards Institute, *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, ss.34, Atlanta.
- ARSHAD Omar (2020), *Thermal Efficiency of Courtyards for Residential Buildings in Iraq* (Doktora Tezi), University of Plymouth, İngiltere.
- ASHRAE (2018), *ASHRAE Pocket Guide for Air Conditioning, Heating, Ventilation, Refrigeration*, Ashrae, Atlanta.
- ATTI Eman (2019), *Passive design guideline for hot humid climate in libya: lessons from past, visions for future* (Doktora Tezi), Çankaya Üniversitesi, Ankara.
- AYTEKİN Görkem (2019), *Sıcak kuru iklimde yer alan konut binalarında maliyet etkin iyileştirme teknikleri* (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi, Ankara.
- BABACAN Büşra (2022), *Sıcak-Kuru İklim Bölgelerinde İklimle Uyumlu Çağdaş Konut Tasarım Yaklaşımları ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, İstanbul.
- BAWEJA Vandana (2008), *A Pre-history of Green Architecture: Otto Koenigsberger and Tropical Architecture, from Princely Mysore to Post-colonial London* (Doktora Tezi), Michigan Üniversitesi, Michigan.
- BOZKURT Deniz ve SEN Ömer (2013), “Climate change impacts in the Euphrates–Tigris Basin based on different model and scenario simulations”, *Journal of hydrology*, Cilt 480, Sayı 1 ss. 149-161.
- CANAN Fatih (2008), *Enerji etkin tasarımda parametrelerin denetlenmesi için bir model denemesi* (Doktora Tezi), Selçuk Üniversitesi, Konya.
- CARLUCCI Salvatore (2013), *Thermal Comfort Assessment of Buildings*, Springer Milan.
- CETIN Kristen, FATHOLLAHZADEH Mohammad, KUNWAR Niraj, DO Huyen ve TABARES-VELASCO Paulo (2019), “Development and validation of an HVAC on/off controller in EnergyPlus for energy simulation of residential and small commercial buildings”, *Energy and Buildings*, Cilt 183, Sayı 1, ss.467–483.

- CIRIT Ayşegül (2012), *Binalarda güneş kontrol elemanlarının soğutma enerjisi yüklerine etkisinin irdelenmesine ilişkin bir çalışma* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- DİKMEN Çiğdem (2011), “Enerji etkin yapı tasarım ölçütlerinin örneklenmesi”, *Politeknik Dergisi*, Cilt 14, Sayı 2, ss. 121-134.
- DWELA Mohamed (2022), *The determination of the retrofitting strategies on thermal comfort and energy efficiency of mosques: yaşamkent mosque example 2022 master thesis architecture engineering* (Yüksek Lisans Tezi), Karabük Üniversitesi, Karabük.
- ECE Esmâ (2021), *Yeşil çatıların sıcak kuru iklim bölgesindeki performansının incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.
- EDWARD Arens ve H. Zhang (2006), *The skin's role in human thermoregulation and comfort*, 16. Cilt, woodhead, USA.
- EKİZCE CAN Melis (2015), *Sıcak- kuru iklim bölgelerinde bina kabuğu ısı performansının yaz konfor koşulları açısından değerlendirilmesine yönelik bir çalışma* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- EL-SHINNAWY Pakinam (2018), *An approach for comparing the energy effect of waterwall systems in an office space; case studies in istanbul, and Stockholm* (Yüksek Lisans Tezi), Yaşar Üniversitesi, İzmir.
- EN 15251 (2006), *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*, Eroupean Standart.
- ERDEMİR İdil (2014), *Sıcak-kuru iklim bölgelerinde enerji korunumu-yerleşme dokusu-form etkileşimi Geleneksel Diyarbakır evleri örneği* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- ESTRADA Francisco, CALDERÓN-BUSTAMANTE Oscar, BOTZEN Wouter, VELASCO Juli'an ve TOL Richard (2022), “AIRCC-Clim: A user-friendly tool for generating regional probabilistic climate change scenarios and risk measures”, *Environmental Modelling and Software*, Cilt 157, Sayı 1, ss.2.
- FANGER P. O. (1973), “Assessment of man's thermal comfort in practice”, *British Journal of Industrial Medicine*, Cilt 30, Sayı 4, ss. 313-324.

- GABRİL Nadya (2014), *Thermal Comfort and Building Design Strategies for Low Energy Houses in Libya Lessons from the vernacular architecture* (Doktora Tezi), Westminster Üniversitesi, İngiltere.
- GÜNER Cansu (2017), *Enerji etkin tasarımda, ekolojik ve sürdürülebilir malzeme seçimi üzerine bir çalışma* (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Adana.
- HARPUTLUGİL Gülsu ve HARPUTLUGİL Timuçin (2016), “Çevresel konfor ve enerji tasarrufu bağlamında konut kullanıcıları davranış profilleri üzerine bir araştırma”, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, Cilt 31, Sayı 3, ss. 695–708.
- HENNINGER Robert, WITTE Michael ve CRAWLEY Drury (2004), “Analytical and comparative testing of EnergyPlus using IEA HVAC BESTEST E100-E200 test suite”, *Energy and Buildings*, Cilt 36, Sayı 8, ss. 855–863.
- HOUGHTON John (2005), “Global warming”, *Reports on Progress in Physics*, Cilt 68, Sayı 6, ss. 1343–1403.
- ILTEN Nadir, SELİCİ Ayşe ve CANER İsmail (2017), “İç ortamlarda sıcaklık ve bağıl nem parametrelerinin sosyal-ekonomik yapı ile ilişkisi”, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt 19, Sayı 2, ss. 1–10.
- ISO (2005), International Organization for Standardization, *Ergonomics of the thermal environment analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*, ss.5, Geneva.
- KAIHOUL Ahmed, SRİTİ Leila, AMRAOUI Khaoula, Dİ TURI Silvia ve RUGGIERO Francesco (2021), “The effect of climate-responsive design on thermal and energy performance: A simulation based study in the hot-dry Algerian South region”, *Journal of Building Engineering*, Cilt 43, Sayı 1, ss. 103023.
- KHANAL Rakesh ve LEI Chengwang (2011), “Solar chimney—A passive strategy for natural ventilation. Energy and Buildings”, *Energy and Buildings*, Cilt 43, Sayı 8, ss. 1811–1819.
- KİLİÇARSLAN Damla Dilber (2013), *Tipik bir Türk okul binasının pencerelerinin doğal aydınlatma ve ısı performans açısından optimizasyonu* (Yüksek Lisans Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Kıbrıs.

- LECHNER Norbert (2014), *Heating, cooling, lighting: Sustainable design methods for architects*, Beşinci Basım, John Wiley & Sons, Kanada.
- LOUDON AG. (1968), *Summertime Temperatures in Buildings Without Air-Conditioning*.
- LUO Maohui, WANG Zhe ve KE Kevien (2018), “Human metabolic rate and thermal comfort in buildings”, *Cilt 131, Sayı 1*, ss.44-52.
- MANİOĞLU Gülten (1995), *İklimsel Konfor ve Enerji Ekonomisi Açısından Isıtma Sisteminin İşletme Şekline Bağlı Olarak Bina Kabuğunun Isıl Performansının Değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- MALIK Sakshay (2015), “Energy Efficient Design of the Building Envelope in a Moderate Climate”, *Cilt 45, Sayı 12*, ss. 1-8.
- MANSOR M. A., MANSOR A. A. ve MOHAMMED A. S. (2023), “Investigating and evaluating the application of green building principles in the Iraqi construction legislation”, *AIP Conference Proceedings*, *Cilt 2591, Sayı 1*, ss.1-17.
- MATEUS Nuno, PINTO Armando ve DA GRAÇA Guilherme Carrilho (2014), “Validation of EnergyPlus thermal simulation of a double skin naturally and mechanically ventilated test cell”, *Energy and Buildings*, *Cilt 75, Sayı 1*, ss. 511–522.
- MAZZEO Domenico, MATERA Nicoletta, CORNARO Cristina, OLIVETTI Giuseppe, ROMAGNONI Piercarlo ve DE SANTOLI Livio (2020), “EnergyPlus, IDA ICE and TRNSYS predictive simulation accuracy for building thermal behaviour evaluation by using an experimental campaign in solar test boxes with and without a PCM module”, *Energy and Buildings*, *Cilt 212, Sayı 1*, ss. 212.
- MOAZAMI Amin, CARLUCCI Salvatore ve GEVING Stig (2017), “Critical Analysis of Software Tools Aimed at Generating Future Weather Files with a view to their use in Building Performance Simulation”, *Energy Procedia*, *Cilt 132, Sayı 1*, ss. 640–645.
- MOLDOVAN Macedon, VISA Ion, NEAGOE Mircea ve BURDUHOS Bogdan (2014), “Solar heating & cooling energy mixes to transform low energy buildings in nearly zero energy buildings”, *Energy Procedia*, *Cilt 48, Sayı 1*, ss. 924–937.

- NEWELL Richard, RAIMI Daniel, VILLANUEVA Seth ve PREST Brian (2021), *Global Energy Outlook, Pathways from Paris*, Paris.
- OLESEN Bjarne, SEPPANEN Olli ve BOERSTRA Atze (2004), “criteria for the indoor environment for energy performance of buildings – a new european standard”, *Facilities*, Cilt 24, Sayı 12, ss.1-11.
- OLGYAY Victor (2015), *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism*, Princeton university press, Amerika.
- PACHECO R., ORDÓÑEZ J. ve MARTÍNEZ G. (2012), “Energy efficient design of building: A review. In Renewable and Sustainable Energy Reviews”, Cilt 16, Sayı 6, ss. 3559–3573.
- PARSONS K. C. (2002), “The effects of gender, acclimation state, the opportunity to adjust clothing and physical disability on requirements for thermal comfort”, *Energy and Buildings*, Cilt 34, Sayı 6, ss. 593-599.
- P. TOOTKABONI Mamak, BALLARINI Ilaria, ZINZI Michele ve CORRADO Vincenzo (2021), “A comparative analysis of different future weather data for building energy performance simulation”, *Climate*, Cilt 9, Sayı 2, ss. 1–16.
- REES Simon, SPITLER Jeffrey, DAVIES Morris ve HAVES Philip (2000), “Qualitative comparison of North American and U.K. Cooling load calculation methods”, *HVAC and R Research*, Cilt 6, Sayı 1, ss. 75–99.
- ROAF Sue, NICOL Fergus, HUMPHREYS Michael, TUOHY Paul ve BOERSTRA Atze (2010), “Twentieth century standards for thermal comfort: promoting high energy buildings”, *Architectural Science Review*, Cilt 53, Sayı 1, ss. 65-77.
- SALMAN Aws M. ve SALEEM Younis M. (2021), “The effect of Urban Heat Island mitigation strategies on outdoor human thermal comfort in the city of Baghdad”, *Frontiers of Architectural Research*, Cilt 10, Sayı 4, ss. 838–856.
- SALMAN Saleem, SHAHID Shamsuddin, ISMAIL Tarmizi, AHMED Kamal ve WANG Xiao-Jun (2018), “Selection of climate models for projection of spatiotemporal changes in temperature of Iraq with uncertainties”, *Atmospheric Research*, Cilt 213, Sayı 1, ss. 509–522.
- SALMAN Saleem A., SHAHID Shamsuddin, ISMAIL Tarmizi, CHUNG Eun-Sung ve AL-ABADI Alaa M. (2017), “Long-term trends in daily temperature extremes in Iraq”, *Atmospheric research*, Cilt 198, Sayı 1, ss. 97-107.

- SKEA J., SHUKLA P. R., REISINGER A., SLADE R., PATHAK M., AL KHOURDAJIE A., RENÉE V., AMJAD A., KEIGO A., MUSTAFA B. ve WINKLER H. (2022), "Summary for policymakers ", *Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, USA.
- STEINBERGER J. K., ROBERTS Timmons, PETERS Glen ve BAIÖCCHI G. (2012), "Pathways of human development and carbon emissions embodied in trade", *Nature Climate Change*, Cilt 2, Sayı 2, ss. 81-85.
- SPITLER Jeffrey D., FISHER Daniel ve PEDERSEN Curtis (1997), "The Radiant Time Series Cooling Load Calculation Procedure", Cilt 5, Sayı 2, ss. 503-513.
- SÖZEN İrem (2019), *The evaluation of vernacular settlements in hot dry climate in terms of thermal comfort: the case of mardin* (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- SÜT Gülçin (2013), *Türkiye derece gün bölgelerinde mevcut çok katlı konut binalarının dış kabuğunda yapılacak enerji etkin yenileme stratejileri* (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi, Ankara.
- UMAROĞULLARI Filiz ve CİHANGİR Cenk (2019), "Toplu Konutların İklimsel Konfor Tasarım Parametrelerine Göre Değerlendirilmesi: Ilıman Nemli İklim Bölgesi: Edirne Binevler (1. Kısım) Konut Yapı Kooperatifi Örneği", *Kocaeli Üniversitesi Mimarlık ve Yaşam Dergisi*, Cilt 5, Sayı 1, ss. 105-122.
- VADOUDI Kiyân ve MARINHAS Sandrine (2018), "Development of Psychrometric diagram for the energy efficiency of Air Handling Units", *International Journal of Ventilation*, Cilt 3, Sayı 5, ss.491.
- WHITE Leslie A. (1943), "Energy and the evolution of culture", *American anthropologist*, Cilt 45, Sayı 3, ss. 335-356.
- YARDIMCI Sinan (2019), *İstanbul'da mevcut bir ofis yapısının enerji etkin tasarım bağlamında yenilenmesine yönelik bir yaklaşım* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul.
- YEŞİLLİ Gamze (2016), *Gelişmiş cephe sistemlerinin ekolojik enerji etkin tasarım çerçevesinde incelenmesi, iklim verilerine göre değişimi ve geleceğe yönelik öngörüler* (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi, Ankara.