

**T.C.
HASAN KALYONCU ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI**



**SÜRDÜRÜLEBİLİR YERLEŞİM DOKUSU TASARIM
PARAMETRELERİNİN BIM ARACILIĞIYLA İNCELENMESİNE
YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ: BİRGİ YERLEŞİM DOKUSU
ÖRNEĞİ**

Esra Gözde TALU

DOKTORA TEZİ

GAZİANTEP - 2025



LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ DOKTORA TEZ KABUL VE ONAY FORMU

Mimarlık Anabilim Dalı Doktora Programı öğrencisi **Esra Gözde TALU** tarafından hazırlanan “Sürdürülebilir Yerleşim Dokusu Tasarım Parametrelerinin Bım Aracılığıyla İncelenmesine Yönelik Bir Model Önerisi: Birgi Yerleşim Dokusu Örneği” başlıklı tez,/...../..... tarihinde yapılan savunma sınavı sonucu başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

<u>Görevi</u>	<u>Unvanı, Adı ve Soyadı</u>	<u>Kurumu/Üniversitesi</u>	<u>İmzası:</u>
Tez Danışmanı			
Jüri Başkanı			
Jüri Üyesi			
Jüri Üyesi			
Jüri Üyesi			

Bu tez Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu kararı ile onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Esra Gözde TALU

Tarih:

ÖNSÖZ

Günümüzde enerji problemleri önemli bir gündem kaynağı oluşturmaktadır. Bu nedenle, toplam enerji tüketim miktarlarında oldukça önemli bir paya sahip olan konut yapılarının ve yerleşim alanlarının gerek halihazır haliyle gerekse yeni tasarım aşamasında, enerji verimli tasarıma yönelik yaklaşımların uygulanmasıyla, tükettikleri enerji miktarının büyük ölçüde azaltılması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması mümkün olmaktadır. Enerji hususlarının, tasarım süreçlerine entegre edilmesinde önemli katkı sağlayan BIM kavramı, enerji verimli ve etkin tasarımın, bütün tasarımcılarca benimsenmesi ve uygulanmasını kolaylaştırarak, yapı ve yerleşim alanı bazında enerji tüketimlerinin azaltılabilmesi ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasında fırsat sunmaktadır. Bu sebeple, bu çalışmada, enerji tüketimlerinin azaltılmasını amaçlayan yerleşme dokusu tasarım parametreleri için optimum değerlerin BIM aracılığı ile mevcut bir yerleşme dokusu üzerinden belirlenerek bu alanda alınacak önlemler ve yapılacak iyileştirmeler için öneriler geliştirmek hedeflenmiştir.

Esra Gözde TALU
Gaziantep - 2025

**HASAN KALYONCU ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**SÜRDÜRÜLEBİLİR YERLEŞİM DOKUSU TASARIM
PARAMETRELERİNİN BIM ARACILIĞIYLA İNCELENMESİNE
YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ: BİRGİ YERLEŞİM DOKUSU
ÖRNEĞİ**

Esra Gözde TALU

DOKTORA TEZİ

**Danışman
Prof. Dr. Ülkü ALTINOLUK**

ÖZET

Geçmişten günümüze gerçekleşen hızlı yapılaşma ve plansız şehirleşmeye bağlı olarak gelişen yerleşim alanlarının, enerji tüketim miktarlarındaki payı oldukça büyüktür. Son yıllarda bu payın gittikçe arttığı dikkate alındığında, sürdürülebilir çevrelerin oluşturulması ve enerji verimli tasarıma yönelik yaklaşımların uygulanması gittikçe önem kazanmaktadır. Diğer yandan yapı sektöründe yıllardır kullanılan geleneksel yöntemlerin aksine, BIM kavramı, sağladığı yenilikler ve kolaylıklar ile benimsenmekte, enerji etkin ve sürdürülebilir tasarıma yönelik yaklaşımların, uygulanabilirliği bakımından önem arz etmektedir.

Bu çalışma kapsamında, mevcut yerleşim dokularında sürdürülebilirliğin ve enerji verimliliğinin sağlanmasında etkili olan tasarım parametreleri, son yıllarda gittikçe önem kazanan BIM kavramı özelinden değerlendirilmiştir. Revit Architecture programının eklentisi Insight 360 ve Green Building Studio aracılığı ile analizler yapılmıştır. Alınan analiz sonuçlarındaki yıllık enerji tüketim miktarı, CO₂ salınımları gibi sayısal veriler grafikler ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Tasarım parametreleri içerisinde en düşük enerji tüketimini sağlayan optimum değerler belirlenmiştir. Bu değerler doğrultusunda önerilerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda; çalışmanın birinci bölümünde, problemin belirlenmesi, araştırmanın amacı, önemi, varsayımları, sınırlılıkları, kapsamı, yöntem ve tekniği anlatılmış, sürdürülebilir yerleşim dokuları ve BIM arasındaki ilişkinin önemine değinilmiştir. İkinci bölümünde, sürdürülebilirlik ve BIM kavramı üzerinde durulmuş, bu konudaki genel bilgilere yer verilmiştir. Üçüncü bölümünde, yerleşim dokularının tasarımında enerji verimliliğine etki eden tasarım parametreleri detaylı olarak anlatılmıştır. Dördüncü bölümünde, mevcut bir yerleşme dokusunda yer alan referans bir bina üzerinden enerji analizleri yapılarak yıllık enerji tüketim miktarları hesaplanmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar Insight 360 eklentisinden alınan grafikler üzerinden karşılaştırılmalı olarak değerlendirilerek tasarım parametrelerinin sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarımı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Beşinci bölümünde ise, elde edilen bulgular ve değerlendirmelerle buna bağlı ortaya çıkan sonuçlara yer verilmiştir. Sonuçlara göre, referans yerleşim dokusu ve binalar üzerinde yapılan en uygun kombinasyonlarla geliştirilen yerleşim alternatiflerinde mevcut yerleşimlere kıyasla bina kabuğu ve güneş kontrol sistemi olarak kabul edilen avlu duvarlarının entegrasyonu ile toplam enerji tüketiminde %7,8 oranına kadar düşüş sağlanarak referans yerleşim dokusunun iyileştirilebileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, BIM, Yerleşim Dokusu, Tasarım Parametreleri, Enerji.

**HASAN KALYONCU UNIVERSITY
GRADUATE EDUCATION INSTITUTE
DEPARTMENT of ARCHITECTURE**

**DEVELOPMENT OF A BIM-BASED ANALYTICAL FRAMEWORK
FOR ASSESSING SUSTAINABLE DESIGN PARAMETERS IN
URBAN FABRIC: THE BİRGİ SETTLEMENT CASE STUDY**

Esra Gözde TALU

PHD THESIS

**Advisor
Prof. Dr. Ülkü ALTINOLUK**

ABSTRACT

The share of the settlement areas that due to the rapid construction and unplanned urbanization that have occurred from the past to the present in the amount of energy consumption is quite large. This share has been increasing in recent years, the creation of sustainable environments and the application of energy efficient design approaches are becoming increasingly important. On the other hand, unlike the traditional methods used in the construction sector for years, the BIM concept is adopted with the innovations and conveniences through applicability of energy efficient and sustainable design approaches.

Within the scope of this study, the design parameters that are effective in ensuring sustainability and energy efficiency of existing residential structures have been evaluated in accordance with the concept of BIM, which has become increasingly important in recent years. Analyses were carried out using Insight 360 and Green Building Studio, which are add-ons of Revit Architecture program. The annual energy consumption and CO₂ emissions obtained from the analysis results were evaluated through graphical comparisons. Optimal values that ensure the lowest energy consumption among the design parameters were identified. Based on these values, a set of recommendations has been developed. For this purpose; In the first part of the study, Deciphering the problem, the purpose, importance, assumptions, limitations, scope, method and technique of the research were explained and the importance of the relationship between sustainable settlement structures and BIM was mentioned. In the second part, the concept of sustainability and BIM are focused on, and general information on this topic is included. In the third part, the design parameters affecting energy efficiency in the design of residential structures are described in detail. In the fourth part, annual energy consumption amounts were calculated by conducting energy analyses on a reference building located in an existing residential structure. The results obtained were evaluated comparably on the graphs taken from the Insight 360 plug-in and the effects of design parameters on sustainable settlement texture design were examined. In the fifth part, the findings and evaluations obtained and the related results are included. According to the results, the reference layout texture can be improved by providing a reduction of up to 7.8% in total energy consumption by integrating the courtyard walls, which are considered to be the building shell and solar control system compared to the existing settlements in settlement alternatives developed with the most appropriate combinations made on the reference layout texture and buildings.

Keywords: Sustainability, BIM, Layout Texture, Design Parameters, Energy.



Çok kıymetli aileme...

TEŞEKKÜR

Bu çalışma bana, doktora sürecinin hem güçlüklerle hem de keşiflerle dolu oldukça enteresan tecrübeler kazandıran, verimli bir süreç olduğunu gösterdi. Şüphesiz ülkemizde bir araştırmacı olmak belli başlı kısıtlılıkları en başından itibaren kabullenmeyi gerektiriyor. Buna rağmen bu kısıtlılıklar, bizleri daha fazla gayret göstermeye, ufkumuzu açmaya, genişletmeye ve yeni bilgiler üretmeye yöneltiyor. Dahası bu süreçte önemli bir paya sahip olan düşünsel gayret, bu coğrafyadan bakıldığında var olan “bilgi” nin çeşitli yorumlarını da gözler önüne seriyor. Bu sürecin en benzersiz yanını ise, bu kendini gerçekleştirme süreci oluşturuyor.

Çalışmayı aşama aşama geliştirdiğim dört yıl süresince öncelikle düşüncelerinden faydalandığım tüm yazarlara teşekkür etmek istiyorum. Fikrimce yapılan her çalışma, ilgili alandaki bir boşluğu, bir diğerinin üstüne ekleyerek doldurabildiği sürece anlamlı bir hale gelebiliyor. Bu sebeple burada sunulan çalışmanın kuramsal altyapısını hazırlamam için bana yardımcı olan benden önceki tüm araştırmacılara bu konuda borçlu olduğumu belirtmek istiyorum. Ayrıca bu zorlu süreci ayakta tutan, öğretici kılan birçok öğretim üyesi ve arkadaşımın somut desteğini gördüğümü söylemeliyim.

Bu çalışma süresince tüm bilgilerini benimle paylaşmaktan kaçınmayan, her türlü konuda desteğini benden esirgemeyen ve tezimde büyük emeği olan, ilgili alanda bana önemli kaynaklar sağlayan ve araştırmaya açılımlar getiren, bu çalışmayı sonuçlandırmamda görüşleri ile katkıda bulunan, aynı zamanda kişilik olarak bana çok şey katan Hasan Kalyoncu Üniversitesi öğretim üyelerinden çok değerli danışman hocam, sayın Prof. Dr. Ülkü ALTINOLUK’ a, sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, yapıcı eleştirileriyle her zaman desteğini esirgemeyen ve kendime olan güvenimi pekiştiren, görüşleriyle çalışmamı zenginleştiren ve tez çalışması boyunca beni destekleyip, yüksek lisans tezimdeki jüri üyeliğiyle doktora başlamamda beni teşvik eden değerli hocam Doç. Dr. Adem ATMACA’ ya;

Seminer ve yeterlilik sınavlarımda jüri üyeliğinde bulunarak sunmuş olduğu görüşleriyle araştırmalarıma ve çalışmamda katkıda bulunan kıymetli hocam Prof. Dr. Mahmut Serhat YENİCE’ ye;

Yapmış olduğu çalışmalarıyla ilgili alanda benim ufkumu açan, değerli bilgilerini ve görüşlerini benimle paylaşan saygıdeğer hocam Doç. Dr. Erdem CÜCE’ ye;

Doktora sürecimde ders kayıtlarıyla ilgili yaşadığım tüm sıkıntıların çözümünde her zaman benim yanımda olan, görüşlerine her zaman değer verdiğim sevgili hocam Doç. Dr. Gülden AYALP’ e sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Bununla birlikte, doktora başlamam için beni teşvik eden biricik ağabeyim Yasin TALU’ ya, tez çalışma sürecinde benden manevi desteklerini hiçbir şekilde esirgemeyen ve her daim benim yanımda olan ve bana güvenen çok sevdiğim canım annem ve babam Güler ve Salih TALU’ ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	vii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
KISALTMALAR LİSTESİ	xviii
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Problemin Belirlenmesi	2
1.2. Literatür Özeti.....	4
1.3. Araştırmanın Amacı	6
1.4. Araştırmanın Önemi	7
1.5. Araştırmanın Varsayımları	8
1.6. Araştırmanın Sınırlılıkları.....	9
1.7. Araştırmanın Kapsamı.....	10
1.8. Araştırmanın Tekniği ve Yöntemi	11
2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE BIM.....	17
2.1. Sürdürülebilirlik.....	18
2.1.1. “Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir gelişme” kavramı	18
2.1.2. Sürdürülebilirliğin kapsamı, önemi ve bileşenleri.....	21
2.1.3. Sürdürülebilir gelişmenin tarihsel gelişim süreci	25
2.1.4. Sürdürülebilir yerleşim dokusu kavramı	32
2.1.5. Sürdürülebilir yerleşim dokularının hedefleri	34
2.2. Bina Bilgi Modelleme (Building Information Modelling)	35
2.2.1. “BIM” kavramı ve özellikleri	35
2.2.2. BIM kavramının tarihsel gelişim süreci	39
2.2.4. BIM’ in gelişim ve detay (LOD) seviyeleri.....	48
2.2.5. BIM’ in boyutları (nD modeli)	54
2.2.6. BIM tabanlı programlar ve getirdiği yenilikler	58
2.2.7. BIM’de yaşam döngüsü/fiziksel çevre analizi.....	62
2.2.8. BIM’de enerji analizi ve bina enerji modellemesi (BEM)	68
3. SÜRDÜRÜLEBİLİR YERLEŞİM DOKUSU TASARIM PARAMETRELERİ	72
3.1. İklimsel Konfor Koşullarına İlişkin Parametreler	73
3.1.1. Kullanıcıya ilişkin parametreler	74
3.1.2. İç iklimsel parametreler	77
3.2. Fiziksel ve Dış Çevre Koşullarına İlişkin Parametreler	80

3.2.1. Dış hava sıcaklığı	83
3.2.2. Dış hava nemi (nemlilik)	84
3.2.3. Rüzgâr.....	86
3.2.4. Güneş ışıınımı.....	88
3.3. Yapay Çevre Koşullarına İlişkin Parametreler	90
3.3.1. Yerleşme ölçeğinde parametreler	91
3.3.1.1. Topoğrafik Koşullar (Yer).....	92
3.3.1.2. Yapıların birbirine göre konumu, yapı aralıkları, yapıların yönelimi	96
3.3.2. Bina ölçeğinde parametreler	100
3.3.2.1. Yapı formu.....	101
3.3.2.2. Yapı yönlendiriliş durumu.....	103
3.3.2.3. Yapı kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri	107
3.4. Sürdürülebilir Yerleşim Dokusu Tasarım Parametrelerine Genel Bir Bakış	120
4. SÜRDÜRÜLEBİLİR YERLEŞİM DOKUSU TASARIM PARAMETRELERİ İLE BİRGİ YERLEŞİM DOKUSU ÖRNEĞİNİN BIM'DE İNCELENMESİNE YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ	122
4.1. Çalışma Alanının Belirlenmesi ve Alana İlişkin Veriler.....	122
4.1.1. Çalışma alanı coğrafi konumu ve topoğrafya özellikleri.....	123
4.1.2. Çalışma alanı mimari özellikleri.....	126
4.2. Çalışma Alanı İçerisinde Seçilen Yerleşim Dokusu ve Referans Binalar İçin Mevcut Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi	132
4.2.1. İklimsel konfor koşullarına ilişkin parametreler	133
4.2.2. Fiziksel ve dış çevre koşullarına ilişkin parametreler	133
4.2.3. Referans alınan yerleşme dokusu ve binalar için yapay çevre koşullarına ilişkin parametreler	140
4.3. Birgi İçin Seçilen Mevcut Referans Yerleşim Dokusu ve Binalara İlişkin Analizlerin Yapılması ve Analiz Sonuçları	154
4.3.1. Analizler ve sonuçları	154
4.3.2. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi	161
4.3.3. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ile tespit edilen eksikler ve iyileştirmeler için geliştirilecek tasarım alternatifleri	166
4.4. İyileştirmeler İçin Geliştirilen Tasarım Alternatiflerinde Referans Yerleşim Dokusu ve Binalara İlişkin Enerji Tüketimlerinin Hesaplanması	169
4.5. İyileştirmeler İçin Geliştirilen Tasarım Alternatiflerinde Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	170
4.6. İyileştirmeler İçin Geliştirilen Tasarım Alternatifleri Arasında En Düşük Enerji Tüketim Miktarlarına Sahip Alternatiflerin Belirlenmesi	183
4.7. Yerleşim Dokusu Tasarım Parametreleri Doğrultusunda Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	186
5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	189
5.1. Tartışma	189
5.1. Sonuç ve öneriler	191
KAYNAKÇA.....	196
EKLER	207

EK-A. Birgi Mevcut Referans Binalara İlişkin Isıtma ve Soğutma Yükleri Analiz Raporu	207
EK-B. Birgi Mevcut Referans Yerleşim Dokusu ve Binalara İlişkin Tüm Enerji Analizi Sonuçları	221
EK-C. İyileştirmeler İçin Gerçekleştirilen Tüm Yerleşim Dokusu Alternatiflerine İlişkin Enerji Analizi Sonuçları	224
EK-D. Ülkeler Arası Yaşam Döngüsü Değerleri	241
ÖZGEÇMİŞ	243



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1.1. Yapıların neden olduğu kirlilik oranları.....	3
Çizelge 2.1. Çevresel bileşenin sürdürülebilirlik koşulları	22
Çizelge 2.2. LOD gelişim seviyeleri 2	52
Çizelge 2.3. LOD gelişim seviyeleri 3	52
Çizelge 2.4. BIM tabanlı yazılımlar ve kullanım alanları	59
Çizelge 2.5. BIM tabanlı programların getirdiği yenilikler.....	62
Çizelge 3.1. Termal duyarlılık seviyeleri	74
Çizelge 3.2. Farklı fiziksel aktivitelerin metabolizma hız seviyeleri	75
Çizelge 3.3. Giysi türleri ve ısı yalıtım direnç değerleri	76
Çizelge 3.4. Farklı iklim bölgelerine yönelik yapı konumları	95
Çizelge 3.5. Farklı iklim bölgelerinde güneşe göre yapı aralıkları için seçilebilecek optimum değerler.....	98
Çizelge 3.6. Farklı iklim bölgelerinde rüzgâra göre yapı aralıkları için seçilebilecek optimum değerler.....	100
Çizelge 3.7. Çeşitli iklim bölgeleri için optimum yapı formları	102
Çizelge 3.8. Türkiye farklı iklim bölgelerine göre optimum yönlendirilme açıları	104
Çizelge 3.9. Yapıların hâkim rüzgâr yönü doğrultusuna göre yönlendirilmesinde ısı kazanç ve kayıpları	107
Çizelge 3.10. Farklı iklim bölgelerine yönelik optimum duvar nitelikleri.....	111
Çizelge 3.11. Çeşitli malzeme ve duvar türlerinin bazı fiziksel nitelikleri	112
Çizelge 3.13. Çeşitli cam türlerinin ısı geçirgenlik katsayısı	114
Çizelge 3.14. Yapı malzemeleri geri kazanım/dönüşüm işlemleri ve kullanım alanları...	115
Çizelge 3.15. Malzemelerin üretimi için ihtiyaç duyulan enerji miktarları	117
Çizelge 3.16. Gölgeleme araçlarına yönelik örnekler ve özellikleri	119
Çizelge 3.17. Çeşitli iklim bölgelerine göre faydalanılacak yerleşim dokusu tasarım parametrelerine ilişkin genel bilgiler	121
Çizelge 4.1. Birgi için soğutma ve ısıtma için ölçülen yıllık kuru ve yaş termometre sıcaklık değerleri.....	134
Çizelge 4.2. Birgi için soğutma ve ısıtma derece günleri eşik sıcaklık değerleri.....	136
Çizelge 4.3. Birinci referans binanın plan tipleri ve ölçüleri	145
Çizelge 4.4. İkinci referans binanın plan tipleri ve ölçüleri	145
Çizelge 4.5. Referans binalara ait kat planları.....	146
Çizelge 4.6. Referans binalara ait kesitler	147
Çizelge 4.7. Referans binalar için tanımlanan katmanlaşma detayları ve U değerleri.....	152
Çizelge 4.8. Referans binalara ilişkin ısıtma ve soğutma yükleri değerleri	156

Çizelge 4.9. Referans binalara ilişkin ısıtma ve soğutma yüklerine etki eden yapı bileşenleri değerleri (%)	157
Çizelge 4.10. Referans binalara ilişkin mahal bazında ısıtma ve soğutma yükleri değerleri	158
Çizelge 4.11. Referans binalara ilişkin toplam ısıtma ve soğutma yükleri değerleri.....	158
Çizelge 4.12. Yalıtımsız duvar, avlu duvarlı, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yapılaşmaya sahip yerleşim dokusu alternatiflerinde bitişik nizam yapılaşmaya göre azaltım-artım yüzdeleri	173
Çizelge 4.13. Yalıtımsız duvar, avlu duvarlı, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yapılaşmaya sahip yerleşim dokusu alternatiflerinde ayırık nizam yapılaşmaya göre azaltım-artım yüzdeleri	173
Çizelge 4.14. Yalıtımlı duvar, avlu duvarlı, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yapılaşmaya sahip yerleşim dokusu alternatiflerinde bitişik nizam yapılaşmaya göre azaltım-artım yüzdeleri	175
Çizelge 4.15. Yalıtımlı duvar, avlu duvarlı, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yapılaşmaya sahip yerleşim dokusu alternatiflerinde ayırık nizam yapılaşmaya göre azaltım-artım yüzdeleri	175
Çizelge 4.16. Yalıtımsız duvar, avlu duvarsız, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yapılaşmaya sahip yerleşim dokusu alternatiflerinde bitişik nizam yapılaşmaya göre azaltım-artım yüzdeleri	178
Çizelge 4.17. Yalıtımsız duvar, avlu duvarsız, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yapılaşmaya sahip yerleşim dokusu alternatiflerinde ayırık nizam yapılaşmaya göre azaltım-artım yüzdeleri	178
Çizelge 4.18. Yalıtımlı duvar, avlu duvarsız, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yapılaşmaya sahip yerleşim dokusu alternatiflerinde bitişik nizam yapılaşmaya göre azaltım-artım yüzdeleri	180
Çizelge 4.19. Yalıtımlı duvar, avlu duvarsız, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yapılaşmaya sahip yerleşim dokusu alternatiflerinde ayırık nizam yapılaşmaya göre azaltım-artım yüzdeleri	180
Çizelge 4.20. En olumlu enerji performansı gösteren bitişik nizam yerleşim dokusu alternatiflerinde kat sayısı, yalıtım malzemesi ve avlu duvarları değerlerine göre azaltım yüzdeleri.....	184
Çizelge 4.21. En olumlu enerji performansı gösteren ayırık nizam yerleşim dokusu alternatiflerinde kat sayısı, yalıtım malzemesi ve avlu duvarları değerlerine göre azaltım yüzdeleri.....	185

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Ülkelere göre birincil enerji yoğunluğu karşılaştırması.....	3
Şekil 1.2. Bina ve hizmetler sektörü elektrik tüketiminin yıllar itibariyle değişimi	3
Şekil 1.3. Çalışmanın kapsamı	11
Şekil 1.4. Çalışmada önerilen modelin teknik akış şeması	14
Şekil 1.5. Çalışmanın kuramsal izlencesi ve kullanılan teknikler	15
Şekil 1.6. Çalışmanın yöntem akış diyagramı	16
Şekil 2.1. Sürdürülebilirlik bileşenlerinin özellikleri	21
Şekil 2.2. Sürdürülebilirliğin farklı bileşenleri.....	24
Şekil 2.3. Sürdürülebilir gelişme için yapılan toplantı ve konferanslar	26
Şekil 2.4. Sürdürülebilir yerleşme dokusu kavramı	33
Şekil 2.5. BIM kavramı ve süreçleri	37
Şekil 2.6. BIM metodolojisinde proje teslim metotlarının kronolojik süreci.....	39
Şekil 2.7. BIM'in tarihsel gelişim süreci.....	42
Şekil 2.8. Succar (2013)'a göre BIM olgunluk seviyeleri.....	43
Şekil 2.9. BIM olgunluk seviyeleri diyagramı	47
Şekil 2.10. LOD gelişim seviyeleri (detay ve bilgi seviyesi).....	49
Şekil 2.11. LOD gelişim seviyeleri 1	50
Şekil 2.12. BIM elemanı detay seviyeleri için sandalye örneği	53
Şekil 2.13. BIM nD diyagramı	55
Şekil 2.14. Avrupa ekonomik topluluğu (AET) uzmanlarına göre BIM tabanlı programların kullanılma sıklığı	59
Şekil 2.15. Autodesk revit architecture kullanıcı ara yüzü.....	60
Şekil 2.16. LCA metodolojisi.....	63
Şekil 2.17. YDA hesaplama metodolojisinin dört ana aşaması ve birbirleri ile olan ilişkileri	64
Şekil 2.18. Binanın farklı tasarım evleri ile YDA hesaplamalarının ilişkisi.....	65
Şekil 2.19. YDA tasarımı bilgi akış şeması.....	66
Şekil 2.20. BIM-YDA entegrasyonu	67
Şekil 2.21. BEM tabanlı BIM ile enerji analizi için iş akış şeması	69
Şekil 2.22. BIM ile enerji analizinde izlenecek aşamalar	70
Şekil 2.23. Revit ve Insight iş akışı	71
Şekil 3.1. Sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarım parametreleri	73
Şekil 3.2. Metabolik ısı üretimi	77
Şekil 3.3. İç ortam çevre kalitesi	78

Şekil 3.4. İç iklimsel parametreler	78
Şekil 3.5. İç mekân ısıl konforun dayalı olduğu hissedilir sıcaklık ve hava hızı parametrelerinin gösterimi.....	79
Şekil 3.6. Ofis iç ortamında kullanılan ayraçlar nedeniyle oluşan CO ₂ (kirletici gaz) birikimi	80
Şekil 3.7. Köppen iklim sınıflandırması.....	81
Şekil 3.8. Türkiye iklim bölgeleri	82
Şekil 3.9. 1970-2022 yılları arası Türkiye ortalama sıcaklık dağılımı haritası	84
Şekil 3.10. Sıcaklık-bağıl nem oranı (konfor bölgesi) grafiği.....	85
Şekil 3.11. Pozitif ve negatif basınç durumu	86
Şekil 3.12. Yapı üzerinde açılan aralıklarda rüzgâr basıncı ve değerleri	87
Şekil 3.13. Binanın arazideki konumuna dayalı olarak yerleşme dokularında rüzgâr hareketleri	87
Şekil 3.14. Kuzey meridyenlerinde yer alan bir bölge için zenit, yükseliş ve azimut açısı	88
Şekil 3.15. Güneşin kış ve yaz dönemlerinde gün içinde takip ettiği yol (sun path) için bir örnek	89
Şekil 3.16. Düşük yoğunluklu yerleşim dokusunda çevre-bina ilişkisi (solda) ve yüksek yoğunluklu yerleşim dokusunda çevre-bina ilişkisi (sağda).....	90
Şekil 3.17. Yapay çevre koşullarına ilişkin parametreler.....	91
Şekil 3.18. Teorik bir arazi parçası kesitinde farklı iklim tipleri için araziye yerleşme biçimleri.....	93
Şekil 3.19. Teorik bir yamaç üzerinde güneş ışıının etkisi	94
Şekil 3.20. Teorik bir yamaçta gölge boyu gösterimi	94
Şekil 3.21. Karadan göle hava hareketinin gündüz/gece değişimi.....	96
Şekil 3.22. Bina aralıkları - güneş ışıını ilişkisinde gölgeli alan derinliği hesabı	97
Şekil 3.23. Gün içerisindeki saatlere göre gölge boyu uzunluğu	98
Şekil 3.24. Gölge boyu uzunluğunun sonsuz olma durumu.....	99
Şekil 3.25. Yapıların arazideki konumuna bağlı olarak hava akımı hareketleri	100
Şekil 3.26. Yapı formu ile ısı kayıpları arasındaki ilişki.....	103
Şekil 3.27. Yapının optimum yönlendirilme açıları	105
Şekil 3.28. Referans bir yapının yerleşme dokusundaki konumu	105
Şekil 3.29. Referans yapının yönlendiriliş alternatifleri	106
Şekil 3.30. 10 katlı referans bir yapı için yerleşme dokusu alternatiflerinde ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim miktarları	106
Şekil 3.31. Saydam elemanlardan güneş ışıını geçişi.....	109
Şekil 4.1. Birgi coğrafi konumu	124
Şekil 4.2. Birgi çayı (üst) ve Sarıyar deresi (alt)	124

Şekil 4.3. Birgi fiziksel ve topoğrafik yapısına ait harita.....	125
Şekil 4.4. Birgi fiziksel ve topoğrafik yapısı.....	126
Şekil 4.5. Birgi geleneksel doku ve ızgara sistemi ile oluşturulmuş sokaklar	127
Şekil 4.6. Birgi geleneksel yapı parsellerindeki yapı türleri	128
Şekil 4.7. Birgi konutlarında kullanılan kayrak taşı ve örgü tarzı.....	129
Şekil 4.8. Birgi geleneksel konut yapılarının dağılımını gösteren harita	129
Şekil 4.9. Birgi geleneksel tip 1, 2, 3 (solda) ve tip 4 (sağda) konutu örneği	131
Şekil 4.10. Birgi geleneksel konut (tip 1, 2, 3 ve 4) ve konak (Çakırağa konağı) yapılarına örnekler	131
Şekil 4.11. Birgi geleneksel konutlarında yukarı doğru eğimli inşa edilen çatılara örnekler	132
Şekil 4.12. Birgi için 1938-2023 yılları arası aylık ortalama sıcaklık değerleri	134
Şekil 4.13. Birgi için aylık tasarım verileri (% 2 eşiği).....	135
Şekil 4.14. Birgi için yıllık kuru termometre frekans dağılımı (solda) ve kuru termometre kümülatif dağılımı (sağda).....	135
Şekil 4.15. Birgi için yıllık toplam gökyüzü örtüsü frekans dağılımı	136
Şekil 4.16. Birgi için yıllık bulutluluk oranı	136
Şekil 4.17. Birgi için yıllık doğrudan normal ışıınım (sol üst), dağınık yatay ışıınım (sağ üst), küresel yatay ışıınım (sol alt) ve aylık ortalama güneşlenme süresi (sağ alt) frekans dağılımı	137
Şekil 4.18. Birgi için rüzgâr diyagramı	138
Şekil 4.19. Birgi için rüzgâr hızı frekans dağılımı	138
Şekil 4.20. Birgi için çiğlenme noktası (solda) ve Bağıl nem (sağda) frekans dağılımı ...	139
Şekil 4.21. Birgi için aylık yağış miktarı	139
Şekil 4.22. Birgi içinde seçilen çalışma alanı.....	140
Şekil 4.23. Referans yerleşme dokusu ve yapının topoğrafik konumu	141
Şekil 4.24. Referans yerleşme dokusu arazi yapısı	141
Şekil 4.25. Referans yerleşim dokusunda yapılaşma şekli, yapıların yönelimi ve sokak genişlikleri	142
Şekil 4.26. Referans yerleşim dokusunda yapılaşma şeklinin 3D görünümü	143
Şekil 4.27. Referans yerleşim dokusundan görüntüler.....	143
Şekil 4.28. Referans binaların yerleşim dokusu içindeki konumu	144
Şekil 4.29. Referans binalara ait vaziyet planı	144
Şekil 4.30. Referans binalara ilişkin 3D görüntüler	148
Şekil 4.31. Referans binalara ait görüntüler	149
Şekil 4.33. Yerleşim dokusunda referans binaların yönlendiriliş durumu	150
Şekil 4.34. Referans yapılarda kullanılan ahşap duvar katmanları	151

Şekil 4.35. Referans binalara ilişkin kütleli gölge ve güneş analizi.....	154
Şekil 4.36. Referans binalara ilişkin kütleli gölge ve güneş analizi sonuç grafiği	155
Şekil 4.37. Çevre yapıların ve farklı yüzeylerin referans binalara olan güneş ışınlamaya etkisi.....	155
Şekil 4.38. Referans binalara ilişkin ısıtma ve soğutma analizi mevcut enerji modülü....	156
Şekil 4.39. Birgi referans yerleşim dokusu ve binalara ilişkin karbon emisyonu ve yıllık enerji tüketimi grafikleri	159
Şekil 4.40. Birgi referans yerleşim dokusu ve binalara ilişkin yıllık elektrik ve yakıt tüketimi grafikleri	160
Şekil 4.41. Birgi referans yerleşim dokusuna ait enerji modeli	161
Şekil 4.42. Birgi referans yerleşim dokusunun sürdürülebilir yerleşim dokusu standartlarına göre karşılaştırılması.....	161
Şekil 4.43. Birgi referans yerleşim dokusu ve binaların yönelim açısı (üstte) ve grafiği (altta).....	162
Şekil 4.44. Birgi referans binaların duvarlarına ilişkin ısı geçirgenlik grafiği.....	163
Şekil 4.45. Referans binaların pencerelerine ilişkin gölge oranı grafiği	164
Şekil 4.46. Birgi yerleşim dokusu referans binalara ilişkin gün ışığı ve doluluk grafiği ..	165
Şekil 4.47. Birgi referans binalara ilişkin HVAC tipi grafiği	166
Şekil 4.48. Yerleşim dokusu iyileştirmelerine yönelik alternatif kodlarının açıklanması	167
Şekil 4.49. Alternatif 1 (bitişik nizam, yalıtımsız duvar, avlu duvarlı, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) de ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim sonuçları	171
Şekil 4.50. Alternatif 2 (ayrık nizam, yalıtımsız duvar, avlu duvarlı, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) de ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim sonuçları.....	172
Şekil 4.51. Alternatif 3 (bitişik nizam, yalıtımlı duvar, avlu duvarlı, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) de ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim sonuçları.....	174
Şekil 4.52. Alternatif 4 (ayrık nizam, yalıtımlı duvar, avlu duvarlı, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) de ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim sonuçları.....	174
Şekil 4.53. Alternatif 5 (bitişik nizam, yalıtımsız duvar, avlu duvarsız, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) de ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim sonuçları	176
Şekil 4.54. Alternatif 6 (ayrık nizam, yalıtımsız duvar, avlu duvarsız, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) de ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim sonuçları	177
Şekil 4.55. Alternatif 7 (bitişik nizam, yalıtımlı duvar, avlu duvarsız, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) de ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim sonuçları	179
Şekil 4.56. Alternatif 8 (ayrık nizam, yalıtımlı duvar, avlu duvarsız, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) de ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim sonuçları.....	179
Şekil 4.57. Bitişik (üstte) ve ayrık (altta) nizam yerleşim dokusu alternatiflerinde avlu duvarlarının enerji tüketimlerine etkisi.....	181

Şekil 4.58. Bitişik (üstte) ve ayrık (altta) nizam yerleşim dokusu alternatiflerinde avlu duvarlarının enerji tüketimlerine etkisi.....	182
Şekil 4.59. En düşük enerji tüketimine sahip 8 adet yerleşim dokusu alternatiflerinin, soğutma, ısıtma ve toplam enerji tüketim miktarları	183
Şekil 4.60. Simüle edilen alternatiflerden elde edilen karbon değerleri	185



KISALTMALAR LİSTESİ

Kısaltmalar

AIA	Amerika Mimarlar Enstitüsü
ASHRAE VAV	American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers (Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri Derneği)
BIM	Yapı Enformasyon Modelleme
BM (UN)	Birleşmiş Milletler
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
HVAC	Heating, Cooling and Air Conditioning System (Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Sistemleri)
IUCN	The World Conservation Union (Dünya Koruma Birliği)
IFC	Industry Foundation Classes (Endüstri Temel Sınıfları)
IPD	Integrated Project Delivery (Entegre Proje Teslimatı)
kWh	KiloWattSaat
kgCO₂e	CO ₂ Miktarı
L/s	Hava Miktarı
LCA/YDA	Life Cyle Assessment (Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi)
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
UIA	Uluslararası Mimarlar Birliği
UNCHE	Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı
UNEP	United Nations Environment Programme (Birleşmiş Milletler Çevre Programı)
USEPA	U.S. Enviromental Protection Agency (ABD Çevre Koruma Ajansı)
W	Watt (Güç Birimi)

1.GİRİŞ

Enerji konusu, geçmişten günümüze kadar insanlığın önemle üzerinde durduğu olgulardan biri haline gelmiştir. Özellikle her geçen gün artan nüfus ve Endüstri devrimiyle başlayan gelişen teknolojiler, kentleşme ve sanayileşme gibi birçok sebep, enerjiye duyulan gereksinimin artmasına neden olmuştur (Bayraç, 2009). Dünyada artan enerji gereksinimi, yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımını da arttırmıştır. Bu kaynakların çokça kullanılmasıyla atmosferde oluşan emisyon gazları ise küresel ısınmaya ve küresel ve yerel ölçekte çevre sorunlarının ortaya çıkmasına sebep olmuştur (Karaca ve Varol, 2012).

Bu kapsamda çevre sorunlarının ortaya çıkmasına yol açan en önemli faktörlerden biri de yoğun enerji tüketimleri ile binalar ve binaların bir üst ölçeği olan yerleşim dokuları olmaktadır. Yerleşim dokularını oluşturan binalar ise tükettikleri enerjiyle küresel ölçekte karbondioksit (CO₂) salınımlarının yaklaşık %40'ından sorumlu olmaktadır (Schlueter ve Thesseling, 2009). Bu sebeple yerleşim dokularının enerji tüketiminin en aza indirgenmesi ve optimum düzeye getirilmesi sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarım sürecinin önemli parametrelerinden biri haline gelmektedir. Özellikle yerleşim dokusu tasarımı sürecinde alınan kararlar, enerji harcaması ve çevresel etkilerinin ana belirleyicilerini oluşturmaktadır. Bu çerçevede, yerleşim dokusu tasarımlarında toplam enerji ihtiyacını azaltmak ve enerji performansını artırmak için binanın yeri, yönlenmesi, yapı kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri, binaların birbirine göre konumu, bina aralıkları, sokaklar, doluluk-boşluk oranları vb. gibi parametreler önem arz etmektedir.

Diğer yandan tasarımcılar, tasarım sürecinde öncelikli olarak ele alınması gereken çevresel faktörleri ve enerji konusunu geleneksel yöntemlerin yardımıyla yeterli seviyede çözememekte; geleneksel yöntemlerle yapılan analizler bu faktörlerin kontrolü için yetersiz ve sınırlı kalmaktadır. Bu noktada; tasarımcılar enerji performansı yüksek yapılar üretmek, tasarım aşamasında oluşacak olası sorunları tahmin etmek ve önlemek amacıyla detaylı analiz yöntemlerine sahip tasarım araçlarına gereksinim duymaktadır (Tunalı, 2012).

Bir dizi program topluluğundan oluşan (BIM) “*Yapı Enformasyon Modellemesi*” ise bu tasarım araçlarından yalnızca biri olarak karşımıza çıkmaktadır. BIM programları sayesinde tasarım ya da mevcut yapıların iyileştirilmesi aşamasında farklı alternatiflerle simülasyonlar yapılarak doğru kararlar alınabilmekte ve enerji verimliliği yüksek

sürdürülebilir yapılardan oluşan yerleşim dokuları tasarlanabilmektedir. BIM yoluyla bir binanın şekil, boyut, yönlenmesi, yapı sistemleri (çatı, duvar, pencere, döşeme, HVAC vb.) optik ve termofiziksel özelliklerine ilişkin bileşenler ve malzemelerinin yanı sıra tasarlanacak bir yerleşim dokusunda yer alan binaların birbirlerine göre konumu, bina aralıkları gibi bileşenleri de seçilebilmektedir. Böylece seçilen malzeme ve bileşen değerleri üzerinden bir binanın ya da yerleşim dokusunun yıllık veya yaşam döngüsü sürecindeki çevresel etkileri ve enerji verimliliği değerlendirilebilmektedir.

Bu kapsamda BIM programları ve simülasyonlar üzerinden yapılan enerji performans değerlendirmelerinin mimarlık sektöründeki öneminin büyük olduğunu vurgulamak gerekmektedir. Ancak günümüzde bu tür programların öneminin bilinmesine rağmen, bu programların sektörde yer alan tasarımcılar tarafından kullanımı oldukça sınırlı olmakla beraber çoğunlukla akademik çalışmalarda kullanılmaktadır. Bu sebeple, bina enerji performans değerlendirme programlarının bina ve yerleşim dokusu tasarımı sürecine nasıl entegre edilebileceğine yönelik çalışmaların yapılması da bir gereklilik haline gelmiştir.

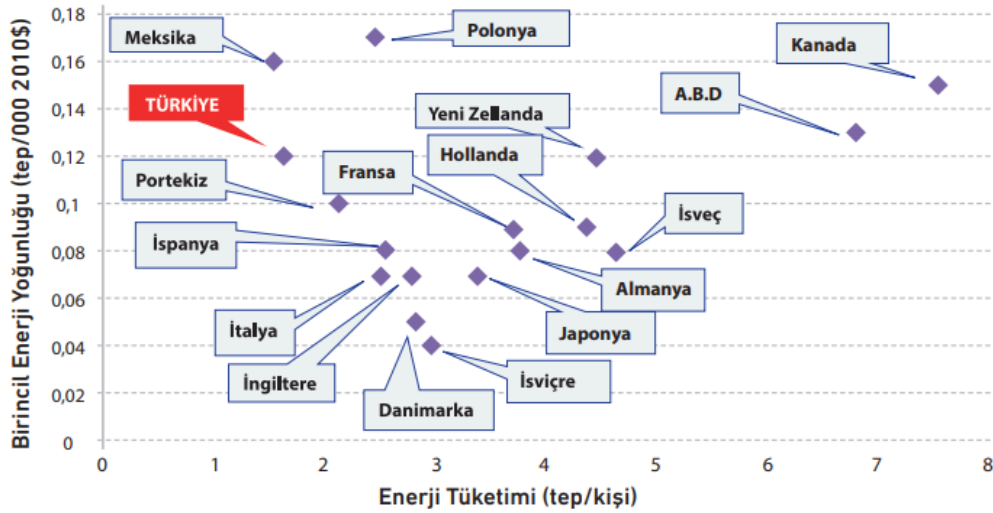
1.1. Problemin Belirlenmesi

Şehirleşmeye bağlı aşırı nüfus artışı, fazla tüketim ve atık üretimi sonucunda oluşan çevre kirliliğinde, insan kaynaklı faaliyetler büyük bir paya sahiptir. Üretilen yapılar; doğadaki kaynakların tükenmesine, atıkların fazla olmasına, toprağın, suyun ve havanın kirlenmesine sebep olmaktadır. Çevre kirlilik oranlarına bakıldığında, su kirliliğinin %40'ından, hava kirliliğinin %23'ünden, katı atığın %40'ından, sera gazı salınımının %50'sinden, ozon tabakası incilmesi olayının ise %50'sinden yapılar sorumlu olarak görülmektedir (Dixon, 2010: 2, Çizelge 1.1). Bugün genel olarak yapıların çevre kirliliğindeki payı yaklaşık %40 oranında olup, yapıların %80'ini de konutlar oluşturmaktadır. Dünyadaki yapılar enerji tüketiminin %40'lık kısmını oluşturmakla birlikte (Atmaca, 2020), Türkiye'de ise bu oran %33 olup, bu oranın sanayinin önüne geçtiğini Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planında da belirtilmektedir (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2).

Çizelge 1.1. Yapıların neden olduğu kirlilik oranları

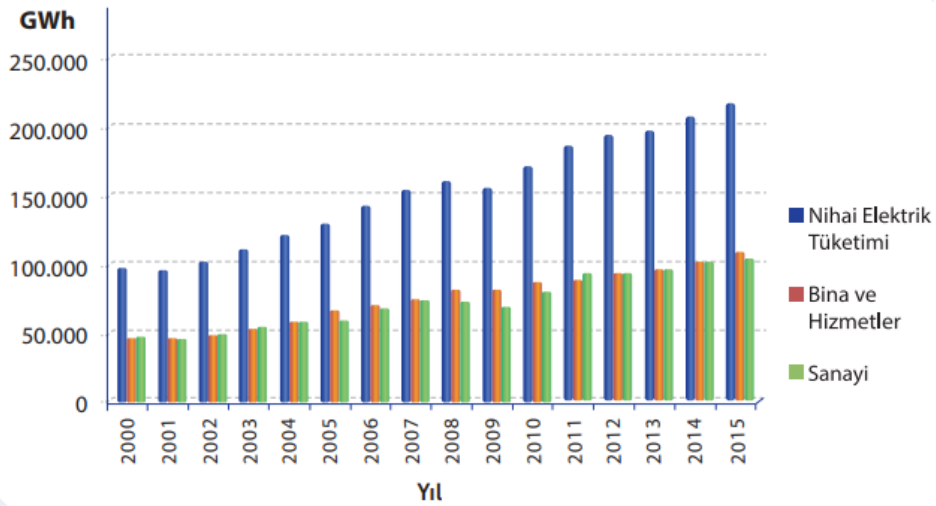
Kirlilik	Yüzde (%)
Hava Kirliliği	23
Sera Gazı Salınımı	50
Su Kirliliği	40
Katı Atıklar	50
Ozon Tabakası İncelmesi	50

Kaynak: (Dixon, 2020: 2).



Şekil 1.1. Ülkelere göre birincil enerji yoğunluğu karşılaştırması

Kaynak: (ETKB, 2023).



Şekil 1.2. Bina ve hizmetler sektörü elektrik tüketiminin yıllar itibariyle değişimi

Kaynak: (ETKB, 2023).

Ayrıca, fosil yakıtlar da oluşturduğu çevresel etkileri açısından ele alındığında, yarattıkları iklim değişikliği, hava kirliliği, yüksek CO₂ salınımları, insan sağlığına olan olumsuz etkileri dolayısıyla ciddi çevresel zararlara sebep olabilmektedir. Bu nedenle enerji sektöründe enerji verimliliğini artırma ve alternatif kaynak oluşturma çabaları

hız kazanmış; yenilenebilir ve doğal kaynakların dengeli ve planlı kullanılması, çevre kirliliğinin önlenmesi, yenilenebilir ve geri dönüştürülebilir önlemlerin alınması, gelecek kuşaklara sürdürülebilir bir çevre ve yerleşim alanı bırakılması önem arz etmektedir. Buna bağlı olarak çevre kirliliğine karşı, çevreci, ekolojik, sürdürülebilir yapı olarak nitelenen, doğal kaynaklara ve doğaya zarar vermeyen, daha az enerji tüketen, yüksek enerji performanslı yapılar ve şehirler tasarlamak bir hedeften çok zorunluluk haline gelmiştir.

Günümüzde hızlı nüfus artışına bağlı olarak gelişen şehirlerde, her geçen gün yeni ve daha yoğun yerleşme alanları oluşmaya devam etmektedir. Yerleşme alanları ise kapsadıkları alan açısından çok sayıda yapıyı içerdiğinden bu alanların tasarımı aşamasında alınan yanlış kararlar büyük ölçekte ve geri dönüşü zor olan sonuçlar ortaya çıkarmaktadır.

Bu nedenle, yapılarda enerji etkinliğini sağlamak için öncelikle bir üst ölçeği kapsayan yerleşim dokularında doğru tasarım kararlarının alınması büyük önem taşımaktadır. Yapıların doğaya verdiği olumsuz etkilere karşı alınabilecek tasarım kararları, mevcut yapıların iklime uygunluğu, çevreye duyarlılığı, sürdürülebilirliği ve tasarım ölçütlerine ilişkin sorunlar ise bu çalışmanın çıkış noktasını oluşturmaktadır.

Bununla birlikte, yerleşim dokularında doğru tasarım kararlarının alınmasını, mevcut yapıların iklime uygunluğunu, sürdürülebilirliğini ve enerji verimliliğini sağlamak amacı tasarımlarda kullanılan ARCHİCAD, İDECAD, REVİT gibi BIM tabanlı yazılımların gelişmesine ortam hazırlamıştır. Yapı Enformasyon Modellemenin kullanımı ile hem yeni hem de mevcut yerleşim dokularında çevresel parametrelerin analiz edilmesiyle birtakım önlemlerin ve yeni tasarım kararlarının alınması, mevcut yapıların iyileştirilmesi sonucunda sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarımlarının yapılması mümkün hale gelmektedir.

1.2. Literatür Özeti

Özçuhadar (2007), “Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji Etkin Tasarımın Yaşam Döngüsü Sürecinde İncelenmesi” isimli çalışmasında yapıların toplam enerji tüketiminde sahip oldukları rolleri nedeniyle yaşam döngüsü sürecinin sürdürülebilir bir çevre için tasarım yapan tasarımcılara neden yol gösterici olduğunu açıklamaktadır.

Bozlağan’ın (2010), “Sürdürülebilir Gelişme Düşüncesinin Tarihsel Arka Planı” adlı çalışmasında, sürdürülebilir gelişme (SG) kavramının tanımına ve

kapsamına değinilerek, bir düşünce olarak “sürdürülebilirlik” in ortaya çıkışı ve gelişimi ele alınmış; SG’nin düşünceden kavrama geçişine değinilmiştir. Bu bağlamda, Dünya Koruma Stratejisi ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı Çalışmaları, Ortak Geleceğimiz (Brundtland) Raporu, Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (Rio de Janeiro-1992), Sürdürülebilir Gelişme Komisyonu, Avrupa Birliği 5. Eylem Programı, Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşimleri Konferansı (İstanbul-1996), Rio+5 Forumu ve Dünya Sürdürülebilir Gelişme Konferansı (Johannesburg-2002) hakkında bilgi verilmiştir.

Akkoyunlu (2015), “Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin BIM Uygulama Planı Önerisi” isimli çalışmada Türkiye’de kentsel dönüşüm projelerine yönelik bir BIM uygulama planı geliştirmek ve Türk inşaat sektörüne uygun bir planın bulunması amacıyla daha önce BIM uygulama planı oluşturmuş ülkelerin mevzuatları analiz edilmektedir.

Burkut (2018), “Sürdürülebilir Mimari Tasarımların Konya Örneğinde İncelenmesi” konulu makale araştırmasında Konya İli bağlamında sürdürülebilir mimari olarak tasarlanan bazı yapıların kentsel algı ve kentsel imaj açısından incelenmesine yönelik sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir mimari tasarım hakkında bilgi vermektedir.

Değirmenci (2021), “Çevresel Sürdürülebilirlik Bağlamında Mevcut Konut Tasarımlarının İncelenmesi ve Bir Model Önerisi; Malatya İli Örneği” adlı çalışmada öncelikle bir binanın çevresel sürdürülebilirliğini, enerji tüketimini, atık üretimini etkileyen bina tasarım parametrelerini belirlemektedir. Çalışmada, fiziksel çevre verileri, tasarım parametreleriyle ilişkilendirilerek iklime uygun, daha az enerji tüketen, daha az atık üreten, çevreye duyarlı yapı üretimini amaçlayan bir model Çizelge oluşturmaktadır. Çalışma alanlarındaki mevcut yapılara ait verileri model Çizelgeya aktararak, ölçütler doğrultusunda yapıların çevresel sürdürülebilirliğini değerlendirmektedir.

Aydın (2019), “Enerji Harcamalarının Azaltılmasını Hedefleyen Yerleşme Dokusu Tasarım Parametrelerinin BIM Aracılığı ile Optimizasyonu” adlı çalışmada konut ve yerleşme alanlarında enerji harcamalarının azaltılmasında etkili olan enerji etkin tasarım parametrelerini, günümüzde giderek önem kazanan BIM kavramı üzerinden değerlendirmektedir. Çalışmada güncel bir BIM programı olan Revit ve eklentisi olan Green Building Studio aracılığıyla analizler yapılmakta ve ortaya çıkan ısıtma ve soğutma enerjisi harcamaları kıyaslanarak enerji etkin tasarım parametreleri için en uygun değerlerin belirlenmesi hedeflenmektedir.

Altınoluk (2007), “Geleneksel Kent Dokusu Birgi” adlı çalışmada Birgi Kentinin yerleşim dokusu, topoğrafyası, iklim ve bitki örtüsü, coğrafi konumu, imar planı bilgileri ve mimari doku analizi vb. özelliklerine yer vermektedir.

Gülhan (2016), “Sürdürülebilir Kent ve Kentsel Kimlik Örnekler: Birgi ve Bergama” adlı çalışmada sürdürülebilir kentler ile ilgili tanımlamalar yaparak yine Birgi Kentinin topoğrafya, iklimsel ve mimari özelliklerine yer vermektedir.

Weber ve Yannas (2014), “Lessons From Vernacular Architecture” adlı çalışmada gelenekseli ve yerel mimariyi yeni binalar ve yerleşmeler için rehberlik ve ilham kaynağı olarak okuyucuya sunmakta, yerel ve geleneksel mimarinin sağladığı uygun teknik ve sosyal çözümleri ayrıntılı olarak analiz etmektedir. Ayrıca çalışmada çok çeşitli iklim koşullarında ve bina türlerinde geleneksel mimarinin çevresel tasarım yönlerine odaklanılmaktadır.

Atmaca (2015), “Gaziantep’te İki Konut Binasının Yaşam Döngüsü Enerjisi (LCEA) ve Karbondioksit Emisyonlarının (LCCO2A) Değerlendirilmesi” adlı çalışmada Gaziantep’te bulunan iki konut binasının yaşam döngüsü enerjisi ve karbondioksit emisyonlarının analizlerini yaparak önerilen modelde 50 yıllık bir kullanım ömrü boyunca toplam enerji kullanımı ve karbon emisyonlarını tahmin etmek için inşaat, işletme ve yıkım aşamalarına odaklanmıştır.

Atmaca (2016), “Konteyner Evlerinin Enerji Tüketimi ve Karbondioksit Emisyonları Üzerine Yaşam Etkileri” adlı çalışmada konteynerlerin yaşam döngüsü değerlendirmesi analizini yapmayı ve yaşam süresi ile tüketilen enerji ile CO2 emisyon değerleri arasındaki ilişkiyi araştırmayı amaçlamaktadır. Çalışmada önerilen model farklı yaşam süreleri için toplam enerji kullanımını ve CO2 emisyonlarını tahmin etmek için konteynerlerin yaşam aşamasına odaklanmıştır. Çalışmada konteyner tipi evlerde yaşam süresinin uzaması ile enerji ve emisyon değerlerinin azaldığı tespit edilmektedir.

1.3. Araştırmanın Amacı

Tez çalışmasında İzmir ili Ödemiş İlçesinde bulunan “Birgi” de, belirlenen yerleşim alanı araştırma alanı olarak seçilmiştir. Tez çalışmasında Birgi’deki “İmam Birgivi, 3. Beyzade Sokağı ve Birgi Papaz Deresi” çevresi yerleşim dokusu örneği ele alınmış, incelenen örnek alan Revit Architecture Programına aktarılarak iklimsel, fiziksel ve yapay çevreye ilişkin parametreler yerleşme ölçeğinde incelenerek gelecekte inşa edilecek olan sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarımlarına rehber niteliğinde

Çıkarımlar yapılması, BIM' in sağladığı faydaların yerleşim alanlarındaki yansımalarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca yapı sektörünün bu alandaki eksikliklerinden dolayı hem yeni tasarlanacak hem de mevcut yerleşim dokularında karşılaşılan sorunlar için öneriler geliştirmek ve geliştirilen öneriler doğrultusunda çok sayıda kullanıcıyı etkileyen yerleşim dokularında oluşabilecek hataların minimize edilmesi ile sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarımlarının geliştirilmesi amaçlanmıştır.

1.4. Araştırmanın nemi

20. yy'ın ikinci yarısı şehirlerin kalite ve canlılığının büyük ölçekte düşüşüne tanık olmuştur. Kentsel alanların büyümesiyle gelişen kentsel fonksiyonlar, şehirlerin yoğun bir biçimde fiziksel olarak parçalanmasına neden olmuştur. Dünya nüfusunun büyük bir kısmının içinde yaşamını sürdürdüğü şehirlerde doğal kaynaklar ve arazilerin savurganca kullanımı sonucunda yaşanılan sorunların her geçen gün artması kaçınılmaz olmaktadır. Aynı zamanda, sera gazı salınımlarında yaşanan artış nedeniyle oluşan ozon tabakasının incelmesi, küresel ısınma sorunu, kişi başına düşen enerji gereksiniminin artmasıyla oluşan enerji krizi, doğal kaynakların sınırsızca ve bilinçsizce kullanımı, fosil kaynakların enerji kazanımı için yoğun olarak kullanımı ve bunların sonucunda biyoçeşitliliğin azalmasıyla çevresel sorunlar her geçen gün daha büyük boyutlara ulaşmaktadır (Asımgil, 2016). Bu durum toprak, su ve doğal enerji kaynaklarının yoğun kullanımını, altyapı deformasyonunu, sağlık sorunlarını arttırmaktadır. Bu nedenle, günümüzde hızla artan dünya nüfusu ve şehirleşmenin bir koşulu olarak meydana gelen daha fazla enerji gereksinimi, çevresel deformasyonu ve insan doğasına aykırı olan yerleşim alanlarını giderek arttıracaağı da kaçınılmaz bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu nedenle, sürdürülebilir yapı ve yerleşim dokusu tasarımına olan eğilim, çevresel sorunları çözmek amacıyla oluşmuş doğal bir sonuç olmakta ve sürdürülebilirlik bilincinin topluma ulaştırılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu bakımdan öncelikle yerleşme dokularında evre ve enerji sorunlarının çözümünde etkili olan çevresel ve yapısal tasarım parametreleri değerlerinin belirlenmesinde gerekli teknik bilgilerin hazırlanarak tasarımcılara sunulması, daha sonra ise hazırlanan teknik bilgiler çerçevesinde sürdürülebilir yerleşme dokusu tasarım parametrelerine (yapı kabuğu, yer, bina aralıkları, binaların birbirlerine göre konumu, bina yn gibi) ilişkin

bu değerlerin tasarım sürecinde kullanılmasında uygulanan yöntemlerin ele alınması gerekmektedir.

Günümüzde ise bu yerleşme dokusu tasarım parametrelerine ilişkin değerlerin, tüm tasarımcılar tarafından tasarım sürecinde kullanılabilmesi; parametrik bileşenleri, simülasyon ve otomasyon özellikleriyle uyarlanabilirlik açısından önemli avantajlara sahip BIM sistemleri aracılığıyla sağlanmakta ve bu bakımdan BIM tabanlı yazılım programları giderek önem kazanmaktadır. Sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarımına yönelik yaklaşımların BIM sistemleri ile birleştirilerek uygulanması sürecin değerlendirilmesinde büyük önem arz etmekle birlikte tasarıma daha hızlı ve daha kolay müdahale olanağı sunarak sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarım sürecinin gelişmesine imkân sağlamaktadır.

1.5. Araştırmanın Varsayımları

BIM, geleneksel yöntemlere kıyasla önemli derecede veri yoğunluğunu içerisinde barındırmakta; elde edilen bu verilerin kolaylıkla değerlendirilmesi ile mevcut yapı ve yerleşmelerde enerji etkin ve sürdürülebilir iyileştirme potansiyelleri ortaya çıkarılabilmektedir. Yeni yapılacak ve mevcut tasarımlarda yapılan analizler süresince her aşamada ortaya çıkan alternatifler kolaylıkla tespit edilebilmekte, bu nedenle sürdürülebilir tasarımların yapılması daha da kolaylaşmaktadır. Anlık yapılan müdahalelerde bile hem çevresel hem de iklimsel performansların karşılaştırılması yapılabilmektedir. Tüm bu olanaklarla birlikte BIM sisteminde, kullanıcılara, birçok alternatif retilenilmekte ve sonuçlar değerlendirilerek en doğru çözüme ulaşılabilmektedir. Böylece hataların tespiti ve düzeltilmesi de kolaylaşmaktadır. Ayrıca BIM sistemleri, geniş eklenti kapasitesine sahip olduğundan sürekli geliştirilmektedir.

Yerleşim yerlerinde ise enerji etkinliğinin, sürdürülebilirliğinin ve iklimsel verilere uygunluğunun sağlanması, iklimsel, fiziksel ve yapay çevreye ilişkin tasarım parametrelerinin en uygun değerlerinin belirlenmesi ve bu değerlere göre önlemler alınarak yerleşim dokularının iyileştirilmesi de yine BIM sistemleri ile mümkün olabilmektedir. Bu parametreler birbiri ile yakından ilişkili olmakla birlikte, çevresel ve sürdürülebilir yerleşim dokularının tasarlanması bakımından bütüncül bir yaklaşıml gözetilerek ele alınması gerekmektedir.

Sürdürülebilir yerleşme dokusu tasarımında etkili olan parametreler;

- Yerleşme ölçeğinde; yer, topografya, yapıların yönlenmesi, yapıların birbirlerine göre konumu, yapı aralıkları, peyzaj, çevre yapılar, doluluk-boşluk oranı, sokak parametreleri olarak ele alınmaktadır.

Bu tasarım parametrelerinin değerlerine göre mevcut yerleşim dokularında BIM sisteminde yapılacak analizler sonucunda optimum değerlerle karşılaştırılarak tasarım parametrelerine kazandırılacak farklı değer kombinasyonları ile yapılacak iyileştirmelerle sürdürülebilir ve yüksek enerji performanslı yerleşim dokuları oluşturmak mümkün olmaktadır.

Bu bakımdan çalışmada, BIM' e aktarılabilecek yerleşim dokusu örnek modeli kullanılarak yerleşme alanlarında iklimsel verilere ve çevreye uyumlu, sürdürülebilir yerleşim alanları oluşturulmasında BIM sistemlerinin etkinliği de araştırılmış olacaktır. Çalışmada ortaya çıkan sonuçlara bağlı olarak çalışmanın amacı doğrultusunda mevcut yerleşim dokularında geliştirilecek önerilerle sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarımlarının BIM aracılığı ile geliştirilmesi ve bu önerilerin yeni tasarlanacak yerleşmelerde de yol gösterici bir nitelik sağlaması beklenmektedir.

1.6. Araştırmanın Sınırlılıkları

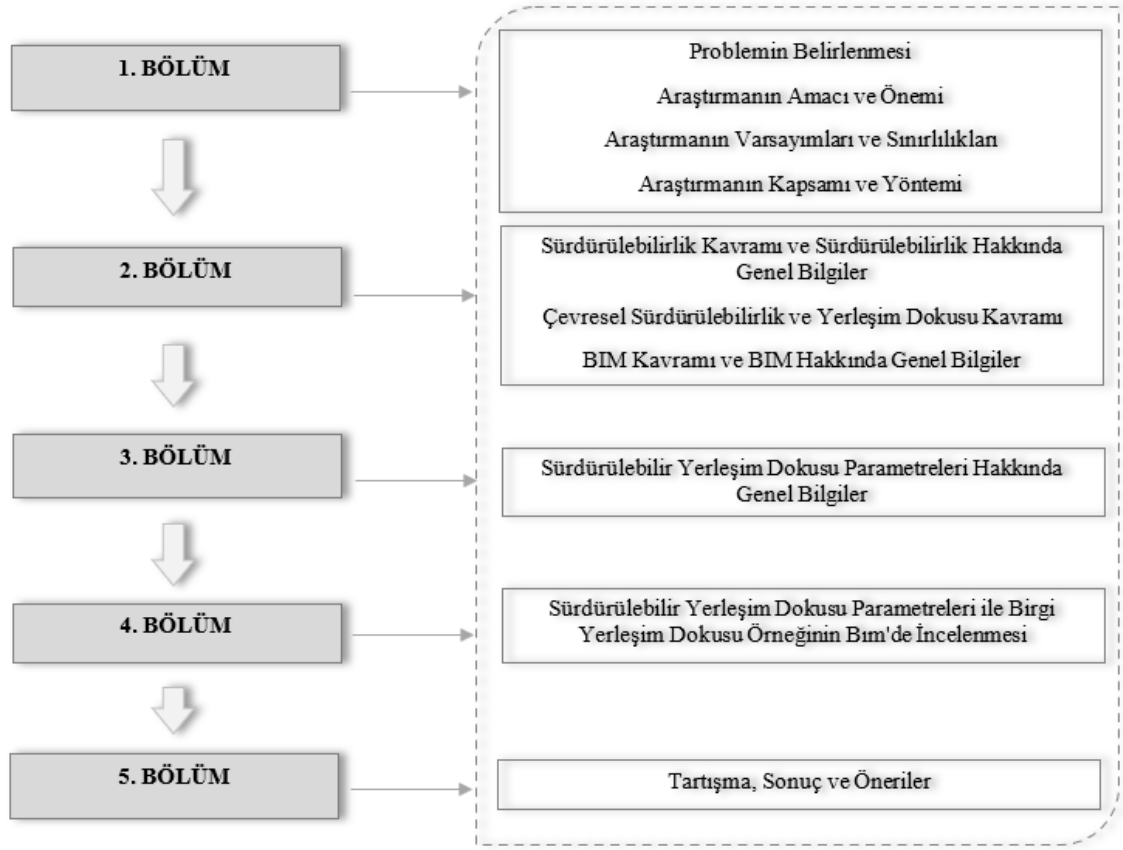
Çalışma, İzmir İlinde Ödemiş İlçesinde bulunan, sürdürülebilir bir yerleşim alanı olan “Birgi” de topografya, nemlilik, çevresinde bulunan yapı ve boşluklar açısından önem arz eden bir yerleşim alanının önce BIM tabanlı Autodesk Revit Architecture programında çizilerek daha sonra enerji analizlerinin yapılmasıyla Insight 360 ve Green Building Studio programlarından elde edilecek grafik ve verilerden çıkarım yapılması ile sınırlandırılmıştır.

Ayrıca, çalışma pasif sistem teknikleri ile sınırlı tutulup, aktif sistem teknikleri çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışma alanında sürdürülebilirliğin yerleşim ölçeğindeki sürdürülebilirlik boyutuna değinilmiştir. Çalışma yerleşim ölçeğinde ele alındığı için yapı ölçeğindeki tasarım parametrelerinden yapıların yeri, yönlenmesi, formu ve yapı kabuğu termofiziksel özellikleri dışında kalan parametreler çalışmaya dahil edilmemiştir.

1.7. Araştırmanın Kapsamı

Tez kapsamında sürdürülebilir tasarım parametreleri ve yerleşim dokusu ile Yapı Enformasyon Modelleme (BIM)'nin "Birgi" içinde seçilen yerleşim alanı özelinden yerleşim dokusu tasarımı ve uygulama alanındaki etkinliği irdelenmiştir. Mevcut ve yeni uygulanacak sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarımlarında BIM' in etkin kullanılması ve doğru bir şekilde değerlendirilmesine yönelik öneriler geliştirilmiştir.

Sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarım parametrelerinin yapı enformasyon modelleme aracılığı ile "Birgi" içinde seçilen yerleşim alanı özelinden konu edildiği bu tez çalışması başlıca beş bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde giriş, araştırmanın amacı, kapsamı ve yönteminden bahsedilmiştir. Giriş bölümünde, şehirleşme, aşırı nüfus artışı, tüketim fazlalığı, atık üretimi sonucu oluşan çevre kirliliğinde, insan kaynaklı faaliyetlerin payının büyük olduğu, üretilen yapıların kaynakların tükenmesine, atıkların artmasına, toprak, su ve hava kirliliğine neden olduğu, çevre kirliliğine karşı sürdürülebilir, ekolojik, çevreci yapı olarak nitelenen, doğaya zarar vermeyen, tüketmeyen yapılar ve kentler üretmenin bir hedeften çok zorunluluk haline geldiği belirtilmiş; bu nedenle yerleşim dokularında enerji etkinliğini, doğru tasarım kararlarının alınmasını ve mevcut yapıların sürdürülebilirliğini, iklime uygunluğunu sağlamak için Yapı Enformasyon Modellemenin kullanımı ile mevcut yerleşim dokularında çevresel parametrelerin analiz edilmesi, birtakım önlemlerin alınması ve yapıların iyileştirilmesi sonucunda sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarımlarının yapılmasının öneminden bahsedilmiştir. Giriş bölümünü takip eden ikinci bölüm kavramsal bir çerçevede ele alınmıştır. Bu bölümde sürdürülebilirlik ve tarihsel gelişim süreci ile çevresel sürdürülebilirlik ve yerleşim dokusu, yapı enformasyon modelleme ve tarihsel gelişim süreci ile BIM' in getirdiği avantajlar ve dezavantajlardan bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde, sürdürülebilir yerleşim dokusu parametreleri açıklanmış; dördüncü bölümde ise, çalışma için seçilen örnek yerleşim dokusu "Birgi" hakkında genel bilgilere yer verilmiştir ve autodesk revit architecture ile "Birgi" içinde seçilen yerleşim dokusu örneğinin yapı enformasyon modelleme sistemine aktarılması ile sürdürülebilir yerleşim dokusu parametrelerinin yer ölçeğinde incelenmesine değinilmiştir. Beşinci bölümde ise yapılan inceleme sonucunda elde edilen bulgular ve değerlendirmelerle buna bağlı olarak ortaya çıkan sonuçlara ve önerilere yer verilmiştir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Çalışmanın kapsamı

1.8. Araştırmanın Tekniği ve Yöntemi

Çalışmanın amacı doğrultusunda, konunun tanımlanmasının ardından sırasıyla konuya ilişkin sürdürülebilirlik, çevresel sürdürülebilirlik ve yerleşim dokusu, yapı enformasyon modelleme (BIM), BIM' in düzeyleri, BIM tabanlı yazılımlar ve getirdiği yenilikler, BIM' in avantajları ve dezavantajları, sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarım parametreleri, örnek alan “Birgi” hakkında genel bilgiler, BIM' in yerleşim dokusu tasarımında kullanılması ile ilgili literatür araştırması yapılmıştır. Literatür araştırmasını takiben autodesk revit architecture ile “Birgi”de seçilen yerleşim alanı sürdürülebilir tasarım parametreleri açısından BIM' de incelenmiştir. Bu inceleme ile elde edilen grafikler ve veriler birbiriyle ilişkilendirilerek değerlendirilmiş, çalışma tartışma ve sonuç bölümü ile tamamlanmıştır. Tez çalışmasında takip edilen aşamalar şu şekildedir:

Konunun tanımlanması

Araştırma konusuna ilişkin kavramsal çerçeve araştırılmış, konuyla ilgili önceki bilimsel çalışmalar incelenmiş, araştırmanın kapsamı ve içeriği belirlenmiştir.

Veri toplama

Yurtiçi ve yurtdışı literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Yurtiçi literatürde sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarımlarının yapı enformasyon modellemede tasarlanması ile ilgili kısıtlı bilgiye ulaşılmıştır. Yurt dışı kaynaklarında, özellikle ABD’de de az sayıda yayın tespit edilmiştir. Daha çok şehir planlama açısından ele alınmış olan bu konuya, mimarlık açısından yaklaşım ise oldukça sınırlı görülmektedir. Ancak, son yıllarda konuya olan ilgi artmış ve literatür taramasında yeterli sayıda çalışmaya ulaşılmıştır. Literatür araştırması yapıldıktan sonra elde edilen bulgularla, sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarımının yapı enformasyon modellemede yapılmasına ilişkin olabildiğince kapsamlı teorik bir altyapı oluşturulmuştur.

Sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarımı için parametrelerinin belirlenmesi

Genel sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarımına yönelik parametreler doğrultusunda araştırma konusu incelenmiştir. Bu parametreler çerçevesinde, literatür taraması ve görüşmelerden de elde edilen bilgiler doğrultusunda sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarım alanlarının değerlendirilmesi mümkün olmuştur.

Veriler ve analiz

Daha önce yapılmış araştırmalar, potansiyel örneğin belirlenmesinde büyük bir role sahip olmuştur. Örnek alan belirlenirken, sürdürülebilir ve ekolojik yerleşim alanı olması ön planda tutulmuş ve gelecekte tasarlanacak sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarımlarına yol gösterici nitelikte olması gibi özellikler belirleyici olmuştur. Ayrıca bulunduğu iklime ve coğrafi özelliklere gösterdiği uyum da seçim kriterleri arasındadır. Örnek Türkiye’den seçilmiş fakat yurtdışına ait örneklerin daha çok sayıda olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeninin gelişmiş ülkelerin Türkiye’ye nazaran sürdürülebilir ve ekolojik yerleşim dokusu tasarımlarına daha erken yıllarda önem vermeye başlaması ve bununla beraber tasarımda kullanılan teknolojik yazılımları geliştirmeleri olduğu düşünülmektedir.

İlk araştırmalarla birlikte, bazı başlıklar da tanımlanmıştır:

- Tarihsel Gelişim Süreci
- Sürdürülebilir Yerleşim Dokusu Tasarımı ve Tasarım Parametreleri
- Sürdürülebilir Yerleşim Dokusu Tasarım Örneğinin BIM’ e Aktarılması
- Tasarımın Parametreler Açısından İrdelenmesi ve Öneriler

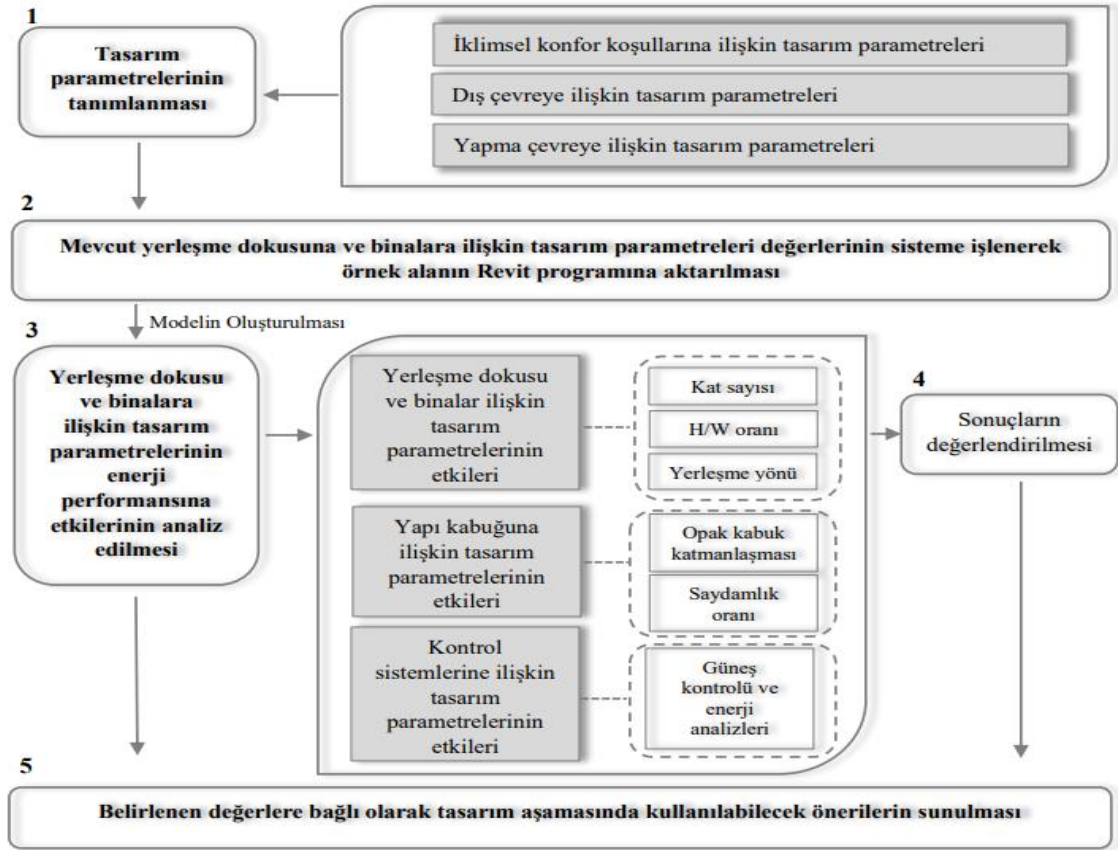
Bu başlıklar tüm araştırmalarda esas alınmış, başlıklara göre sorular oluşturulmuş ve cevaplar aranmıştır. Elde edilen bulgulara ek olarak, örnek inceleme

süreci, ilgili web siteleri, gazete yazıları, basılmış kitap, yayın, makale, tez, rapor ve planlar ile desteklenmiştir.

Tartışma, sonuç ve öneriler

Literatür taraması, parametrelerin belirlenmesi ve örnek alanın incelenmesinin ardından, araştırmanın her aşamasında elde edilen bulgular analiz edilerek Türkiye için referans bir yayın ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda mevcut sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarımı çalışmasında çevre koşulları, arazi biçimlenmesi, topoğrafya, yapıların yönelimi, yapı kabuğu termofiziksel özellikleri, yapı aralıkları, yapıların birbirlerine göre konumu, peyzaj üzerine durulmuş ve alan BIM yazılımı olan Revit Architecture programına aktarılmıştır. Daha sonra Revit aracılığı ile enerji analizleri yapılmış, Green Building Studio sistemi üzerinden sonuçlar sayısal olarak elde edilmiştir. Çıkan sonuçlar ise grafiksel anlatımlarla Autodesk Insight 360 sistemi üzerinden görüntülenebilmektedir. Aynı zamanda, Insight 360 sistemi nicel verilerin grafiksel olarak görselleştirilmesinin yanı sıra çeşitli alternatiflerin üretilmesine de olanak sağlamaktadır. Böylece, mevcut yerleşmelerde yapılan analizlerden elde edilen sayısal sonuçların grafiklerle karşılaştırılması ile tasarım parametrelerinin optimum değerlerinin belirlenmesine ve optimum enerji etkinlik derecesinin sağlanması evresinde kullanılmaktadır.

Çalışmanın son bölümünde elde edilen analiz sonuçlarındaki yıllık enerji tüketim miktarları, CO₂ salınımları gibi sayısal veriler grafikler ile karşılaştırılarak değerlendirilmiş, tasarım parametreleri içerisinde en düşük enerji tüketimini sağlayan optimum değerler belirlenerek bu değerler doğrultusunda öneriler geliştirilmiştir (Şekil 1.4 ve Şekil 1.5).

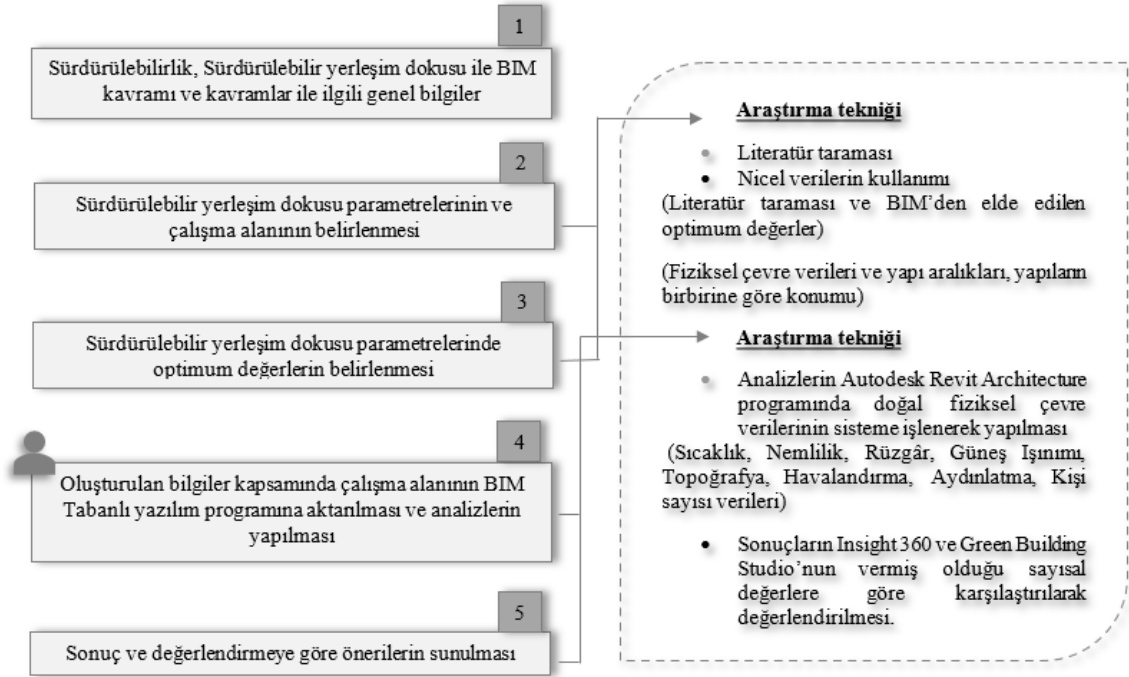


Şekil 1.4. Çalışmada önerilen modelin teknik akış şeması

Önerilen model ile mevcut yerleşme dokularında yapılan analizlerle sürdürülebilir yerleşme dokularının oluşturulmasına ve tasarlanmasına yönelik BIM programlarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu kapsamda BIM programlarının olumlu ve olumsuz yönleri, avantaj ve dezavantajlarına da değinilmiş, bu çerçevede BIM programlarının kullanım alanlarına ilişkin çıkarımlar ve çözümlemeler geliştirilmiştir. Ayrıca, önerilen modelin yatay, minimalist, doğal ve sürdürülebilir mimari ile yeni tasarlanacak yerleşme dokuları için de kullanılabileceği ve bu alanda yol gösterici bir nitelikte olacağı söylenebilmektedir. Bu sayede, Türkiye için referans sağlayacak bir yayın yapılması amaçlanmaktadır.

Çalışmanın kuramsal izlencesindeki birinci adımında literatür taraması, ikinci ve üçüncü adımında hem literatür taraması hem de nicel veriler araştırma tekniği olarak kullanılmıştır. Nicel verilerde literatür taramasından ve BIM programından elde edilen optimum değerlere ilişkin veriler kullanılmış, fiziksel çevreye, yapı aralıklarına, yapıların birbirine göre konumuna, H/W değerlerine ilişkin veriler seçilen alanda yerinde inceleme yapılarak elde edilmiştir. Dördüncü ve beşinci adımda ise BIM tabanlı Autodesk Revit Architecture programından elde edilen fiziksel çevreye ilişkin iklimsel verilerin (sıcaklık, nemlilik, rüzgâr, güneş ışıınımı, topografya, kişi sayısı) sisteme

işlenmesi ile analizin yapılması ve sonrasında Insight 360 ve Green Building Studio’ dan elde edilen sonuçların karşılaştırılarak değerlendirilme yapılması araştırma tekniği olarak kullanılmıştır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Çalışmanın kuramsal izlencesi ve kullanılan teknikler

Bununla birlikte, çalışmadaki her bölümde kullanılan yöntemin nasıl, ne olduğu ve neden kullanıldığına yönelik bilgiler ise ayrı ayrı yöntem akış diyagramında verilmektedir (Şekil 1.6).

Nasıl	Ne	Neden	
Literatür Araştırmasını Takiben Konunun Tanımlanması	Sürdürülebilirlik ile ilgili akademik araştırmaların incelenmesi Çevresel sürdürülebilirlik ve yerleşim dokusu ile ilgili akademik araştırmaların incelenmesi	Araştırma konusunun belirlenmesi amacı ile	Bölüm 2.1
Literatür ve Teknoloji Araştırması	Yapı Enformasyon Modellemesi ile ilgili akademik araştırmaların incelenmesi Yapı Enformasyon Modellemesi ile model kullanımına ait çalışmaların incelenmesi BIM tabanlı yazılım programlarının araştırılması Autodesk Revit Architecture yazılımının araştırılması	Çözüm önerme sürecinde ilgili teknolojinin bilgi seviyesinin artırılması amacı ile	Bölüm 2.2
Literatür Araştırmasını Takiben Verilerin Toplanması	Sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarım parametreleri ile ilgili akademik çalışmaların incelenmesi ve parametrelerin belirlenmesi	Araştırma konusundaki problemin çözüm yaklaşımını incelemek amacı ile	Bölüm 3
Veriler	Örnek yerleşim dokusu alanının belirlenmesi ve incelenerek alan hakkında bilgi toplanması	Örnek alan hakkında kesin ve doğru bilgilere ulaşılması amacı ile	Bölüm 4.1
Yazılım Geliştirme Veriler, Analiz ve Değerlendirme	Örnek yerleşim dokusu alanının belirlenmesini takiben revit yazılımına optimize edilmesi ile analizlerin yapılması	Önerilen model sistemin çalışan bir sistem olarak ortaya konması amacı ile	Bölüm 4.2
Tartışma, Sonuç ve Öneriler	Örnek uygulama çalışması aşamalarındaki bulgular, değerlendirmeler ve sonuçları	Önerilen çözüm sisteminin kullanımının avantajları ve dezavantajlarının tespiti amacı ile	Bölüm 5
Tez Yazımı			

Şekil 1.6. Çalışmanın yöntem akış diyagramı

2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE BIM

Günümüzde üretilen enerjinin büyük bir bölümü yapılar ve yapıların oluşturduğu yerleşim alanları tarafından tüketilmekte olup gittikçe artan çevre problemleriyle birlikte yapı sektörünün konuya yönelik duyarlı bir yaklaşım geliştirmesinin gerekliliği vurgulanmaktadır. Bu nedenle çevreye duyarlı ve saygılı, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik veren, bulunduğu bölgenin iklim koşullarına uyumlu, enerji verimliliği yüksek, sürdürülebilir yapı ve yerleşmelerin tercih edilmesi gerekmektedir. Az enerji tüketerek geri dönüştürülebilir ve dayanaklı malzemelerden üretilen binaların ve yerleşim dokularının sürdürülebilirliğe büyük oranda katkısının olduğu belirtilmektedir (Foster P., 2001).

Teknolojinin gelişmesiyle geleneksel yöntemlerin dışında yapılan enerji analizleri, yapıların sürdürülebilirliğine ve yüksek enerji performanslı ve sürdürülebilir yerleşim dokularının üretilmesinin tercih edilmesinde büyük önem taşımaktadır.

Yapı Enformasyon Modellemesi aracılığı ile yapılan analizler ve elde edilen analiz verileri sayesinde mevcut ya da üretilecek yeni bir yapının tükettiği enerji değerleri görüntülenebilmektedir. Aynı zamanda BIM multidisipliner veri tabanına sahip olduğu için bu bilgilerin tek bir model üzerinde var olmasına, tasarım süresince oluşabilecek tüm aksaklıkların önceden tahmin edilerek sürdürülebilirlik önlemlerinin alınabilmesine olanak tanımaktadır. Bu sayede sürdürülebilir bina ve yerleşim dokuları tasarlanabilmekte, mevcut yerleşim dokuları üzerinde yapılan analizler ve elde edilen verilerle iyileştirmeler yapılarak enerji harcamalarının azaltılmasına yönelik önlemler alınabilmektedir.

Ayrıca BIM programları ile binanın topografyaya ve iklimsel verilere göre konumlandırılışı, bina formu, bina cephe düzeninin tasarlanması, seçilen duvar, döşeme, çatı, pencere gibi yapı kabuğuna ait parametrelerin optik ve termofiziksel özelliklerinin optimum değerleri belirlenebilmektedir. Bu değerler ayrıntılı bir şekilde sisteme girildikten sonra enerji modellemesi yapılarak güneş ve gölge analizi, kütsel güneş analizi, ısıtma ve soğutma analizi, enerji analizleri yapılabilmektedir. Enerji analizleri, aynı zamanda Ecoect, Energy Plus gibi BIM programları aracılığı ile de yapılabilmekte, analiz sonuçları ise Insight 360 ve Green Building Studio gibi BIM programları aracılığı ile elde edilerek maksimum enerji etkinliği olan binaların ve bir üst ölçeği olan yerleşim dokularının üretilmesi hedeflenmektedir.

2.1. Sürdürülebilirlik

2.1.1. “Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir gelişme” kavramı

18. yüzyılın ikinci yarısında ortaya çıkan kavramın düşünce temelinde binlerce yıllık bir birikimin olduğu söylenebilmektedir. Sürdürülebilirliğin düşünce boyutundan kavram boyutuna geçişi, 20. yüzyılın sosyal ve ekonomik gelişmelerinin ekosistemde yarattığı büyük ölçekli tahribatın bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Toplumun ontolojik devamlılığının yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalması, 1970'li yıllarda bir çevre hareketi olan “*Sürdürülebilirlik*” kavramının doğuşuna sebep olmuştur (Bozlağan, 2005; Özdemir, 2022). Bir “Batı” kavramı olan “*Sürdürülebilirlik*” kalkınmaya bağlı ve bireysel zenginlik üzerine kurulu bir Batı değerler sistemini oluşturmaktadır. İlk başlarda ahlaki değerlerden yoksun bir şekilde gelişen bu düşünce bugün uluslararası seviyede gerçekleşen teorik tartışmaların sonucunda gelişmeye devam eden dünyanın bakış açısıyla ortak bir görüş sunmaktadır. Bu görüş, tüm evreni bir organizma olarak kabul etmekte ve sistemsal bir dünya arayışını ön görmektedir. Sonsuz alt sistemleri içine alan bu sistemde, küçük parçalar bir araya geldiğinde oluşan bütün, parçadan daha büyük olmaktadır (Edward, 2001; Talu, 2020).

Sözlük anlamı devam ettirilebilirlik olan sürdürülebilirlik kavramı kelime olarak ilk kez (Almanca: Nachhaltigkeit) 1712 yılında Alman bilim adamı Johann Carl von Carlowitz’ tarafından “*Sylvicultura Oeconomica*” isimli çalışmasında, ormanlar için kullanılmıştır. Carlowitz, bu çalışmada, ormancılığın sürdürülebilir olması için dikili ağaç sayısının kesilenden fazla olması gerektiğini savunmaktadır (Pittel, 2002).

Sürdürülebilirliğin tanımı, ilk kez 1987 yılında Birleşmiş Milletler tarafından yayınlanan Brundtland Raporu’nda “günümüz ihtiyaçlarını gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama imkanlarına zarar vermeden karşılamak” olarak tanımlanmaktadır (United Nations, 1982). Bununla birlikte, sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıkışından günümüze gelene kadar önceliklerine ve bakış açılarına göre birçok organizasyon ve kurum tarafından çeşitli şekillerde tanımlanmıştır. Bunlardan birkaçı şu şekildedir:

Renda’ya göre, “sürdürülebilirlik, günümüz ihtiyaçlarını var olan doğal kaynaklardan karşılarken, öte yandan mevcut kaynakların gelecek kuşaklar tarafından da kullanılmasına imkân sağlamak” olarak ifade edilmektedir (Renda, 1995).

Oral (2006), ise “yaşam alanlarının yeterliliğini, kaynakları ve ekosistemi göz önünde bulundurarak yaşam kalitesini sağlamak” olarak tanımlamaktadır.

Ciravoğlu’na göre, “sürdürülebilirlik, *devam etme* ile *zamanda aynı kalma* faaliyetlerinin bir arada bulunmasından meydana gelmektedir” şeklinde ifade etmekte, insanın bulunduğu çevrede *hak* ve *koruma* olgularının beraber dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu nedenle sürdürülebilirliği tek başına çevresel ya da ekolojik bir kavram olarak değil, daha çok gelecek vizyonu ve gelişmeyi de kapsayan sosyokültürel bir kavram olarak ele almaktadır (Ciravoğlu, 2006).

Başka bir ifadeyle sürdürülebilirlik kavramı temel olarak, çeşitlilik ve üretkenliğin sürekliliğini sağlarken devamlı olabilme yetisini korumak olarak ifade edilmektedir. Kaynakların tüketilmesi, teknolojik ve kurumsal gelişmenin beraber bir uyum içerisinde olduğu; birey isteklerinin ve ihtiyaçlarının karşılanabilme gereksiniminin günümüzde de gelecekte de kuşaklar için korunduğu, bir denge ortamında gelişmesinin sağlanması şeklinde tanımlanabilmektedir. Buna bağlı olarak sürdürülebilirlik, temelde çevre ve çevresel sistemlerin işlevlerini, üretkenliğini ve süreçlerini gelecekte de eksiksiz bir şekilde sürdürebilme kabiliyeti olarak algılanmaktadır (Chapin, Torn, Tateno, 1996).

Barton ve diğerleri (1993) ‘e göre sürdürülebilirlik, küresel olmasının yanı sıra farklı bir anlamı olmadığını benimseyen görüşleri de desteklemiş, sürdürülebilirliğin küresel ekoloji çerçevesinde kabul edildiğini, doğayı korumasıyla birlikte, arazi, hava ve malzeme gibi ana kaynakların tasarruflu kullanılması olarak tanımlanmaktadır. (Whitelegg, 1993).

Ayrıca sürdürülebilirlik, doğal kaynakları koruyarak, kirlilik ve atığı sınırlandırarak, bireylerin birbirleri ile kuvvetli ve yakın ilişki içinde bulunmasını sağlayarak, karşılıklı fayda sağlama ve yardımlaşmaya önem vererek ve ekonomik hareketliliğin devamlılığını sağlamak için yerel pazarlarını geliştirerek, dünyadaki tüm canlılar için yaşam refahı ve kalitesini artırmaya yönelik oluşmuş sistemler bütünü olarak görülmektedir (Oktay, 2005).

Pierce (1992) ‘e göre ise sürdürülebilirlik; yenilenemeyen doğal kaynakların zamanla tükenebilecekleri dikkate alındığında, birbirleri yerine kullanılabilen alternatif kaynakların üretilmesini, üretilen bu kaynakların kullanılmasından oluşabilecek atıkların ve çevresel etkilerin dünyanın kaldırabileceği sığayı aşmamasının garanti altına alınmasını kapsamaktadır (Pierce, 1992).

Tüm bu tanımlamalardan yola çıkarak sürdürülebilirliği, doğadaki tüm kaynakların atık ve insanın yaratmış olduğu çevresel etkilerin minimize edilerek doğaya zarar vermeden, iradeli kullanılmasıyla zarar görmeden ve tüketilmeden gelecek nesillere aktarılma ve işleme yöntemi olarak tanımlanabilmektedir. Bu tanımla, ülke politikalarının, ekonomilerinin, üretimin, planlamanın ve dahası mimarinin tasarlanmasına vurgu yapan en önemli birikim olarak ele alınmaktadır.

Sürdürülebilir gelişme kavramının geliştirilmesinde ise zemin oluşturan ilk toplantı, 1972’de Birleşmiş Milletler (BM) tarafından Stockholm’de düzenlenen “United Nations Conference on the Human Environment (UNCHE) – Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı” olmuştur. Bu konferans, insan çevrelerinin iyileştirilmesi ve korunması hususlarında önemli tartışmaları da beraberinde getirmiştir (UNEP, 1972; Hoşkara, 2007:14).

Sürdürülebilir gelişme kavramının öncüsü sayılabilecek bir diğer gelişme de, “eko-gelişme” kavramı olarak karşımıza çıkmaktadır. Eko- gelişme, yerel veya bölgesel seviyede, alanın kapasitesini ve kaynakların iradeli kullanımını gözetken, teknolojik gelişmelerin tabiata ve topluma zarar vermeden uygulanmasını içeren bir olgu olarak tanımlanmaktadır (Portal on Sustainability, 2002; Tüzin, 1999).

“Sürdürülebilir gelişme” kavram olarak ilk defa 1980 yılında Dünya Koruma Birliği tarafından yayınlanan “Koruma İçin Dünya Stratejisi” (La Strategie Mondiale Pour La Conservation) raporunda irdelenmiş, Macmillan Dictionary of the Environment isimli sözlükte ise, “yenilenebilir kaynakların tüketilmesine dayanarak sürekli devam eden ve çevrenin kesin sınırını, taşıma kapasitesini koruyacak şekilde çevrede sınırlı düzeyde tahribat yaratan ekonomik büyüme” şeklinde tanımlanmıştır (Allaby, 1993: 56).

Sürdürülebilir gelişme, “Caring for the Earth. A Strategy for Sustainable Living (Yeryüzünü Önemsemek: Sürdürülebilir Yaşam için Bir Strateji)” adlı bir başka raporda da, “insanoğlunun yaşam kalitesinin, bağımlı olduğu ekosistemin taşıma yetisinin sınırları içinde kalmak şartıyla artırılması” olarak ifade edilmiştir (IUCN, UNEP ve WWF, 1991; Hoşkara, 2007: 25).

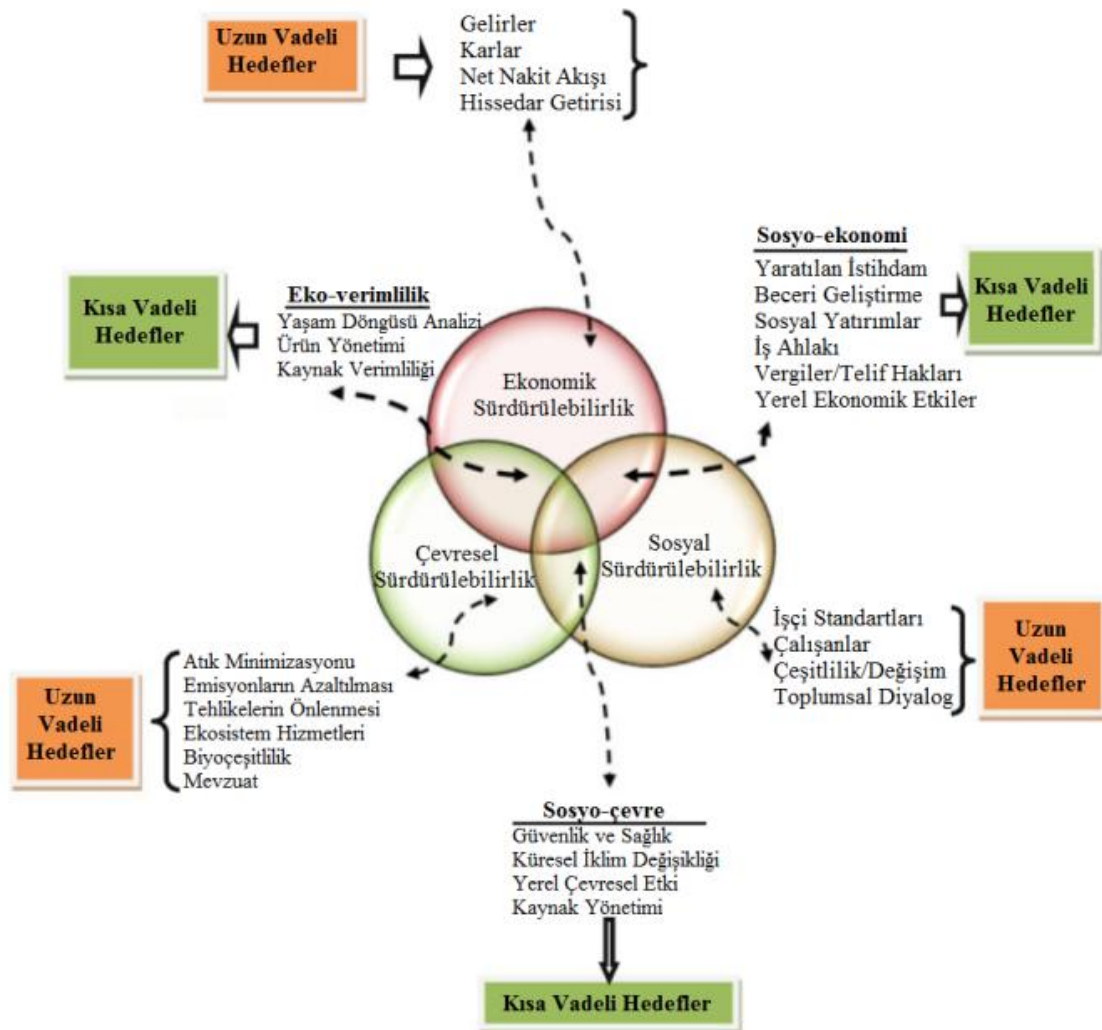
Peter Cookson Smith’e göre ise, “Biyosferin taşıma kapasitesini, ekosistemi ve kaynakları göz önünde bulundurarak yaşam kalitesini sağlamak” olarak tanımlanmıştır (Keleş, 1998: 112).

Tüm bu tanımlamalar doğrultusunda sürdürülebilir gelişme, sağlığın, yaşam kalitesinin ve beslenme seviyesinin iyileştirilmesini, servislere ve kaynaklara sunulan

olanaklara ulaşımında ve algılanan yaşam çevresi kalitesinde eşitlik ve refah ilkesini beraberinde getirmek olarak tanımlanabilmektedir (Barton vd., 1993).

2.1.2. Sürdürülebilirliğin kapsamı, önemi ve bileşenleri

Sürdürülebilirlik kavramı mimarlık alanında irdelendiğinde, ekolojik ve çevresel sorunlarla yakından ilişkili olmakla birlikte sürdürülebilir bir toplumun ve bilincinin oluşabilmesi amacıyla mimarlık, çevresel, eko-verimlilik, sosyolojik/kültürel, sosyo-çevresel ve ekonomik, sosyo-ekonomik bileşenlerle bir bütün olarak ele alınması gerektiği vurgulanmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Sürdürülebilirlik bileşenlerinin özellikleri

Kaynak: (Garbie, 2016: 157).

Çevresel Bileşen: Çevresel bileşen, insan eylemlerinin çevre üzerine olan olumsuz etkilerini azaltmayı ve önlemeyi amaçlamaktadır. Yenilenebilir doğal enerji kaynaklarını tüketmeden, doğa için de yeterli olacak miktarda elde edilebilir durumda

olmaya devam edecek şekilde korumayı hedeflemektedir (Özçuhadar, 2007). Refah seviyesini yükseltme ve ekonomik büyümeyi artırmanın en temelinde çevresel bileşen bulunmaktadır (Küçük ve Güneş, 2013). Aynı zamanda, çevresel bileşenin sürdürülebilir olması da gerekmektedir. Bu nedenle, çevresel bileşenin sürdürülebilir olması için gereken bazı koşullar belirtilmiştir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Çevresel bileşenin sürdürülebilirlik koşulları

Çevresel Bileşenin Sürdürülebilirlik Koşulları
Kaynak tüketiminin minimize edilmesi
Malzeme tüketiminin tümüyle yenilenebilen ya da geri dönüştürülmüş malzemelerle yapılması
Atıkların %100 geri dönüştürülmesi
Enerji korunumunun gerçekleştirilmesi
Enerji kaynaklarının tümüyle kirlilik oluşturmayacak şekilde ve yenilenebilir olması
Toksik maddelerin bertaraf edilmesi
İnsan sağlığı üzerine olan zararlı etkilerin azaltılması

Kaynak: (HKU Architecture, 2002).

Bununla birlikte çevresel bileşenin, eko-verimlilik ve sosyo-çevre ile de yakından ilişkisi bulunmaktadır. Eko-verimlilik, yaşam döngüsü analizi, ürün yönetimi, kaynak verimliliğini amaçlarken sosyo-çevre, güvenlik ve sağlık, küresel iklim değişikliği, yerel çevresel etki ve kaynak yönetimini amaçlamaktadır. Bu amaçların gerçekleştirilmesiyle hem doğal kaynakların korunması, gelecek kuşaklara aktarılması ve enerji verimliliği hem de küresel iklim değişikliğinin, fazla atık miktarının getirmiş olduğu olumsuz çevresel etkilerin önlenmesi sağlanmış olacaktır.

Sosyolojik-Kültürel Bileşen: Sosyolojik-kültürel bileşen, aslında ekonomik sebeplerle motive olmayan, gelenek ve göreneklere, dine, etik kurallara, tutumlara, değerler sistemine, eğitime, kişisel ve grup hareketlerine bağlı gelişen sosyal normlar arasında olan dengeyi yansıtmaktadır. Uygun eğitim, iş ve ev, kültürel etkinlikler, sağlık sistemleri gibi temel ihtiyaçların, sosyal denge ve istikrarın sağlanarak, korunarak karşılanması sosyolojik açıdan önem taşımaktadır.

Sosyolojik bileşenin sağlanması için sosyal düzeyde eşitlik, nitelikli eğitim, kaliteli ve sağlıklı yaşam, toplumsal cinsiyet eşitliği ile katılım hedeflerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Sosyolojik bileşen aynı zamanda sosyal ve insani sermayenin bütünlüğünü, işçi standartlarını, çeşitliliği, değişimi, toplumsal diyalogun sağlanmasını da hedeflemektedir. Bu hedeflerin gerçekleştirilmesiyle her kişinin sağlık,

eğitim gibi temel hak ve ihtiyaçlarına ulaşabilmesi ile yaşam kalitesinin arttırılarak insan refahının sağlanması öngörülmektedir. Bununla beraber kuşaklar arası eşitlik ve dengenin sağlanması, gelecek kuşakların varlıklarını sürdürebilmeleri amacıyla kültürel mirasın ve kültürün korunması, doğal kaynakların korunması ve nesilden nesile aktarılmasına yönelik bireylere bilgi verilmesi, bireylerin alışkanlıklarının farklılaştırılması açısından çevresel bileşenle olan bağlantısı da insan refahının sağlanmasında önem taşımaktadır.

Ekonomik Bileşen: Ekonomik bileşen, finansal politikaların evre üzerindeki yıkıcı etkilerinin ortaya çıkmasından sonra yeni bir politika yolu izlenmesi gerektiğinin öngörülmesi üzerine ortaya çıkmıştır. Ekonomik bileşenler doğayla kurduğu ilişki yönünden srekliyet gösterebilmektedir ve bu bakımdan doğal kaynakların önemi oldukça büyüktür.

Ekonomik sistemlerin hem kişisel girişimleri özendirmesi hem de gelecek kuşakların genel yararlarını da dikkate alacak şekilde olması gerekmektedir. Bu nedenle, minimum maliyet ve maksimum verimle sağlıklı kalkınma ve büyümeyi, sınırsız üretim ve tüketimi esas almaktadır. Başka bir ifadeyle ekonominin sürdürülebilir olması için kullanılan kaynakların sınırsız olması gerekmektedir. Bu bakımdan ekonomik bileşenin gerçekleştirilmesinde, kaynakların devamlı olarak uzun sürede kullanılabilmesi, alternatif kaynakların oluşturulması, yenilenemeyen kaynakların harcanmasının azaltılması ve kullanım maliyetlerinin en az düzeye indirgenmesini amaçlamaktadır (Kılıç, 2012).

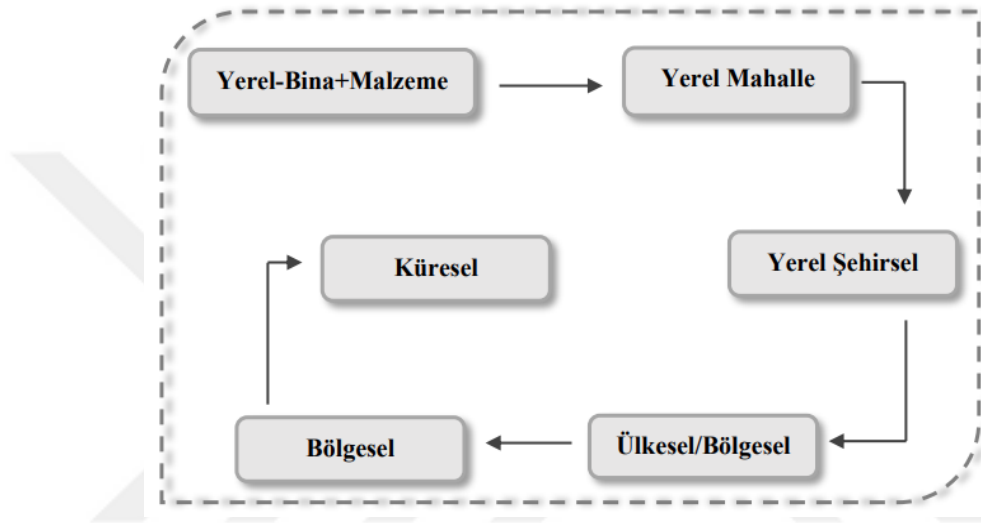
Bu açıdan ele alındığında, bir binadaki malzemelerin maliyetlerinin düşük olmasıyla beraber yapı elemanlarının yapım süreçlerinde tekrar kullanılabilirliğinin ve dayanıklılığının yüksek olması önem arz etmektedir. Böylece “kaynağın uzun süreli verimliliği” yapıların yenilenecek yeniden kullanılabilmeleriyle sağlanmış olmaktadır.

Tüm bu bilgilerle ekonomik bileşenı özetleyecek olursak, enerji tüketimi ve hammaddelerin azaltılması, enerji etkin teknoloji ve yenilenebilir kaynak kullanımı, kaynakların etkin bir şekilde kullanımı ile düzenli bir kamu veya özel yatırım akışının sağlanması, maliyetlerin, satış miktarlarında artış sağlamak için satış olanaklarının ve yeni pazarların oluşturulması ve katma değerlerin yükseltilmesini öngörmektedir (Talu, 2020).

Çeşitli kaynaklardan elde edilen verilerden hareketle sürdürülebilirliğin bu bileşenleri dışında farklı bileşenlerinin olduğu görülmektedir. Bu bileşenlerin içinde birtakım alt bileşenleri de kapsayan dört farklı bileşenin daha ele alınması gerektiği

vurgulanmaktadır. Bu dört bileşen, ifade edildiği şekliyle aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

- Küresel sürdürülebilirlik bileşeni,
- Bölgesel sürdürülebilirlik bileşeni,
- Ülkesel (ve ülke içinde Bölgesel) sürdürülebilirlik bileşeni,
- Yerel sürdürülebilirlik bileşeni (şehirsel düzeyde, mahalle düzeyinde, bina düzeyinde, malzeme düzeyinde) (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Sürdürülebilirliğin farklı bileşenleri

Kaynak: (Talu, 2020; Hoşkara, 2007).

Küresel sürdürülebilirlik bileşeninin gerçekleşmesi için, dünyada bulunan haklar, ülkelerin bireysel haklarına oranla daha fazla önem arz ettiği için çevresel problemler, kaynakların tüketimi ile tehditler üzerinde, ülkenin kendi otoritesindense daha baskıcı bir otoriteye sahip uluslararası boyutta bir kuruluşa gereksinim duyulmaktadır.

Bölgesel sürdürülebilirlik bileşeni, küresel ve ülkesel boyutlar arası, yani makro düzeyin bir altındaki bir ara bileşeni oluşturmaktadır. Bölgesel bileşen küresel bileşene oranla, bölgenin kendine özgü yapısı, kaynakları ve özelliklerine ilişkin daha fazla bilgi ve veri sahibi olduğundan, sürdürülebilir olan bir sistemi denetledikten sonra izlenecek yolu gösterebilmek için, küresel bileşene göre daha gelişmiş bir bileşen olarak görülmektedir.

Ülkesel sürdürülebilirlik bileşeni, üst düzey bölgesel bileşen ile yerel bileşen arasında, ülkelerin (varsa büyüklüklerine bağlı bir şekilde, içlerindeki diğer bölgelerin)

Çevresel, ekonomik, sosyal, kurumsal ve politik şartlarına bağlı sürdürülebilirliğe yönelik kararlar alan ve bu konuda stratejiler geliştiren bir bileşeni oluşturmaktadır.

Yerel sürdürülebilirlik bileşeni ise, ülkesel, bölgesel ve küresel kararların uygulandığı, bu bileşenlerin altında, malzeme, yapı, mahalle, yerleşim yeri ve hatta şehir düzeyinde sürdürülebilirlik kavramlarını kapsayan daha detaylı bir bileşeni oluşturmaktadır (Hoşkara, 2007).

Tüm bu açıklamalar ele alındığında, Hoşkara (2007) sürdürülebilirliğin tanımını, “evresel duyarlılığa sahip eşitliği savunan bir fikir” olarak açıklamaktadır. Sonuç olarak, çevresel bir gelişme olarak ele alındığında ülkeler arasındaki dengenin sağlanması, sürdürülebilirlik olgusunun temel koşulunu oluşturmaktadır.

Bu alışma kapsamında ise çevresel bileşenler esas alınmış olup, enerji verimliliği yüksek, geleneksel ve geri dönüştürülebilir yapı malzemeleriyle doğal topoğrafya korunarak zaman içinde kendiliğinden oluşmuş mevcut bir yerleşim dokusunda yenilenebilir kaynakların (güneş, rüzgâr vb.) evresel tasarım parametrelerinin (bina yn, H/W oranı, binaların birbirine göre konumu, bina aralıkları vb.) enerji verimliliği üzerine etkileri BIM programları aracılığıyla araştırılmıştır.

2.1.3. Sürdürülebilir gelişmenin tarihsel gelişim süreci

Sürdürülebilir gelişme kavramı, en başta BM olmak üzere, dünya çapında farklı birçok kuruluş ve kurumların yaptığı çalışmalar neticesinde bugünkü halini almıştır. Özellikle 1970 ve 1980’li yıllarda yapılan gerek küresel gerekse ulusal ve bölgesel ölçekte birçoğu bilimsel çalışma olan uluslararası toplantı ve konferans gündemleri, bu kavramın tartışılarak bir düşünceden çok kavram olarak gelişmesine ve toplumda benimsenmesine katkı sağlamıştır. Bu kavramın gelişmesine zemin hazırlayan en önemli gelişme ise 1970’li yıllarda yaşanan petrol krizi olmuştur. Petrol krizinin yaşanması alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılmasında tetikleyici bir unsur olarak görülmektedir. Bu konuda yapılan toplantı ve konferanslar kronolojik sıraya göre **şekil 2.3** ‘de verilmiştir.



Şekil 2.3. Sürdürülebilir gelişme için yapılan toplantı ve konferanslar

Sanayi ve endüstri devrimiyle beraber gelişen teknoloji özellikle 19. yy'ın sonlarından günümüze kadar doğayı dikkate almamış ve doğaya ve çevreye gittikçe düzenli bir şekilde zarar vermeye başlamıştır. Özellikle İkinci Dünya Savaşından sonra küresel boyutta kendini gösteren sorunlar, hızlı ekonomik gelişme, nüfus artışı, şehirleşme gibi sebeplerle büyümeye devam etmiştir. Küresel boyutta yaşanan bu probleme ise yine küresel boyutta atılacak çözüm yolları üretileceği düşüncesi kabul edilmeye başlanmıştır.

Bu konuda atılan ilk adım ise 1972 yılında Stockholm'de BM (Birleşmiş Milletler) tarafından düzenlenen **Stockholm Konferansı**'dır. Bu konferansta çevrenin korunması ve sonrasında da geliştirilmesi hususu ilk kez ele alınmıştır. Gelişmeye devam eden ülkelerdeki çevresel sorunların birçoğunun gelişmişlik düzeyinin az

olmasından kaynaklandığını, bireylerin barınma, yiyecek, eğitim, sağlık gibi temel gereksinimlerinin en az seviyede dahi karşılanamadığı, bundan dolayı bu ülkelerin öncelikli hedefinin kalkınma ve gelişme olması gerektiği, fakat bunu gerçekleştirirken aynı zamanda çevrenin korunması ve geliştirilmesinin de göz önüne alınması gerektiği vurgulanmıştır (UN, 1972).

1980 yılında BM Çevre Programı ve Dünya Yabani Hayat Fonu, Uluslararası Doğal Kaynakları ve Doğayı Koruma Birliği tarafından düzenlenen **BM Çevre Programı ve Dünya Koruma Stratejisi** ise, “Sürdürülebilir Gelişme ve Kalkınma” kavramını ilk defa kullanmış, toplumun sürdürülebilirlik bilincine erişebilme yolunun ancak koruma ve geliştirme düşüncesinin beraber ele alınmasıyla gerçekleşebileceğini belirtmiştir.

1987 yılında yirmi farklı ülkenin üyelerinin oluşturduğu Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından düzenlenen **Brunland (Ortak Geleceğimiz) Raporu**, 20. yy’ da gelişen değişimlere değinmiş, bu raporda çevreye uyum sağlayan bir gelişme modeli önerilmiştir. Raporla birlikte sürdürülebilir çevre ve gelişme için öncelikli hedefler önerilmiştir. Bunlar;

- Karar almada etkin bir role ve katılıma sahip bir siyasi görüş
- Kendine güvenen, artı değer katma temeline dayanan ve teknik bilgiler üretebilen bir ekonomik sistem
- Gelişme düşüncesinin ekolojik tabanını koruma sorumluluğunu destekleyen bir üretim sistemi
- Yeni çözüm yolları bulabilen bir teknolojik sistem
- Sürdürülebilir finans modellerini ve ticareti benimseyen bir uluslararası ilişkiler sistemi
- Kendini yenileyebilen ve esnek bir bürokrasi sistemi
- Dengesiz gelişmelerden ortaya çıkabilecek sorunlara çözüm yolu sunabilecek bir sosyal sistem olarak belirlenmiştir.

Bu hedeflerle birlikte sürdürülebilir gelişme kavramının ekonomik, siyasi, ekolojik sosyal, kurumsal ve teknik olmak üzere hem bütünsel hem de çok yönlü bir yaklaşım olduğu vurgulanmıştır (Kayıhan, 2006; Şekur, 1996).

1992 yılında Rio de Janerio şehrinde sürece yönelik durumu değerlendirmek ve yeni politikalar üretmek amacıyla düzenlenen **Rio Konferansı (Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı)**’nda, ülkelerin küresel düzeyde ortaklık yaparak,

insanların temel gereksinimlerini eşit bir biçimde karşılayabilmeleri için zemin hazırlanması gerektiği belirtilmiş ve sürdürülebilir gelişme düşüncesinin gerçekleşebilmesi için küresel ve yeni bir ortaklığın kurulması zorunlu görülmektedir. Gerçekleştirilen konferansta sivil toplum örgütlerinin, sektörlerin, yönetimlerin ve devletlerin küresel bir ortaklık kurarak, birbirleriyle iş birliği içinde olmaları ve dünyadaki doğal kaynakların tasarruflu bir biçimde kullanılmasını sağlamaları üzerinde durulmuştur (Birleşmiş Milletler, 1992a). Ayrıca sürdürülebilir gelişme fikrinin oluşumu için uluslararası boyutta çevre, kentleşme, ekonomi ve yönetim gibi alanlarda yapılması gereken çalışmalardan bahsedilmiştir (Yanar, 2017).

Yine 1992 yılında “Sürdürülebilirliğe Doğru” adıyla Avrupa Birliği tarafından düzenlenen *Avrupa Birliği 5. Eylem Programı*’nda, yerel yönetimlerin baş aktör olarak görülmesi üzerinde durulmuş, inisiyatif uygulamalarının birçoğunun yalnızca yerel yönetimler tarafından uygulanabileceği kabul edilmiştir. Bu program Avrupa Komisyonu’na kadar süren bütün yönetsel ve toplumsal boyutları içeren “ortak sorumluluk” ve “subsidiarite” ilkeleri doğrultusunda hazırlanmıştır (Hams, 1994).

1993 yılında Birleşmiş Milletler-Sosyal ve Ekonomik Konsey tarafından düzenlenen *Sürdürülebilir Gelişme Komisyonu*, BM Şartnamesi 68. Maddesi ve Gündem 21’e ilişkin hükümlere yönelik olarak oluşturulmuş, konferansta onaylanan hüküm ve ilkelerin uygulanmasının etkin olarak takip edilmesini sağlamak, uluslararası düzeyde işbirliğini kuvvetlendirmek, çevre ve gelişme hususlarının bir bütün olarak ele alınmasına yönelik devletlerarası karar verme yetisini rasyonalize etmek ve Gündem 21’de alınan kararların bölgesel, ulusal ve uluslararası boyutta uygulanmasına yönelik gerçekleşen gelişmeleri irdelemek hedeflenmiştir (BM, 1992b: 307; Bozlağan, 2005:1021).

1993 yılında Amerikan Mimarlar Birliği Enstitüsü (AIA) ve Uluslararası Mimarlar Birliği (UIA) tarafından düzenlenen *Sürdürülebilir Bir Gelecek İçin Bağımlılık Bildirisi*’nde, Dünya Mimarlık Kongresi’nde yayımlanan mimarlık ve bina tasarımı alanlarında sürdürülebilirlik bilincinin arttırılması amacıyla çevresel ve toplumsal sürdürülebilirliğin mesleki uygulamanın odağına yerleştirilmesi, sürdürülebilir mimari tasarımın uygulanmasının ve işlerliğinin sağlanması için gereken eğitim programları, hizmet standartlarının geliştirilmesi ve devamlı iyileştirilmesi, bu konunun önemi ve olanakları hususunda proje yönetim sürecinde rol alan tüm paydaşların eğitilmesi, sürdürülebilir mimari tasarımın devamlı bir uygulamaya dönüşmesi amacıyla devletler ve iş çevreleri boyutunda yapılan yasal düzenlemeler,

politikalar ve uygulamaların kurumsallaştırılması, var olan çevrenin tüm öğelerinin hem günümüzde hem de gelecekte tasarım, üretim, kullanım ve yeniden kullanımı için sürdürülebilir tasarım standartlarına ulaştırılmasına yönelik bireysel ve mesleki kurumların alması gereken kararlar üzerinde durulmuştur (Yanar, 2017; Anonim, 1993).

1995 yılında Mısır'ın başkenti Kahire'de BM tarafından düzenlenen ***Birleşmiş Milletler Nüfus ve Kalkınma Konferansı***'nda, nüfus kavramı en genel kapsamı ile sürdürülebilir gelişme kavramıyla sıkı sıkıya ilişkilendirilmiş, daha yüksek yaşam kalitesinin insanlara sunulması amacıyla şimdiki nesillerin gereksinimlerinin karşılanması için hükümetlerin gelecek nesillerin gereksinimlerini karşılama imkanını tehlikeye atmadan, nüfusa yönelik politikaları da dahil ederek, gereken politikaları uygulamaya koymayı, sürdürülebilir olmayan üretim ve tüketim şekillerinin azaltılması ya da bertaraf edilmesini içeren madde kabul edilmiştir.

1996 yılında yine BM tarafından düzenlenen ve İnsan Yerleşimleri Konferansı'nda kabul edilen ***Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşimleri Konferansı (Habitat II)***, “herkes için yeterli konut/barınak” ve “kentleşen dünyada sürdürülebilir insan yerleşimleri” isimli iki temel konuda yoğunlaşarak bu konular arasındaki ilişki detaylı olarak ele alınmış, herkes için yeterli sayıda barınak/konut temin etmek ve yerleşim alanlarını daha sağlıklı, güvenli, yaşanabilir, insan hakları bakımından daha sürdürülebilir ve daha üretken bir hale getirmek hedeflenmiştir.

Aynı zamanda, insanlar için özgürlük içinde daha iyi yaşam kalitesinin sağlanması gerektiğine, bunun sağlanması için sürdürülebilir olmayan üretim ve tüketim kalıplarına bina ve dağılımında oluşan değişimleri dahil etmek ve aşırı nüfus yığılmalarına yönelik eğilimlere öncelik vermek şartıyla; işsizliğe, evsizliğe, yetersiz kaynaklara, temel altyapı ve üstyapı hizmetlerinin eksikliğine, çevresel bozulmaya özellikle gelişmekte olan ve geçiş ekonomisindeki ülkelerde yaşam kalitesini ve standartlarını iyileştirmek amacıyla iş birliğinin yoğunlaştırılması gerektiğine değinilmiştir.

Ayrıca, çevremizi sürdürülebilir kılmak için yerleşim alanlarındaki kaliteyi artırmak üzere, sürdürülebilir tüketim ve üretim kalıplarını, yerleşim ve ulaşım imkanlarını geliştirme; ekolojik dengeyi koruma, kirlilikten korunma, gelecek nesillerin yaşama fırsatlarını gözetmeye yönelik çalışmalar yapılması gerektiğine ve bu çerçevede küresel bir ortaklık ruhuyla ekosistemdeki dengenin ve düzenin korunmasının sağlanması yolunda ortaklık geliştirilmesi gibi hususlar da vurgulanmıştır (UN, 1996; Aktan, 2002).

1997 yılında BM Kalkınma Programı'nın desteği ve birçok ulusal ve uluslararası kurum, kuruluş, özel sektör gruplarından oluşan temsilcilerin katılımı ile düzenlenen **Rio + 5 Forumu (New York)**'unda, sürdürülebilir gelişmenin bölgesel, ulusal ve küresel boyutta gerçekleşmesinin sağlanması için politika ve yönetim sistemlerinin uygulanması gerektiğinden bahsedilmiş, bu uygulamaların hayata geçirilebilmesi için formel ve enformel yönetim ve işletim sistemlerinin kurulması, ekonomik küreselleşmenin olumsuz etkilerine karşı önlemler alınması ve önerilerde bulunulması için ortaklıklar ve işbirliği kurulması amaçlanmış, buna yönelik yapısal reformlar yapılması konusunda girişimlerde bulunmak hedeflenmiştir (Asia-Pasific Council, 1997; Pro-Agenda 21 Comission, 1997).

Yine 1997 yılında Kyoto'da düzenlenen **Kyoto Protokolü**'ünde, iklimsel değişikliğin ekonomik ve çevresel sonuçları ile bu sonuçlara yönelik politikalar geliştirmek amacıyla BM İklimsel Değişim Çerçeve Konvansiyonu konferansı düzenlendikten sonra katılımcılar tarafından bir protokol imzalanmış, bu protokolde ise çevresel sürdürülebilirlik ve çevresel kirlilik açısından olumsuz etkiler oluşturan başta CO₂ (karbondioksit) kabul edilmek üzere altı adet farklı (CH₄, PFC's, HFC's, SF₆, NO₂) sera gazı salınımlarının, 2012 yılına kadar azaltılması doğrultusunda uluslararası boyutta yasal ve bağlayıcı hedefler belirlenmiş, bu konuda anlaşmaya varılmıştır (UNFCCC, 1997; Walsh, 2002: 4).

2002 yılında Rio Konferansı'ndan sonra yaşanan 10 yıllık içindeki gelişmeleri değerlendirmek ve sonraki sürece ilişkin politikalar üretmek amacıyla düzenlenen **Johannesburg Zirvesi (Rio + 10 Zirvesi)** ise, bir diğer adıyla "*Sürdürülebilir Gelişme Konferansı*", gerek endüstrileşmiş gerekse fakir ülkelerin sosyal ve ekonomik problemlerine değişik bakış açılarının bulunması amacıyla düzenlenmiştir. Konferansta sürdürülebilir gelişmenin gerçekleşmesi için engel teşkil eden problemler belirlenmiş ve sürdürülebilir gelişmenin ana öğeleri içinde yer alan yoksulluğun giderilmesi, eğitim, sağlık, su ve tarıma erişim ve çevrenin korunması gibi öncelik içeren hususlarda ileriye ilişkin hedef ve amaçlarla bir çalışma takvimi hazırlanmıştır. Ayrıca çevresel problemler ele alınmış, zirvenin sonunda ise biri "Uygulama Planı", bir diğeri siyasi iradenin ortaya konulduğu "Siyasi Bildiri" olan iki temel belgeye değinilmiştir (UN, 2002; Ağça, 2002: 32; Tuğcu, 2006).

Uygulama Planı'nda üzerinde öncelikli olarak durulan hususlardan biri “doğal kaynakların korunması sürecinde ekosistem yaklaşımı”, bir diğeri ise “yenilenebilir enerji kaynakları” olan ekosistem yaklaşımında su, kaynaklar ve toprağın bütüncül bir yönetim sistemi ile ele alınması ön planda tutulmuş; yenilenebilir enerji kaynakları konusu ise en çok tartışılan en son uzlaşılan husus olmuştur. Böylece ekonomik eylemlerde öncelikli olarak çevrenin korunması gündeme getirilmiştir.

Siyasi Bildiri' de ise, ülkelerin küresel, bölgesel ve yerel boyutta sürdürülebilir gelişmeyi sağlaması amacıyla ortak yükümlülüklerine vurgu yapılmış, Uygulama Planı içerisinde alınan kararlılıkların teyit edilmesi ve çevresinin korunması için alınması gereken sorumlulukların altı çizilmiştir (Tuğcu, 2006).

UIA Torino Kongresi'nden sonra 2008 yılında düzenlenen **UIA Torino Manifestosu**'nda, sürdürülebilir bir dünya oluşturmak amacıyla mimarlık sektörünün rolüne vurgu yapmış, sürdürülebilir gelişmeye ilişkin alternatif politika geliştirilmesi üzerine; ekonomiyi ekolojiyle bütünleştiren bir gelişme modelinin oluşturulması, yerküre habitatının yenilenebilir enerji ve güneş enerjisi çağı kentine dönüştürülmesi, doğa ile işlevselci olan indirgemeci ötesi yeni bir işbirliği; yeniden kullanım, sera gazı ve kirlilik etkisinin kontrollü olacağı bir medeniyet oluşturma; ve estetikte, siyasette ve etikte biyoçeşitliliğin ön planda tutulduğu dijital bir mimarlığın yaratılması konularında kararlar alınmıştır (UIA, 2008).

2010 yılında BM İklim Değişikliği Konferansı'na katılan UIA tarafından imzalanan **UIA Cancun Bildirgesi**'nde, “Tasarım ile Sürdürülebilirlik” hususunda mimarlık alanının mesleki olarak küresel çevreye katkı sağlayabileceğine dikkat çekilmiştir. Bildirgede, mimarların, çevrede yapılan tahribatın durdurulması, yeni yaşam şartlarına akılcı bir biçimde adapte olarak yaşanan iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin yaşam kalitesini iyileştirmesi bakımından azaltılması hususunda hükümetlerle iş birliği yapması, sürdürülebilir mimarlık yükümlülüğünün topluma benimsetilmesi için sosyo-kültürel yaratıcılığı, bilimsel ve teknolojik bilgiyi, yeniliği vurgulamak; yeni koşullara üniversitelerde, araştırma ve bilim kurumlarında ve başka eğitim kurumlarında adapte olabilmek bakımından mimarlık alanındaki eğitime yönelik program ve planların yeniden gözden geçirilmesi gibi hususlarda görüşmeler yapılmıştır (UIA, 2010).

Yapılan tüm bu toplantı ve konferanslarla birlikte sürdürülebilirlik, sürdürülebilir gelişme kavramlarının ve ilkelerinin uygulanabilmesi açısından büyük bir paya sahip olan “**Sürdürülebilir Mimari/Mimarlık**” olgusu ortaya çıkmıştır. Bu

olgunun ortaya çıkışıyla birlikte gelişen sürdürülebilir yapım ilkelerinin mimarlık ve inşaat sektörü tarafından benimsenerek kullanılması ise “**sürdürülebilir kentleşme ve sürdürülebilir yerleşim dokusu**” kavramlarının ortaya çıkmasında büyük bir öneme sahip olmuştur.

2.1.4. Sürdürülebilir yerleşim dokusu kavramı

Literatürde sürdürülebilir yerleşim dokusunun ne olduğuna dair net bir tanımlama bulunmamakla birlikte bu konuda kabul görmüş tanımlamalardan birkaçı şu şekildedir;

İnsanların bütün gereksinimlerini karşılayabildiği ve yaşayan bir sistem olarak şehirler, en geniş tanımıyla; “devamlı gelişme içinde olan ve toplumun, barınma yerleşme, çalışma, gidiş-geliş, dinlenme, eğlenme gibi ihtiyaçlarının karşılandığı, çok az bir kesimin tarımsal faaliyetlerde bulunduğu, kırsal bölgelere oranla nüfus bakımından daha yoğun olan yerleşim dokusu olarak tanımlanmaktadır” (Keleş, 1998: 75). Yapılan bu tanımlamadan da anlaşıldığı üzere doğaya verdiği zarar ve doğal kaynak kullanımı bakımından ön sıralarda yer alan şehirlerin, sürdürülebilir gelişme kavramıyla birlikte ele alınması gerekmektedir.

Bu bakımdan irdelendiğinde, Atıl, Gülgün ve Yörük (2005)’e göre, “Şehirlerin sürdürülebilirliği, içinde yaşayan toplumların sürdürülebilirliği” olarak tanımlanabilmektedir. İnsanlar ve yaşadıkları mekânlar birbirleriyle sürekli etkileşim içerisinde bulunmaktadır. Şehirlerin sürdürülebilir hale getirilebilmesi için şehirlerde yaşayan toplumların ve gelecek kuşakların yaşam kalitelerinin artırılması ve sürdürülebilirliğinin devamlı hale getirilmesi; sürdürülebilir şehirselleşmenin sürdürülebilir toplumsal gelişme ile birlikte düşünülerek ele alınması gerekmektedir. (Atıl, Gülgün ve Yörük, 2005).

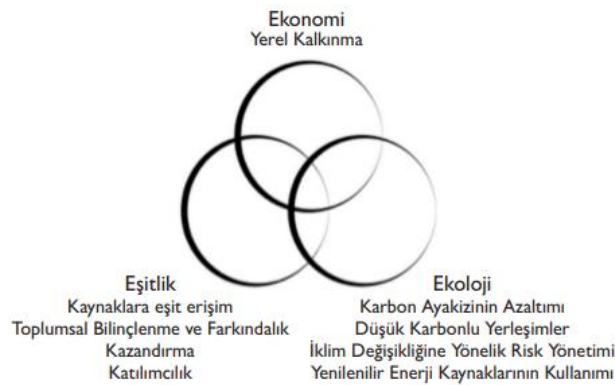
Sürdürülebilir şehirselleşme, ilgili disiplinler görüş bakımından, sistemin işleyiş şeklini etkileyen parametreler bağlamında çeşitli biçimlerde tanımlanmaktadır. Farr (2008) ‘a göre, sürdürülebilir şehirselleşme, ulaşım, yaya ulaşımı ve toplu taşımanın ağırlıklı olarak bir arada bulunduğu bir şehir modeli olarak tanımlanmaktadır. Burada yapılaşmış çevreyi ise, yüksek enerji performanslı altyapı sistemlerinin yine yüksek enerji performanslı yapılarla entegre edildiği kompakt bir yerleşim birimi olarak tasvir etmektedir (Farr, 2008).

Kocabaş (2011) ise, sürdürülebilir yerleşim dokularını, kamusal alanların açık yeşil alanlarla entegre olarak tasarlandığı; farklılaştırılmış sosyal donatı alanlarının var olan sistem içinde eşit erişim sunacak şekilde konumlandırıldığı; mevcut kültürel mirasın sürdürülebilir bir şekilde korunarak şehir yaşamına katıldığı; karbon salınımı düşük olan yeşil bina ve yüksek enerji performansına sahip altyapı sistemlerinden oluşan yaşama alanları ile çalışma alanlarının birbiriyle entegre olduğu; ulaşım sisteminin yeşil ulaşım sistemleri veya düşük karbon salınlı toplu taşıma sistemleriyle (bisiklet, yürüme vb.) iç içe geçtiği yerleşim yerleri olarak tanımlamaktadır (Kocabaş, 2011).

Başka bir tanımda, “insan ihtiyaçlarına günümüz şehirlerinden daha iyi cevap veren ve şehir sistemlerinin gelecek nesillerin ihtiyaçlarının karşılanmasını engellemeyecek bir şekilde geliştirilmesini sağlayan yerleşim yeri (Ertürk, 1996: 175)”, veya “devamlılık içinde değişimi sağlamak için, sosyal – ekonomik çıkarların enerji ve çevreye ilişkin kaygılarla uyumlu hale getirildiği yerleşim yeri” olarak belirtilmektedir. (Geenhuysen, Nijkamp, 1998: 131)”.

Wheeler (2013) ise, sürdürülebilir bir yerleşimin, toplumun bütün bireyleri için çekici, rahat, yeşil, kimlikli, güvenli, insan ölçeğinde ve sağlıklı bir alan olması gerektiğini söylemektedir. Bununla birlikte, sürdürülebilir yerleşim dokularının tasarlanması ve planlanmasında; arazinin etkin ve kompakt (derişik) kullanımı, motorlu araçların daha az kullanımı, erişim kolaylığı, kaynakların etkin kullanımı, kirlilik ve atığın daha az olması, kaliteli yaşam ve barınma çevrelerinin oluşturulması, doğal sistemlerin restorasyonu, sağlıklı sosyal ekoloji, yerel kültürel mirasın korunması, halk katılımının sağlanması, sürdürülebilir ekonomi gibi etkenlerin dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır (Wheeler, 2013).

Tüm bu tanımlamalardan yola çıkılarak sürdürülebilir yerleşme dokusu kavramı **Şekil 2.4**'deki gibi özetlenebilmektedir:



Şekil 2.4. Sürdürülebilir yerleşme dokusu kavramı

Kaynak: (Ulubaş, 2015).

Bununla birlikte, sürdürülebilir yerleşim dokularının mevcut şehrsel çevrenin dönüştürülmesi ve gereksinim duyulan yeni gelişme dokularının bu dokulara entegre edilmesiyle hayata geçirilebileceği söylenebilmektedir. Diğer yandan özellikle konut alanlarında havalandırma, aydınlatma, ısıtma ve soğutmada yalnızca güneş enerjisinin yeterli olmadığı, pasif enerji sistemlerinin yanında yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarının depolanabilir hale getirilmesi, geri dönüştürülebilir ve doğaya özgü malzemelerin kullanılması ile daha verimli ve etkin yapılardan oluşan yerleşim alanlarının oluşturulabileceği belirtilmektedir. Bu bağlamda ülkemizde mevcut yerleşim dokularının bu bakış açısı ile ele alınarak sürdürülebilir yerleşim dokularına dönüştürülmesi büyük önem taşımaktadır.

2.1.5. Sürdürülebilir yerleşim dokularının hedefleri

Sürdürülebilir yerleşim dokularına ilişkin yapılan tanımlamaların bir analizi yapıldığında üç unsurun ön plana çıktığı görülmektedir. Bu unsurlardan birincisi, şehirlerde yaşayan insanların, şehirle olan ilişkilerinde, kamu hizmetlerinin alınmasında ve şehrin ortak alanlarının kullanılmasında yaşam kalitesinin yükseltilmesi probleminin aşılmasını sağlamaktır. İkincisi, şehrin bir yerleşim dokusu olarak kendi varlığını sürdürebilme yetisinin güçlendirilmesini sağlamaktır. Üçüncüsü ise, şehrin çevre değerlerini taşıma sığalarının üzerinde kullanılmasıyla kaynakların dönüştürülmelerinde mevcut tüketim ve üretim kalıplarının temelinde ele alınmasının gerektiğidir (Bayram, 2001: 256).

Bu bağlamda ele alındığında bir şehirdeki sürdürülebilir yerleşim dokularının hedeflerini ise şu şekilde sıralamak mümkündür;

- Yaşam kalitesinin yükseltilmesi,
- Yoksulluğa karşı çıkılması,
- Gelişmede farklı seçeneklerin oluşturulması,
- Sağlığa ilişkin temel ihtiyaçların karşılanması
- Şehrsel nüfusun sağlığının korunması,
- Beslenme ve istihdam problemlerinin çözülmesi,
- Teknolojide tekrar yapılanmaya gidilmesi,
- Bio-çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi,
- Yenilenebilir doğal enerji kaynaklarının kullanılması,
- Nüfus artış hızının kontrol altına alınması,

- Risklerin bertaraf edilmesi,
- Güvenilir ve temiz su bulunması,
- Mekânın ve doğal kaynakların tüketiminin en aza indirilmesi,
- Şehirsel akışların etkin bir şekilde yönetilmesi,
- Hizmetlere ve kaynaklara erişimin eşit biçimde sağlanması,
- Sosyal ve kültürel çeşitliliğinin sürdürülmesi,

Bu hedefler doğrultusunda ise yerleşim dokularında özellikle arazi kullanım planlamasının önemli bir paya sahip olduğunu söylemek gerekmektedir (Brebbia, Martin–Duque ve Wadhwa, 2002). Ayrıca bu doğrultuda büyümenin kontrol edilmesi, şehirlerin dışarıya doğru yayılmasının yavaşlatılması ya da durdurulması için arazi kullanımının ulaşım sistemleriyle, rekreasyonel ve ekolojik ihtiyaçlarla ve mevcut gelişmeyle uyumlu bir hale getirilmesinin gerektiği ön planda tutulmaktadır (Wheeler, 2004).

Bununla birlikte, bu yaklaşım, şehirsel gelişmeyi etkileyen bütün çevresel (doğal/yapay çevre), ekonomik, sosyal öğeleri birbiriyle ilişkili şekilde içermekte; sosyal ve ekonomik gelişimin çevreyi koruma ve iyileştirme hedefiyle birleştirilmesini ön görmekte; gelişim şeklinin katılımlı süreçlerle belirlenmesini gerektirmektedir.

2.2. Bina Bilgi Modelleme (Building Information Modelling)

2.2.1. “BIM” kavramı ve özellikleri

Bina bilgi modelleme veya yapı enformasyon modelleme adları, İngilizce’deki “Building Information Modelling” kısaca BIM, kavramından çevrilmiştir. İngilizce’den alınmış haliyle, Türkçe’de en çok kullanılan kısaltmalar: “BIM”, yapı enformasyon modelleme anlamındaki “YEM” ve bina bilgi modelleme adının bir kısaltması olan “BBM” olarak tasvir edilmektedir. Bu çalışma kapsamında daha geniş kavramsal bir tanım olacağı düşünülerek “BIM” kısaltması kullanılmaktadır.

İnşaat ve mimarlık sektörlerinde, tasarımcılar bilgisayar destekli tasarım programlarını kullanmaya başladığından itibaren, bilgisayarlar, bu sektörlerin en önde gelen bir parçası olmuştur. Günümüzde ise BIM sayesinde, tasarımcı ve proje paydaşlarının bilgiyle tasarlanmış olan modeller üzerinden çalışmaya ve iletişim kurmaya başladığı görülmektedir. İyi bir tasarım modeli üretmenin yanı sıra, tasarımın konsept aşamasından proje teslimi aşamasına kadar ilgili birçok alanla olan uyumu yine BIM sayesinde yapılmaktadır.

Günümüzde ise bina bilgi modelleme, inşaat sektöründeki firmalar tarafından benimsenen ve yaygın şekilde kullanılan bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sebeple, BIM kavramını tek bir tanım ile ifade etmek ve sınırlamak mümkün olmamakla birlikte, BIM'e ilişkin birçok kavramsal tanımlama da bulunmaktadır.

BIM kavramı, 1975 yılında AIA (Amerika Mimarlar Enstitüsü-American Institute of Architects) dergisinde yayınlanan Charles M. Eastman'ın "Yapı tasarımında çizimlerin yerine bilgisayarların kullanımı" isimli makalesinde; "Mühendislik, mimarlık ve inşaat sektörlerinde umut verici gelişmelerden biridir. BIM ile binanın doğru ve sanal bir modeli oluşturulur. Modelleme işlemi bittiğinde binayı inşa etmek için gereken geometri, bilgi ve veriler elde edilmiş olur" şeklinde açıklanmaktadır.

Amerika Genel Hizmetler müdürlüğüne tarafından ise gerçek olmayan ortamda binaların oluşturulması için kurgulanmış bir dijital platform olarak tanımlanmaktadır (GSA, 2007).

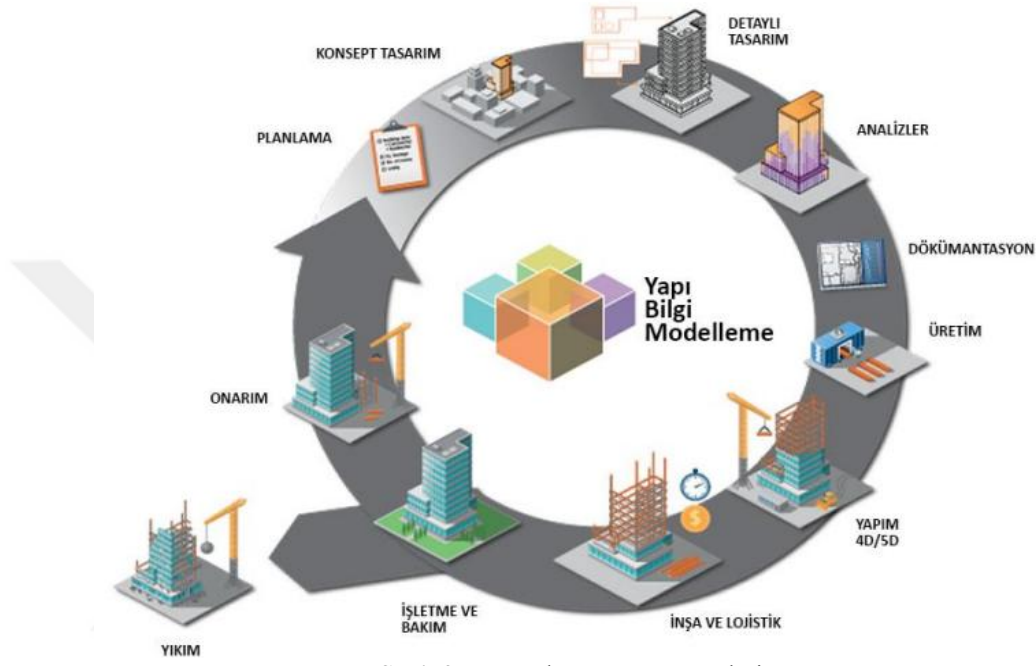
Kymmell (2008) göre BIM; "Bir tesisin yaşam döngüsü süresince bütün paydaşlara fayda sağlamak için görsellik, iş birliği ve inşa edilebilirlik incelemesini kapsayan diğer tasarım araçlarına (tahminler, çizelge) bağlı, akıllı görsel modeller oluşturan bir araç, işlem veya ürün" olarak ifade edilmektedir (Kymmell, 2008).

2008 yılında Eastman ve diğ. tarafından yapılan bir çalışmada, daha kapsamlı bir tanım olarak BIM, "Bina modelleri üretmek, analiz etmek ve iletmek amacıyla geliştirilen bir modelleme teknolojisi ve/veya ilgili işlemler grubu" şeklinde tanımlanmaktadır. Burada bina modelleri üç şekilde karakterize edilmiştir:

- Kendilerini tanıyan, veri öznetelikleri, bilgisayar grafikleri ve parametrik yasalarla bağlanabilen, akıllı sayısal nesneler tarafından oluşturulan yapı elemanları,
- İş akışları ve analizler için gereken davranış şekillerini tasvir eden verileri kapsayan parçalar (yönetmelik ve enerji analizi)
- Modelin bütün görüşlerinin koordineli bir şekilde oluşturulduğu koordine veriler (Eastman ve diğ., 2008).

2009 yılında Succar'ın (2009) çalışmasında ise, "Yapının yaşam döngüsü süresince asli yapı tasarımı ve proje verilerini sayısal formatta yönetme yöntemi" şeklinde tanımlanmıştır. Bu bağlamda, BIM bir modeli ve süreci temsil etmekle birlikte, birbirinden farklı, işlemlerin, ilkelerin ve teknolojilerin geliştirdiği işbirlikçi bir çalışma metodu olarak da benimsenmektedir (Succar, 2009; Krygiel ve Nies, 2008).

Yine Krygiel ve Nies (2008) tarafından BIM, bina tasarım sürecinde işlenebilir, tutarlı ve koordine bir veri tabanı yaratan, parametrik olarak çalışma özelliklerine sahip olması sayesinde erken tasarım kararlarının oluşturulmasında etkili olan, bina performansı, maliyet ve planlama bakımından tasarımın analiz edilebildiği, kalitesi yüksek olan uygulama çıktıların elde edilebildiği bir mimari tasarım süreci” şeklinde açıklanmaktadır (Krygiel ve Nies, 2008) (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. BIM kavramı ve süreçleri

Kaynak: (URL-1).

Reddy'nin (2011) çalışmasında BIM'i; "Yapı yaşam döngüsünün çeşitli evreleri süresince, sonuçları tahmin ve analiz etmek amacıyla verileri geliştiren sistem ve güçlendirme yöntemi" olarak tanımlamaktadır (Reddy, 2011). Aynı zamanda BIM, projelerin, tasarım, yapım ve işletme evrelerinin dijital model kullanılarak yaratılma süreci olarak da tanımlanabilmektedir (Barlish ve Sullivan, 2012).

2012 yılında İngiltere hükümetinin yayımladığı MMİ endüstrisi strateji raporunda BIM; "Binaların daha efektif bir tasarlanma, üretme ve sürdürme/bakım metodunu sunan sayısal teknolojiler ile desteklenmiş ortak çalışma metodu" olarak ifade edilmiştir. Aynı zamanda BIM'in, bir projenin erken konsept evrelerinden operasyon evresine kadar tüm ömrü süresince bilginin efektif yönetimi amacıyla kullanılacak temel ürün ve bina verisini üç boyutlu bir bilgisayar modelinde içerdiği vurgulanmaktadır (Industrial Strategy: Government and Industry in Partnership: BIM, 2012).

Daha sonra yine MMİ tarafından yayımlanan PAS 1192-2: 2013 dokümanında BIM; “Görsel nesneler hakkında veri kullanarak, yapı veya tesis altyapısının tasarım, yapım ve kullanım süreci” şeklinde tanımlanmaktadır (British Standards Institution, 2013).

BIM standartları hususunda çalışma yapan NBIS tarafından ise, “Bir tesisin, yaşam döngüsü süresince binanın yenilenebilen ve paylaşılabilen veri kapasitesi olarak kullanılan bütün fonksiyonel ve fiziksel karakteristiklerinin sayısal temsili” olarak ifade edilmektedir (VA BIM Manual, 2017).

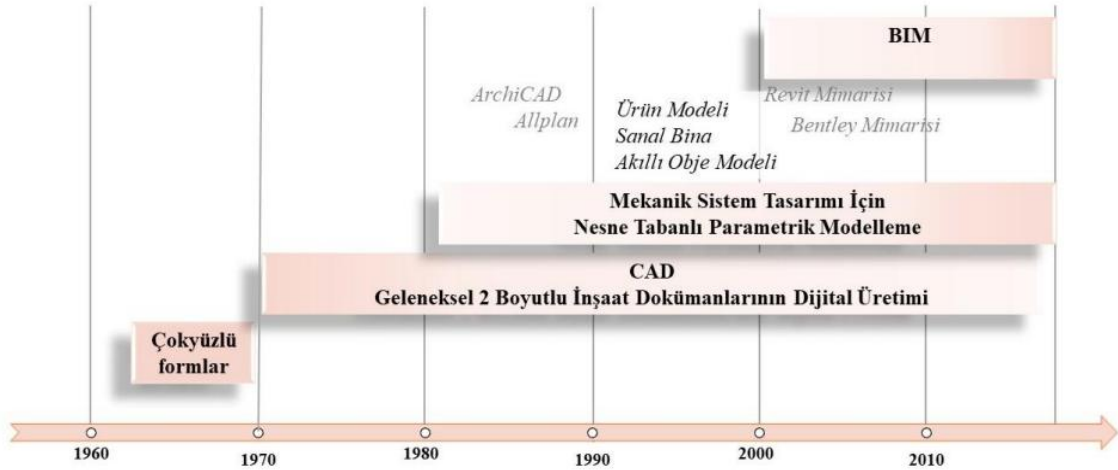
Tüm bu tanımlamalarla birlikte BIM, temel olarak, ilişkisel veri tabanına sahip bir mimari tasarım, yapım ve inşaa yönetim aşamalarını yönetme modeli şeklinde tanımlanabilmektedir. Aynı zamanda BIM, bina tasarımı ve inşasında, yönetmek ve verimliliği arttırmak amacıyla gerçek zamanlı, üç boyutlu ve dinamik yapı modelleme yazılımı kullanılmaktadır. Bina bilgi modeli, yapı elemanlarına ait özellikler, yapı geometrisi, mekânsal ilişkiler, iklim ve coğrafik lokasyona ilişkin bütün verileri içermektedir.

Tüm bu bilgilere rağmen, BIM’in standart bir üç boyutlu modelleme programı olduğuna dair yanılgıya ise sık sık düşülmektedir. Ancak BIM’in, neredeyse sahip olduğu sonsuz gelişim kapasitesinin yanı sıra bir binanın inşaat öncesinde, inşasında ve sonrasında yer alan bütün süreçlerinin bir fragmanına sahip olduğu görülmektedir. Standart bir iki boyutlu programdan ayrılan en önemli özelliğinin de bu olduğu söylenebilmektedir. Bir binanın inşaa aşaması incelendiğinde; belirli bir binanın belirli bir anda hangi evrede olduğu, bu yapıda hangi tür malzemelerin kullanıldığı ve malzemelerin detaylarının ne olduğu, inşaa aşamasında ne kadar ilerleme kaydedildiği, bu süreçte bulunan tedarik zincirinin ne aşamada olduğuna ilişkin verilerin tamamına erişebileceğimiz anlamına gelmektedir. Bu bağlamda, Autodesk’in yapmış olduğu “Akıllı üç boyutlu modeller” tanımı daha doğru olmaktadır. Bu tanıma göre BIM, mühendislik, mimarlık ve inşaat paydaşlarına yapı ve altyapıyı daha etkin ve verimli tasarlama, planlama, inşaa etme ve yönetme hususunda veri ve araçlar sunan, akıllı üç boyutlu model tabanlı bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır (Autodesk, 2019). Yani kısaca BIM, mühendislik, mimarlık ve diğer proje paydaşlarını ve profesyonellerini ortak bir veri tabanında buluşturan ve birbirleriyle koordineli bir şekilde çalışmalarına olanak tanıyan, akıllı nesne tabanlı bina bileşenleri, elemanları ve aileleriyle bir binanın veya projenin sayısal bir ön gösterimi şeklinde ifade edilebilmektedir.

Bu temel yaklaşımla BIM'in, bir tasarım metodu olduğu kadar aynı zamanda bir veri biriktirme ve belgeleme metodu olduğu anlaşılmaktadır. Bu veri içeriğinde bina elemanına ait her çeşit bilgiler, özellikle geometrik, mekânsal, coğrafik bilgiler birlikte yer almaktadır. Tüm bunlara ilave olarak ise her çeşit analiz ve modelleme sonuçları ile bina yaşam döngüsüne ilişkin bilgiler de bu veri içeriğinde yer alabilmektedir (Haagenrud vd., 2008).

2.2.2. BIM kavramının tarihsel gelişim süreci

Bina Bilgi Modelleme (BIM) kavramı, 2000'li yıllardan günümüze kadar ivme kazanarak mühendislik, inşaat ve mimarlık sektörlerinde önemli bir yere sahip olsa da BIM ile ilgili kavramsal tartışma ve akademik çalışmaların temeli Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) araçlarının ortaya çıktığı ilk yıllara kadar dayanmaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. BIM metodolojisinde proje teslim metodlarının kronolojik süreci

Kaynak: (Osello, 2012).

Kronolojik süreç ele alındığında BIM, ortaya atılan teorik düşünceleri destekleyebilecek bilgisayar tabanlı teknolojilerin gelişmesiyle kendine yer edinmeye başlamıştır. 1960'lı yıllarda bilgisayar tabanlı tasarım programları BIM' in öncüsü olarak inşaat sektöründe sayısal veri kullanımının temelinin oluşturmuştur. Eastman ve diğerlerine (2011) göre, 1960 ve 1970'li yıllarda BIM konseptleri ile ilgili yayınlanmış birçok çalışma ve makale bulunmaktadır, ancak o zamanlar bu teorik bilgilerin uygulanmasının, olanak dâhilinde bulunan bilgisayar işlem güçlerinden daha fazlasını gerektirdiğinden çok zor olduğu söylenmektedir (Eastman vd., 2011).

Tüm bunlara ek olarak, Douglas C. Englebart, 1962 yılında yayınladığı bilgisayar desteğiyle insan aklının kullanımını artırma olanakları hakkındaki akademik

alışmasında, bir mimarın gelecekte bilgisayar desteğiyle yapabileceği işlemleri kurgusal bir sistem üzerinden örneklendirmektedir. Bu örnekte ise, mimarın bina tasarımını bilgisayara aktarma işlemini tamamlaması ile bir tıkla binanın tüm özelliklerini gösteren liste veya istediği görüntüye erişebildiği bir veri sisteminin hayal edildiği ve ileriki senelerde geliştirilen BIM sistemleriyle yapılabilecek işlemler anlatılmaktadır (Engelbart, 1962: 4 ve 5). Bu bağlamda, BIM sistemlerinin kuramsal temellerinin atılmasının bina destekli tasarım sistemlerinin gelişim gösterdiği ilk zamanlara kadar gittiği söylenebilmektedir (Bergin, 2012: 4). Fakat, ilk bina destekli tasarım sistemlerinin sadece basit biçimlerin görselleştirilmesine olanak tanıdığı görölmektedir. Bu sistemlerin inşaat sektöründe kullanımında ise karmaşık biçimlerin görselleştirilmesine gereksinim duyulduğu tespit edilmiştir.

Bu karmaşık biçimlerin görselleştirilmesi amacıyla da 1970’li yıllarda ilk örnekleri olan CSG ve B-rep isimli üç boyutlu modelleme metotları kullanılmıştır. Üç boyutlu modelleme programlarının geliştirildiği bu ilk yıllarda alternatif olarak kabul edilen bu iki metodun ileriki yıllarda beraber kullanımı; pencere-kapı gibi birbiriyle ilişkili yapı elemanları olan mimari modellerin tasarımını kolaylaştırarak, üç boyutlu modelleme programlarının inşaat sektöründe kullanımının yaygınlaşmasına ve BIM sistemlerinin temeli olan parametrik modelleme sistemlerinin her geçen gün geliştirilmesine olanak tanımıştır (Eastman vd., 2011: 36).

Kullanılan bu yöntemlerin geliştirilmesiyle fiziksel ve akılsal veriler arasında bağlantı oluşturan “Semantik Veri Modelleri” olarak adlandırılan bu kavramın ise ilk olarak 1970’lerde makina mühendisliği bölümünde ortaya çıktığı görölmektedir (Grabowski ve Eigner, 1979).

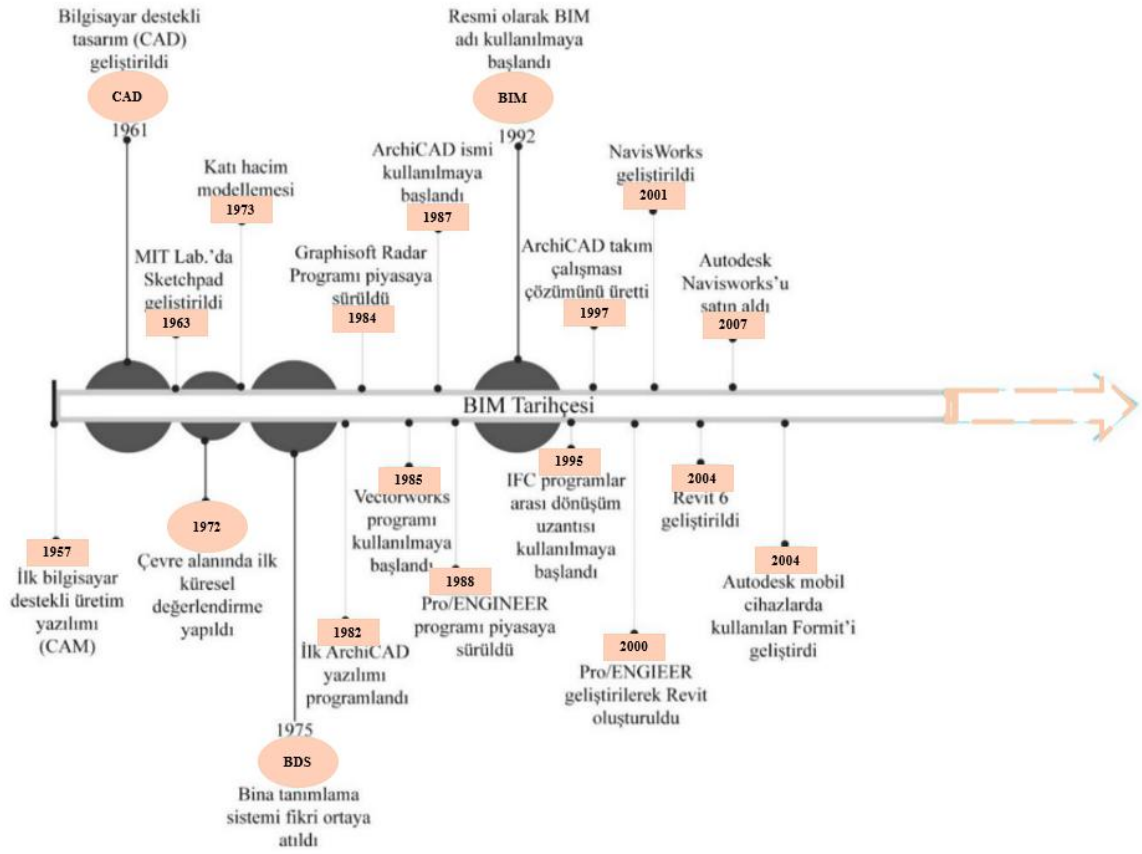
1970’li yıllarda bilgisayar destekli bu sistem tasarımları, belirli hedeflerle çizilmiş vektörel nokta, çizgi, yay veya düzlemler şeklinde ifade edilmiştir. Ancak, çizgilerin betimlediği hedeflerden tabaka yönetimi ortaya çıktıkça veri içeriğinde bölünmelerin arttığı görölmüştür. İki boyutlu çizimlerin 1970’li yıllarda üç boyutlu çizimlere geçmeye başlamasıyla birlikte, teknik çizim metotları yeni bir devreye girmiştir. C. Eastman (1975) ise, bundan yaklaşık 40 yıl önce “Bina tasarımında çizim yerine bilgisayar kullanımı”, isimli çalışmasında çok amaçlı görsel modeller sunan bina tanımlama sistemi BDS (building description system) olarak adlandırdığı, üç boyutlu yapı elemanlarının tasarlanmasına olanak tanıyan mimari modelleme sisteminden söz etmiştir. Böylelikle, ilk başta ayrı ayrı oluşturulmuş dokümanlarla bağlantı kuramayan

iki boyutlu dosyaların elde edilebildiği bu teknoloji üç boyutlu temsil de sağlayabilmiştir (Ziel vd. 2008).

Bununla birlikte, aynı zaman diliminde, katı modellemenin geliştirilmesinin ardından (Baumgart, 1972; Braid, 1973), tasarımda kullanılan bütün geometrik verilerin bütünleşik tek bir model üzerinde gösterilebileceği önerilmiştir (Baer vd., 1979). Bu durumda, tasarıma ilişkin tüm geometrik verilerin bütünleşik bir şekilde yaratılabilmesi imkân dahilinde ise geometrik olmayan diğer tüm verilerin de söz konusu bu bütünleşik modele aktarılabilceği tartışılmıştır (Eastman, 1989).

Semantik veri modelleri olarak adlandırılan bu kavramın yapı endüstrisinin gereksinimlerine yönelik uyarlanması neticesinde geliştirilen diğer kavramlar süreç içerisinde “Bina Ürün Modelleri (Building Product Models)” ve “Bina Betimleme Sistemleri (Building Description Systems)” olarak adlandırılmıştır (Eastman, 1976; Eastman, 1999). Bugün ise, yapı endüstrisi alanında geliştirilmeye devam edilen ve tasarlanan binanın tüm öğeleriyle bütünleşik tek bir model üzerinde gösterilebileceği düşüncesini temel alan bu sistemlerin adı tasarımcılar tarafından “Bina Bilgi Modellemesi (Building Information Model)” olarak kabul görmüştür.

Bina Bilgi Modellemesi olarak adlandırılan sistem yazılımı ise, ilk defa 2002’de Jerry Laiserin tarafından inşaat sektörüne tanıtılmıştır (Miettinen ve Paavola, 2014). Daha önce bahsedilen bilgisayar destekli programların zaman içerisinde geliştirilmesi, BIM’in de ileriki dönemlerde gelişmesine katkıda bulunmuş ve sonuç olarak son yıllarda daha fazla enerji, daha az maliyet ve birbirinden farklı boyutlar içeren sistemler de geliştirilmiştir (Barnes ve Davies, 2014) (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. BIM'in tarihsel gelişim süreci

Kaynak: (Karaoğlu, 2020).

Günümüzde, inşaat ve mimarlık sektöründe yer alan tasarımcılar, topografik alan ve parametrik yaklaşım gibi konuları da içeren daha yeni bilgisayar destekli tasarım metodlarının işleme alınmasının yanı sıra bina performansının da kritik bir rolde yer aldığı endüstri ve mekanik mühendisliği veya ürün gelişimi sektörlerinin geliştirmekte olduğu bu teknolojileri kabul etmeye başlamıştır (Abrishami vd., 2014).

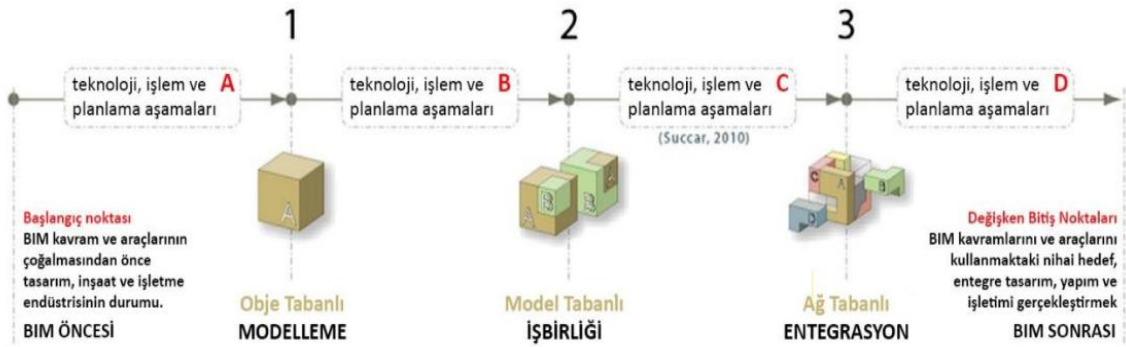
2.2.3. BIM' in olgunluk seviyeleri

BIM kapasitesi, BIM'in hizmet sunma, bir görevi yerine getirme veya ürün üretme ana yeteneği olarak ifade edilebilmektedir. BIM kapasite ya da beceri seviyeleri ise BIM kavramlarını ve teknolojilerini içselleştiren kuruluşlarca erişilmesi gereken önemli adımları tanımlamaktadır (Succar, 2010). BIM kapasite seviyeleri, BIM programlarını kullanan bir kuruluşun bu hususta elde ettiği ilerleme ve olgunlaşma manasını kapsamı sebebiyle "BIM olgunluk seviyeleri" şeklinde de ifade edilebilmektedir.

Bina bilgi modelleme seviyeleri, BIM uygulamalarının kullanılmasında uygulamanın olarak tanıdığı sistemlerin ne kadar etkili şekilde kullanıldığını farklı gruplara ayırarak göstermektedir. Uygulamanın potansiyelinden yararlanma değerini olgunluk olarak

adlandırırsa da kullanıcının kabiliyetine yönelik bir gruplama değil, kapsayabileceği sistemler bakımından bir öneri rehberi olarak görülmesi gerekmektedir. CAD mantığından BIM mantığına geçiş sürecinde yaşanan bu evrimleşmede seviye arttıkça, girilen ve elde edilen veri miktarının sayısı da artmaktadır.

Succar 2009 yılında yaptığı çalışmasında, evreler, olgunluklar ve adımlardan oluşan üçlü-aks isimli doğrusal bir sistem yaklaşımını önermiştir. Önerilen adımlarda el çizimi, 2D ya da 3D CAD modeli olan “BIM öncesi” (pre-BIM), nesne esaslı olan “3D modelleme”, model esaslı “iş birliği”, ağ (internet) esaslı “entegrasyon” ve uzun vadeli entegre proje teslimi (IPD) olan “BIM sonrası” nosyonları ile bunların alt gruplarından söz edilmiştir. Her bir seviye için bina yaşam döngüsü süreçleri ve teknolojinin etkinliği ve etkileşimi irdelenmiştir (Succar vd., 2012). Sonraki yıllarda yaptığı çalışmalarında ise, tespit ettiği bu adımları geliştirmeye devam etmiştir. Succar (2010)’ın geliştirdiği BIM olgunluk seviyeleri Şekil 2.8’ da gösterilmektedir.



Şekil 2.8. Succar (2013)’a göre BIM olgunluk seviyeleri

Kaynak: (Succar, 2013).

2008 yılında Mark Bew ve Mervyn Richards tarafından ortaya çıkarılan BIM Olgunluk Seviyeleri Diyagramı’nda, ise bina bilgi modellemenin seviyeleri 0, 1, 2 ve 3 olmak üzere 4 farklı seviyeye ayrılarak açıklanmıştır (Şekil 2.9).

Seviye 0 (BIM öncesi): BIM öncesi durum veya ayrık proje teslimi olarak adlandırılabilen, ögeler arasında mantıksal bir ilişki bulunmaksızın verilerin dosyalanması için geleneksel iki boyutlu belgelerin kullanılması (Liu vd., 2015), el çizimi ya da üç boyutlu öge-tabanlı olmayan program teknolojilerinin kullanıldığı seviyedir (Succar, 2010).

Bu seviyede, inşaat sektörü sözleşmelere bağlı birtakım düzenlemelere maruz kaldığından risklerden kaçınma doğrultusunda ilişki tutumu sergilemektedir. Bu nedenle; üç boyutlu gerçekliği kavramak ve anlamak için iki boyutlu belgelere büyük

ölçekte bağımlılık bulunmaktadır. Dolayısıyla, koordinasyon ve iş birliği BIM metotlarıyla değil, geleneksel metotlarla ilerlemekte; benzer şekilde paydaşlar arasında yapılan koordinasyon ve iş birliğine dayalı uygulamalar bulunmamaktadır (Succar, 2010). Belirlenmiş süreç ve standartlar bu adımda gözlenmemektedir (Richards, 2010).

Bu olgunluk düzeyinde kurum ve kuruluşlar üç boyutlu görseller sunsa bile, genellikle sunulan bu görseller birbirine bağımlı olmayan 2D detaylandırma ve belgelendirmeyi kapsamaktadır. Kullanılan malzeme miktarları, türleri, maliyet tahminleri ve yapılan özelleştirmeler üç boyutlu modellemeler üzerinden elde edilmemektedir. Proje çizimleri ve verilerine ilişkin dokümanlar sadece ekipte bulunan sınırlı bireylerle paylaşılmaktadır. Elde edilen veriler ise henüz yapılandırılmamış olduğu için çok kolay bir şekilde zarar görebilmekte veya kaybedilebilmektedir. Bu sebeple; bireysel kaynaklı yanlışlar da görülebilmektedir. Bu seviyedeki zayıf veri yönetimi projenin eksik ya da hatalı tasarlanmasına, fonksiyonel yetersizliklere, bileşenler arasında uyumsuzluğa veya uygulama aşamasına hatalı başlanmasına neden olabilmektedir (Khosrowshahi ve Arayıcı, 2012; Koutsogiannis, 2019).

Yukarıda belirtildiği gibi koordinasyon ve iş birliğinin bulunmadığı, verilerin kâğıt ortamında iki boyutlu belge ve dokümanlarla oluşturulduğu bu seviye kısaca, sadece dijital bir çalışma ortamı olarak tanımlanabilmektedir.

Seviye 1 (öge tabanlı modelleme): İki boyutlu CAD dosyalarıyla birlikte üç boyutlu proje dosyalarının da ele alındığı (BIM, 2011), öge tabanlı üç boyutlu parametrik yazılımların kullanılarak 3D modellemenin ve görselleştirmenin yapıldığı seviyedir (Succar, 2010). Bu seviye, genel anlamda 2D olarak oluşturulan taslaklardan 3D öge tabanlı modelleme ve belgeleme geçişinin gerçekleştiği seviyeyi oluşturmaktadır (Khosrowshahi ve Arayıcı, 2012).

Bu seviyede, 2D CAD belgeleri yasal belgeleme işleri amacıyla kullanılırken, 3D proje belgeleri genel olarak konsept tasarım yapmak için kullanılmaktadır. Tasarım, yapım, kullanım ve işletim sürecini kapsayan tek disiplinli modeller üretilmektedir (Succar, 2010). Üretilen modeller, 2D CAD dokümantasyonun esas alınarak 3D görsellerin oluşturulduğu, mimari tasarım ile bina üretim modellerini kapsamaktadır. Bu modeller haricinde elde edilen öge-tabanlı özelliği olmayan kapı planları, somut hacimler vb. karmaşık olmayan 3D modelleri ve ana bilgi aktarımlarını içermektedir (Succar, 2010). Paydaşlar arası ve çeşitli disiplinler arası model tabanlı bir bilgi aktarımı ve değişiklik olanağı bulunmamakta; veriler, kişisel çalışmalar için kullanılmakta ve belgeleme esaslı iş birliğine dayanmaktadır. Bu nedenle; veri aktarımı

eksik gerçekleşmektedir (Liu vd., 2015). Veri aktarımı tek yönlü olarak gerçekleşmekte ve yapı yaşam döngüsünü kapsayan süreçlerde iletişim eş zamanlı olarak gerçekleşmemektedir. Dolayısıyla, bu seviyede de tam anlamıyla bir koordinasyon ve iş birliğinden bahsedilememektedir (Sinclair, 2012). Ayrıca, elde edilen proje çıktıları genel olarak CAD vb. dosyalardan oluşmakta, sorumluluk problemleri ve var olan sözleşme ilişkileri devam etmektedir (Khosrowshahi ve Arayıcı, 2012).

Günümüzde sık olarak karşılaşılan, yazılımların kişiler tarafından veri paylaşımı yapılmadan yalıtılmış olarak kullanıldığı “Sadece BIM” modelini kapsayan bu seviye, bina bilgi standartlarına uyumlu format ve verilerle, 2D ya da 3D modellerin paylaşıldığı müşterek bilgi ortamı olan “CAD” tipi olarak tanımlanmaktadır.

Seviye 2 (model tabanlı iş birliği): Projedeki 3D nesne tabanlı verilerin ve çeşitli bilgilerin Ortak Veri Ortamı’nda (CDE) birleştirilerek ve farklı bilgi modelleri kullanılarak kısmi birlikte çalışabilirlik ve tam bir iş birliği ile paylaşılmasının sağlandığı BIM seviyesini ifade etmektedir.

Bu seviyede, proje paydaşları bütünlük bir BIM modelinin meydana getirilmesinde görev almaktadır. Ortak çalışmayı temel alan bir çalışma ortamı kurulmakta fakat paydaşlar kendi disiplinlerini içeren 2D ve 3D çizimleri tek bir dosya üzerinde oluşturmamaktadır. Tek bir altlık üzerinden oluşturulan çizim, veri ve bilgiler karşılıklı iletişimle birbirine ilave edilerek, çakışma ve uyum kontrolleri yapılmakta ve kesin ürün oluşturulmaktadır.

Bu seviyede yapılan işlemler, içinde ortak dokümantasyon formatları kullanarak, tahmini maliyet hesabı, zamanlama yönetimi ve işletme sistemleri verilerini içerebildiğinden dolayı, farklı paydaşlar arasında iş birliği ve koordinasyonu amaçlamaktadır. Bu amacın desteklenmesi için proje ekipleri arasında entegre veri aktarımına ve iletişimine gereksinim duyulmaktadır (Khosrowshahi ve Arayıcı, 2012). Farklı paydaşlar arası yapılan bu iş birliği ise farklı yöntemlerle gerçekleşebilmektedir. Gerçekleştirilen iş birliği, aynı program firmasının ürettiği dosya şekli (dosya uzantısı) aynı olan 3D BIM programları aracılığıyla veya öge tabanlı dosya biçimi olan IFC tabanlı dosya biçimindeki çeşitli program firmalarının ürettiği çeşitli paydaşlara hitap eden 3D BIM programları aracılığı ile yapılabilmektedir (URL-2).

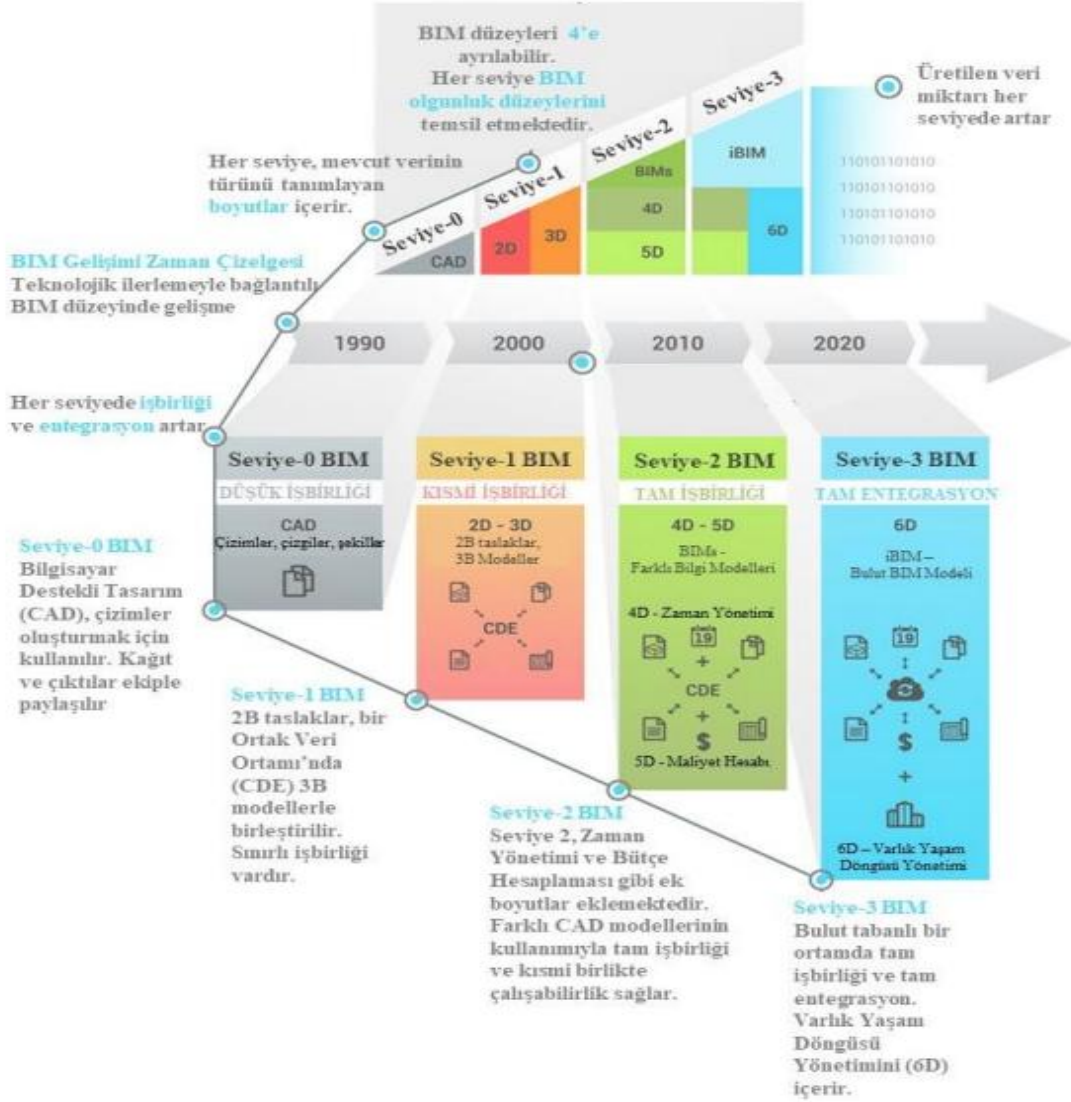
Model tabanlı yapılan bu iş birliği, yapı yaşam döngüsü sürecinde aynı adımda veya farklı iki adım arasında gerçekleşebilmektedir (Succar, 2010). Bununla beraber, burada önemli olan, 3D öge tabanlı model, maliyet tahmini veri tabanı veya zamanla veri tabanı gibi tabanlar ve modeller arasında yapılan BIM bilgilerinin değişimleri için

paydaşlar arası iş birliğinde sadece bir iş birliğine uyumlu modelin verilerini içermesi gerekliliğidir. Bu sayede bu seviyede, BIM'in 4D (zaman yönetimi) ve 5D (tahmini maliyet hesabı) boyutlarını içeren çalışmalara izin verilmektedir (Succar, 2010; Liu vd., 2015). Kütüphane yönetimi ve dosya destekli entegrasyon desteklenerek komut dosyası oluşturma ve parametreleştirme fonksiyonlarının tasarım analizinde etkin kullanılabilmesi sağlanmaktadır (Liu vd., 2015). Ancak, karşılıklı olarak yapılan veri aktarımı gerçekleştirilmesine rağmen yapı yaşam döngüsü süreçlerinde ve bu seviyede iletişim eş zamanlı olarak gerçekleşmemektedir.

Seviye 3 (ağ tabanlı entegrasyon): Yapı yaşam döngüsü süreçlerini kapsayan, bulut tabanlı ortamda bütünüyle tam ve açık veri entegrasyonunun ve iş birliğinin gerçekleştiği, entegre BIM (Integrated BIM/ iBIM/) olarak adlandırılan seviyeyi ifade etmektedir. Bununla birlikte, son iki seviye arasında gerçekleşen ortak çalışma şekli olan “İşbirlikçi BIM” modelinden “entegrasyon BIM” modeline geçişi temsil etmektedir. Kısaca, proje süreçlerinin tamamının tek bir model altlığından yürütüldüğü, paydaşlar arası veri alışverişinin üst düzeyde görüldüğü, ideal BIM tanımının uygulanabildiği seviyedir. “Entegre BIM” olarak adlandırılmaktadır. Bu seviye, BIM'in ana yapıtaşını ve felsefesini yansıtmaktadır ve ancak bu seviyede BIM'in yararlarından gerçek anlamda faydalanılabildiğinden söz edilebilmektedir.

Ağ tabanlı veri akışına dayanan bu seviyede sınıflama bakımından geniş bir içeriği olan entegre model, konsept tasarım ve üretimin erken evrelerinde karmaşık analizlerin yapılmasına imkân veren içinde farklı disiplinlerin de bulunduğu nD modeller haline gelmektedir (Lee vd., 2005). İş birliği tabanlı bir model sunucusunca yönetilen, yeni bir sistem olarak üretilen IFD/IFC format ölçütleriyle uyum sağlayan, internet hizmetleri aracılığı ile yapılan tam veri uyumuna olanak tanıyan bu seviyede veri, yapının yaşam döngüsü süresince bütün aşamalarını temsil edebilir niteliktedir (Liu vd., 2015). Bu nedenle; bu olgunluk seviyesi, tahmini maliyet hesabını, zaman yönetimini ve varlık yaşam döngüsü yönetim sürecini de kapsamaktadır. Bununla beraber, iş birliği tabanlı çalışma kapsamlı, paylaşılabılır ve bütünleşik bir bilgi modeli çerçevesinde “döngüsel” bir şekilde dolanmaktadır (Edgar, 2007). Belge ve modele dayalı verilerin senkronize olarak değişimine imkân tanıyarak yapı yaşam döngüsü aşamalarının bütünleşik olarak gerçekleşmesini sağlamaktadır (Succar, 2010). Güncellenmiş açık veriler, tasarımın ilerleyebilmesi için gerekli güncel bilgileri üretmek hedefiyle projede yer alan farklı disiplinler arası birimlere paylaştırılmaktadır (Liu vd., 2015).

Bununla birlikte, bu seviyede bütün proje paydaşlarının tüm verilere ulaşabildiği tek bir BIM modeli altlığından tasarım, uygulama ve yapım evrelerinin hepsi yönetilmektedir. Bu sayede, tasarımda yer alan tüm süreçler hız kazanmaktadır. Ayrıca, ortak çalışma ortamının öncelikli olduğu bu seviyede sürdürülebilirlik hususları da yüksek olgunluk düzeylerine erişebilmektedir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. BIM olgunluk seviyeleri diyagramı

Kaynak: (David, 2019).

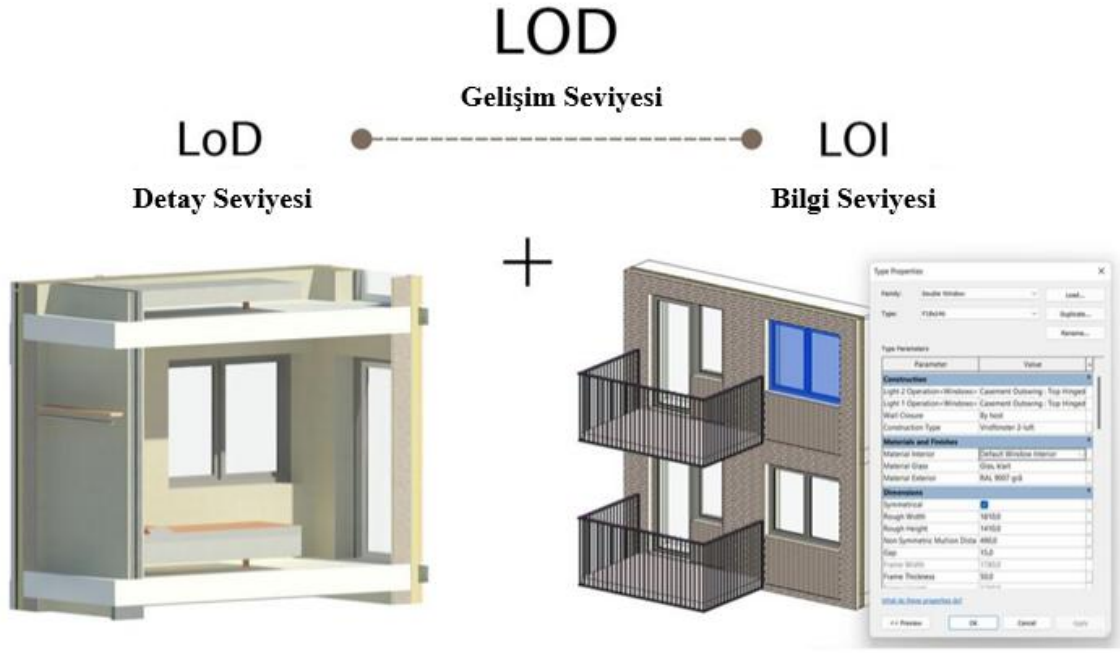
Bugün BIM olgunluk seviyesi 1, Mühendislik, Mimarlık ve Yapım sektöründe simülasyon ve enerji analizlerinde kullanılmak amacıyla ana akım olarak karşımıza çıkmaktadır (Bernstein ve Jezyk, 2014). Bunun yanı sıra, BIM seviyeleri gelişen teknolojik büyümeleri takiben gelişmeye ve geliştirilmeye açık bir yapıya sahip olduğundan tahmin edilemeyen bir bitiş noktasını ifade etmektedir (Succar, 2010).

Entegre proje teslimi (IPD) terimi, alan politikaları, teknolojileri ve süreçlerinin bir bütün halinde görüldüğü uzun süreli bir BIM sağgörsünü simgelemektedir (AIA, 2007). Buna ek olarak, IPD kavramı, gerçek zamanlı olan maliyet, hizmet şebekeleri, coğrafi bilgi sistemleri veri tabanları vb. gibi çok sayıda dışıl veri tabanına ve veri kökenine bağlı yüksek seviyede entegre olabilen birden fazla boyuta sahip bir modelin sunumunu ve devamlı gelişimini ifade etmektedir (Succar, 2010).

2.2.4. BIM’ in gelişim ve detay (LOD) seviyeleri

Bir altyapı veya bina yapımının karmaşık yapısı ele alındığında araçların tanımlanması ya da paydaşlar arası veri yönetimi gibi farklı ön şartların olması gerektiği görülmektedir (Mavreli, 2018; Tan 2021: 37). Binanın tasarım ve inşa süreçlerinde çeşitli boyutlarda çizimler yapılmasına gereksinim duyulduğundan, benzer biçimde ilgili süreçler göz önünde bulundurularak BIM modeline yönelik süreçlerde de birtakım sınırlamaların yapılması gerekmektedir. BIM uygulamalarında tasarlanan sanal modeldeki bina elemanlarına farklı proje ekiplerince çok sayıda veri girişi yapılması nedeniyle proje üzerinde karmaşıklık oluşabileceği gibi bu durum proje ekipleri için saf bilgi ve veriye erişme sorunları oluşturabilmektedir.

Yapımın farklı aşamalarında firma ile müşteri arasında bir iletişim biçimi olmasının yanı sıra oluşturulan model bilgilerinin miktar ve kalitesinin kontrol ve görünümünü daha iyi sağlamak hedefiyle bazı seviyeler tespit edilmiştir. Bu seviyeler ise, “gelişim seviyesi” ve “detay seviyesi” olarak belirlenmiştir (Şekil 2.10). Literatürde “LOD (Level of Development)” olarak kavramlaşan BIM detay ve gelişim seviyeleri oluşturulan bir modele yönelik belirli bir zamanda ne miktarda verinin ve bilginin bilinirliğini ifade etmektedir. LOD terimi, her ne kadar detay seviyesi terimiyle ilişkili olsa da bu terimler arasında birtakım değişiklikler bulunmaktadır.



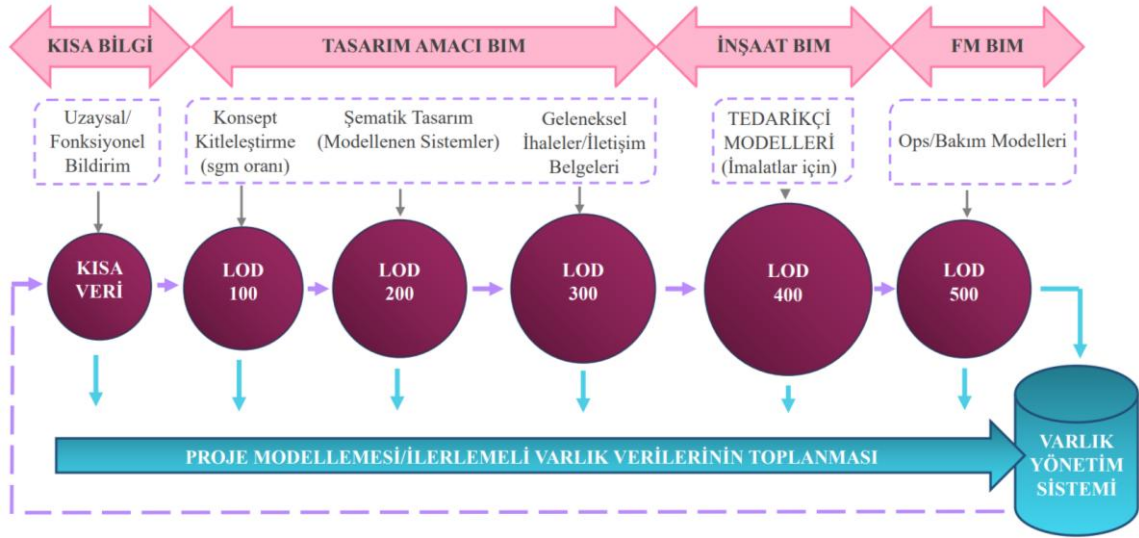
Şekil 2.10. LOD gelişim seviyeleri (detay ve bilgi seviyesi)

Kaynak: (Arauz ve Gallego, 2022).

Gelişim seviyeleri (LOD), ilk kez Vico Software Inc. Şirketi tarafından geliştirilmeye başlanmıştır ve iki terimin birleşiminden meydana gelmektedir. Bu terimler, eleman veya yapı modeli için diyagramsal olmayan verileri kapsayan “bilgi seviyesi” ve yapı modelinde diyagramsal verileri temel alan daha ziyade çizimlerdeki doğrudan tasarım ve ölçeklendirme süreçlerine yönelik “geometri seviyesi” terimleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, gelişim seviyesinin yapı modelinin bina aktörlerince kullanılırken elemanın bileşenleri ve geometrisine ait bilgi ve verilerin düşünülme kademesi olduğu söylenebilmektedir (Leite vd., 2011; Weygant, 2011; AIA, 2013). Başka bir ifadeyle, gelişim seviyelerinde bina elemanının bileşen ve malzeme özellikleri ile beraber projedeki fonksiyon seviyeleri de ön planla tutularak bu seviyeler belirlenmiştir. Bununla birlikte, belirlenen seviyeler terimsel olarak en düşük düzeyden, yüksek düzeye kadar olan bina elemanın proje içerisinde kullanılacak reel tanımı doğrultusunda ayrı ayrı seviyeler halinde tanımlanmıştır (Bedrick, 2008; Karataş, 2018; Leite vd., 2011).

Projenin içeriği, büyüklüğü ve karmaşıklığı doğrultusunda her proje için kapsamı farklılaşmakla beraber, LOD 100 ve LOD 500 arasında olmak üzere toplam beş adet seviye tanımlanmaktadır. Burada, LOD 100 seviyesi konsept kitleleştirmesini, LOD 200 seviyesi şematik tasarımı, LOD 300 seviyesi geleneksel ihaleler/iletişim

belgelerini, LOD 400 seviyesi imalat, montaj ve tedarikçi modelleri ve LOD 500 seviyesi ise uygulama ve bakım evresini temsil etmektedir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. LOD gelişim seviyeleri 1

LOD 100 gelişim seviyesi: LOD 100 seviyesinde bina elemanının modeli, yalnızca kavramsal anlamda grafiksel bir görsele veya modele dayanmaktadır. Bu seviye, bir sonraki seviye olan LOD 200 için detaylı herhangi bir bilgi içermemekte ve bununla birlikte bu seviyede oluşturulan bir model, diğer örnek modeller referans alınarak üretilmiştir. Modele ilişkin nesnelerle yönelik genişlik, yükseklik, alan, yön, hacim gibi parametreler yaklaşık olarak tanımlanmakta, bu parametrelere ilişkin analizler yapılabilmektedir. Ancak, parametrelerle ilgili veri ve bilgiler kesinlik ifade etmemektedir. LOD 100 seviyesi, bu seviyede model bilgi ve verilerinin az olmasından dolayı, fizibilite çalışmaları, ön proje planlaması ve ana maliyet tahminlerinin yapılmasında kullanılmaktadır (Weygant, 2011).

LOD 200 gelişim seviyesi: LOD 200 seviyesi, oluşturulan bir modelin şematik tasarım evresine yönelik bilgilerin yer aldığı seviyeyi ifade etmektedir. Bu seviyede, bina elemanının modeline yönelik öge bilgileri, boyut, biçim, yaklaşık miktar vb. şekilsel bilgileri, konum, yönlendirme vb. konum bilgileri ve yaklaşık metraj bilgileri parametrelerine göre grafiksel biçimde temsil edilmektedir. Grafiksel olmayan diğer veri ve bilgiler ise model elemanına ilave edilebilir niteliktedir. Bununla birlikte, bu seviyede seçilen yapı model elemanlarının yapı yaşam döngüsü süreçlerinde değerlendirilmek üzere genel performans analizleri yapılabilmektedir (Latiffi vd., 2015).

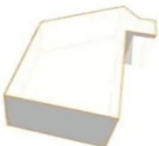
LOD 300 gelişim seviyesi: Tasarım geliştirme evresi verilerini kapsayan bu seviyede, model elemanlarının belirli sistemler üzerinden genişlik, yükseklik, miktar,

biçim, konum, yönlendirme ve metraj bilgileri direkt şematik olarak model üzerinde gösterilebilmektedir. Özetle, hassas geometri olarak bilinen bu seviye, oluşturulan bir modelin teknik tasarımını ifade etmektedir. İlave olarak, LOD 200 ile LOD 400 arasında bir seviye olan LOD 350 seviyesindeki bir model elemanının yakınında bulunan veya ekli elemanlarla eşgüdümü için destek parçaları ve onların bağlantıları gibi gereken nesnelerin modellenmesini kapsamaktadır. Bununla birlikte, bu seviye modelin tahmini ve Çizelgelama gibi şematik olmayan verileri kapsayan belgelerin elde edilebilmesine olanak tanımaktadır. LOD 300 seviyesi LOD 200'e göre; model elemanının miktar, biçim, boyut, konum ve yönlendirme bakımından daha nihai sonuçlar vermektedir (Weygant, 2011). Ayrıca, bu seviyede özel detaylara dayalı özgül performans analizleri yapılabilmektedir (Latıffı vd., 2015).

LOD 400 gelişim seviyesi: İnşaat seviyesi olarak anılan bu seviye, LOD 300'ün üretim ve montaja imkân tanıyacak biçimde iyileştirilmesiyle ortaya çıkan bir gelişim seviyesini ifade etmektedir (Özorhon, 2018). Bu seviyede, oluşturulan model üzerinde bina elemanının modeli, öge bilgileri, biçim, boyut gibi geometrik bilgileri, konum, yön gibi konum bilgileri ve metraj bilgilerinin yanı sıra üretim, montaj ve kurulum bilgileri de gösterilebilmektedir. Ayrıca bu seviye, üretici firma, ürün özellikleri, ürün kodu, kurulum tarihi gibi grafiksel olmayan verileri de kapsamakta ve bu veriler yine model elemanına eklenebilmektedir. Bununla birlikte, bu seviyede sanal olmayan (reel) performansa dayalı analizler gerçekleştirilebilmektedir.

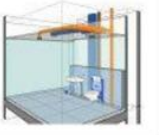
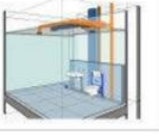
LOD 500 gelişim seviyesi: Tesis yönetimi aşamasında kullanılabilecek verileri içeren yerleşik modele sahip bu seviyede, diğer gelişim seviyelerinde eklenen model elemanının verilerine ilave olarak uygulama aşamasıyla ilgili diğer bilgiler de tamamıyla doğrulanıp model üzerine eklenmiştir ve geliştirilmeye yönelik bilgileri kapsamamaktadır. Bir diğer ifadeyle, bu seviye üretilmiş bir modelin kesin doğru bir sayısal temsilini yansıtmaktadır (AIA, 2013). Bununla birlikte binanın onarım ve bakım evrelerinin uygulanmasını içermektedir. Bu aşamadan sonrası olmadığı ve gerçekte uygulanmış versiyonu işlendiğinden genellikle şartnamelerde belirtilmemektedir (Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3).

Çizelge 2.2. LOD gelişim seviyeleri 2

BIM'İN GELİŞİM SEVİYELERİ (LOD SEVİYELERİ)					
Konsept Tasarım Aşaması	Şematik Tasarım Aşaması	Dokümantasyon/İhale/Planlama Aşaması	Uygulama Aşaması	İşletme ve Bakım Aşaması	
100	200	300/350	400	500	
CBS Haritaları, Kütüphane ve 2D Semboller	Kısmen tanımlanmış Geometri; Boyut, Şekil, Konum, Yönelim	Spesifik/Hassas Geometri; Boyut, Şekil, Konum, Yönelim, Bağlantılar	LOD 300/350 + üretim için tamamlayıcı geometri; örneğin, delikler, kaynaklar, çiviler, somunlar, cıvatalar ve vida boyutları	LOD 400 + Yapılan ve Kurulan tüm nesneler	
					
GEOMETRİ SEVİYESİ (LOD) + BİLGİ SEVİYESİ (LOD)	- İsim - Nesne Türü - Alan Ölçümleri - Kullanıcı Gereksinimleri - Mal Sahibi Bilgileri - Belediye Verileri - Bina Kodları	- LOI 100 - Ölçümler - Malzemeler - Miktarları - Koordinasyon/Çakışmalar	- LOI 200 - Maliyet, Teklifler/ Sözleşmeler - Programlar - Yangın Derecesi - Teknik Analiz - Enerji Analizi - Çevresel Etki Değerlendirmesi	- LOI 300/350 - İmalat/Üretim - Teslimat - Kurulum/Montaj - Sağlık ve Güvenlik - QA/QC	- LOI 400 - Devir - Bakım - Varlık Performansı - Dolu Verileri - Kullanım Sonu
Mal Sahipleri, Mimarlar, Mühendisler	Mimarlar, Mühendisler	Mimarlar, Mühendisler, Uzmanlar (LEED, Yangın, Akışkanlar Dinamiği vb.), Müteahhitler	Müteahhitler, Taşeronlar	Müteahhitler, Mal Sahipleri	

Kaynak: (URL-3).

Çizelge 2.3. LOD gelişim seviyeleri 3

LoD	Mimari cephe	Mimari odalar	Mimari donanım	Destekleyici yapı	Bina hizmetleri
100	Tasarım, yapı, cephe, malzeme kaplama, güvenlik, gürültü koruması, marka, bakım aralıkları (işletme)	Tasarım, kullanım, brüt kapasite, GFA, etkin alan, oda adı, oda tipi, kiralık alan, ofis doluluğu (işletme)	Oda adı, oda kitabı, yangından korunma sınıfı, ekipmanın türü ve miktarı, garanti süreleri (inşaat ve işletme)	İzgara, boyutlandırma, mukavemet sınıfı, yangından korunma, performans özellikleri (düzgünlük, deformasyon)	Sistemler, ısı yükleri, hava değişim oranları, hatlar, kontrol beslenme devrelerine bağlantı, bakım bilgileri
200					
300					
400					
500					

Kaynak: (Arauz ve Gallego, 2022).

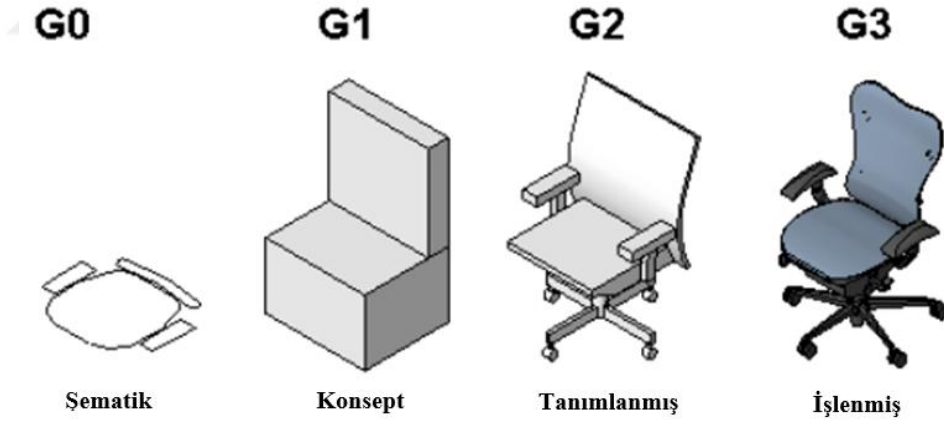
Detay seviyeleri (G)/(Grade), temel anlamda oluşturulan model nesnesinin ne derecede ayrıntıya sahip olduğu ile ilişkilendirilmektedir. Gelişim seviyesi ise, nesnenin geometrisinin ve ilave edilmiş verilerine ilişkin düşünülme kademesi olarak proje ekiplerinde yer alan üyelerinin, model üzerinde çalışırken verilere güvenme oranını belirtmektedir. Başka bir ifadeyle, detay seviyesi nesneye girdi olarak ele alınabilirken, gelişim seviyesi güvenilir çıktı olarak ele alınabilmektedir. Bununla birlikte, G0 ve G3 arasında olmak üzere toplam dört adet detay seviyesi bulunmaktadır.

G0 (Grade 0): Maddesel ögeyi ifade etmeyen, ölçüsel bir değeri belirtmeyen, boyutlara ilişkin olmaksızın sembolik olarak oluşturulan yer tutucuyu ifade etmektedir.

G1 (Grade 1): Çözünürlüğü düşük, en düşük düzeyde detay içeren ve terimsel yer tutucu özelliğindeki nesne görünümünü temsil etmektedir.

G2 (Grade 2): Uygulama amaçlı tasarlanan orta düzeyde çözünürlüğe sahip detaylı bileşenleri içeren nesne görünümünü ifade etmektedir. Birçok proje için veri ve bilgi açısından yeterli kabul edilmektedir.

G3 (Grade 3): Çözünürlüğü yüksek ve genel olarak sadece görselleştirme amaçlı kullanılan, kamera görseli yakınlığında detaylı öge görünümünü temsil etmektedir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. BIM elemanı detay seviyeleri için sandalye örneği

Kaynak: (URL-4).

LOD gelişim seviyeleri, temelde BIM yöntem biliminde kullanılan bina eleman modellemelerinin sistemli bir biçimde sınıflandırılmasını ve bu sınıflandırmayla beraber projenin karmaşıklığını azaltmak için öngörülen bir kavram olarak tanımlanmaktadır. BIM yöntem bilimin ana hedefi proje için gereken bütün veri ve bilgileri içerisinde bulundurmaktır.

Bugün, BIM yöntemlerinin getirmiş olduğu fazla bilgi birikimi projelerden hatalı çıkarımlar elde edilebilmesine ve bu süreçte zaman kayıplarına sebep olmaktadır.

LOD gelişim seviyeleri temelde bu problemi bertaraf etmek için geliştirilmiş kavramlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

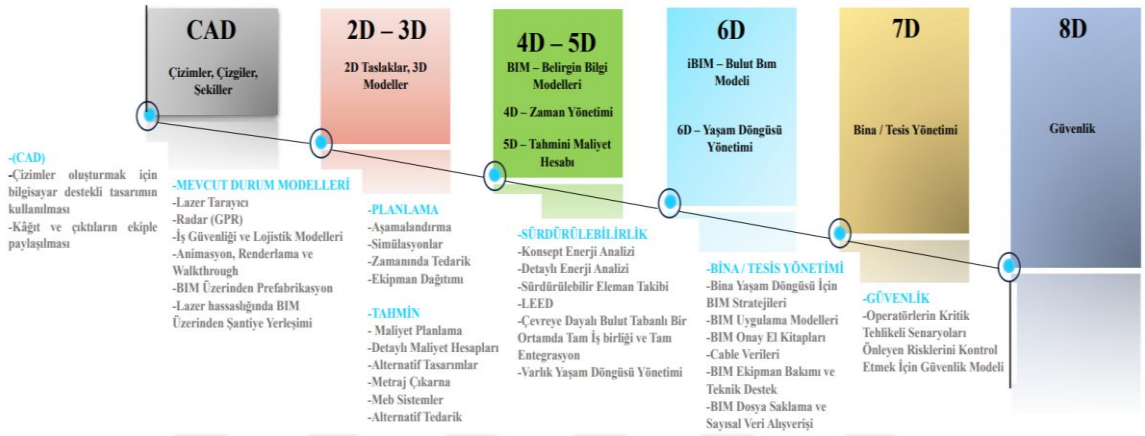
BIM yöntem biliminde üretilen yeni modelleme metotları ve bilgisayar destekli yazılımların gelişmesiyle oluşturulan çok daha karışık ve detaylı modellemeler sistematik bir düzen gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Ortaya çıkan bu düzen gereksinimi ise LOD olgunluk ve gelişim seviyeleri ile giderilmiştir. Bugün LOD olgunluk ile gelişim seviyeleri, BIM yöntemleri kullanılarak oluşturulacak projelerin iş dokümantasyonlarında açık bir biçimde açıklanmaktadır. Farklı proje ekiplerinden istenen LOD gelişim ile olgunluk seviyeleri, arsa sahipleri veya yüklenici firmalar tarafından düzenlenen iş sözleşmelerinde belirtilmektedir. Bu durum ise, bu nosyonların aynı zamanda birer hukuki karşılığı olduğunu da göstermektedir.

2.2.5. BIM' in boyutları (nD modeli)

BIM yöntemlerinin gelişmesiyle beraber ortaya çıkan yeni kavramların ve yaşam döngüsü gibi süreçlerin bilgisayar destekli BIM yazılımlarında gerçekleştirilebilmesi ihtiyacı, BIM'in temel öğelerinden biri haline gelen ve tasarımda n sayıda bakış açısını bir araya getiren (nD) çok boyutlu modelleme teriminin ve yeni boyutların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Böylece, BIM yöntem bilimi 2D veya 3D gibi boyutların üzerine eklenen çok sayıda yeni boyutlarla beraber bir projenin yaşam döngüsünde yer alan tüm süreçleri tanımlayabilir ve gerçekleştirebilir bir hale gelebilmektedir (Fu vd., 2006).

Çok boyutlu bir model, bir binanın yaşam döngüsü sürecinin her adımında gereken tasarıma ait bilgi ve verilerin farklı taraflarını (zamanlama, maliyetlendirme, sürdürülebilirlik, erişilebilirlik, akustik ve enerji simülasyonu, güvenlik, bakım vb.) kapsayan bina bilgi modelinin bir dalı şeklinde tanımlanabilmektedir. nD olarak kavramlaşan bu çoklu boyutlar ise bir nD modelde yapılacak tüm veri düzenlemelerinin belirli bir sistematığını oluşturmaktadırlar. Dolayısıyla, çoklu boyutluluk farklı proje ekiplerince sanal model içindeki sisteme girilen tüm veri ve bilgiler için belirgin bir kategori ve düzen imkânı sağlamaktadır. Böylece, tasarım aşamasında alınan kararların doğru ve güvenilir bir biçimde analiz edilip, daha kapsamlı bir tasarımın oluşturulması için müzakere edilebilmekte ve dolayısıyla iş birliği desteklenebilmektedir (Aouad vd., 2005).

nD modelleme tabanlı yazılımlarda ilk üç boyut tasarımı bulunan mekânsal boyutu, yani özetle nD modelin 3D uzayda grafiksel gösterimini, 4D zaman boyutunu (zaman yönetimi, iş programları, yapım aşamasının görselleştirilmesi ve analizi), 5D maliyet boyutunu (tahmini maliyet hesabı, planlama, yapım ve işletme evrelerinde bütçe analizi ve kontrolü), 6D sürdürülebilirlik boyutunu (sürdürülebilirlik ile ilgili enerji analizleri, detaylı enerji analizleri), 7D tesis yönetimi boyutunu (yaşam döngüsü süresince işletim ve bakım organizasyonu) ve 8D güvenlik boyutunu ifade etmektedir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. BIM nD diyagramı

3D BIM: Katı eleman modellemesinin yapılarak 3D model görselleştirmesinin oluşturulduğu boyuttur. Bugün, grafiksel olan ve olmayan bilgilerin oluşturulma ve bu bilgilerin ortak bir veri ortamında (CDE) paylaşılma süreci ve iki boyutlu tasarımın doğal bir dalı olarak kabul edilmektedir (Czmoch ve Pekala, 2014: 212). Paylaşılan bu bilgiler ise, proje yaşam döngüsü ilerledikçe, proje verilerinin tamamlanarak müşteriye teslim edildiği noktaya kadar ayrıntılı ve daha zengin hale gelir.

Bu boyutta, model üzerinde gelişen çoğu tasarımsal yanlışların giderilebilmesinin yanı sıra farklı proje ekiplerinin model üzerinde işlediği çoğu bina elemanlarının arasında çakışma kontrolleri yapılarak olması muhtemel çakışmalar önlenilmekte ve yaşam döngüsü sürecinde paydaşlar arasında iş birliğinin etkin bir biçimde yönetilmesini sağlamaktadır (Wong ve Yang, 2010; Özorhon, 2018: 28).

4D BIM: 3D BIM'e planlama aşamasının ilave edilmesi ile oluşan, yapım sürecinde etkin olan boyuttur. Yapım yönetim sürecini içeren bütün imalat işlerinin, tedarik süreçlerinin lojistik planlamasının görselleştirilmesi, simüle edilmesi ve işlenmesinde kullanılmaktadır (Dallasga vd, 2015). Model üzerine ilave edilen bilgi ve verilerle projenin evrelere ayrılması, görsellerinin oluşturulması, iş takviminin

planlanması ve yapı elemanlarının tedarik ve teslim sürelerinin oluşturulmasını sağlanmaktadır (Czmoch ve Pekala, 2014: 212). Hangi yapı elemanın imalatının ya da montajının ne zaman yapılacağı bilgisi model üzerinden tespit edilmektedir. Böylece, depolama azalmakta, ulaşım verimli ve etkin hale gelmekte ve nakliyatın ardından sahaya aktarılan tüm malzemeler zamanında monte edilmektedir (Özorhon, 2018: 28). Dolayısıyla yapım sürecinde oluşan zamansal hata ve kayıplar en az düzeyde tutulabilmektedir. Ayrıca, 4D BIM’de zamansal çakışmalar da belirlenebilmekte, çakışma simülasyonları ve tedarik aşamalarında alt yüklenici firmalar ile yapılan bilgi alışverişi sayesinde olası zamansal ve iş kayıplarının da önüne geçilebilmektedir.

5D BIM: 4D BIM’e, yapım süreçleri ve bu süreçlerde yer alan zamansal ve organizasyonel verilerle beraber maliyet verilerinin de ilave edilmesi ile 5D BIM oluşmuştur. 5D BIM kullanılarak gerçekleştirilecek tahmini maliyet hesapları ve raporları sayesinde yüklenici firma, işveren firmalar veya proje paydaşları arasında çıkabilecek maliyet sorunları da en alt seviyeye çekilebilmektedir (Mitchell, 2012). Bu boyutta, 3D ve 4D BIM’de bulunan tüm bilgilerin maliyet bilgileriyle birleşimi sonucunda projenin uygunluğu belirlenebilmekte ve projede yapılacak farklılıklarda ortaya çıkabilecek maliyet ve zamansal tahminlere de eş zamanlı bir şekilde erişilebilmektedir (Smith, 2014). Bununla birlikte, bu boyutun 3D ve 4D’de yer alan verileri de kapsıyor olması 5D BIM’de yapılacak çakışma simülasyonlarının veya herhangi bir değişikliğin oldukça kritik bir seviyede olduğunu göstermektedir.

6D BIM: 5D BIM modeline sürdürülebilirlik boyutunun ilave edilmesiyle oluşmaktadır. 6D BIM, projenin konsept tasarım gibi erken evrelerinde, enerji konsept ve detaylı enerji analizlerinin yapılarak yıllık enerji tüketim miktarlarının hesaplanmasını ve sürdürülebilir eleman takibi yapılmasını sağlamaktadır (Dallasega, vd, 2015). Enerji tüketimi ve çevre korumaya yönelik veriler BIM ile uyumlu çalışabilen ecotect, enerji plus gibi yazılımlar sayesinde görüntülenebilmekte ve analiz edilebilmektedir. Bu boyutta oluşturulan modeller, LEED ve BREEAM gibi sürdürülebilir bina sertifikasyon sistemlerinin yapı üzerindeki analizlerinin yapılması için birinci derece araç olarak kullanılmaktadır (Czmoch ve Pekala, 2014: 213). 6D BIM, enerji tüketim miktarının hesaplanmasına ve kullanılan malzemelerin sürdürülebilirliğinin takibinin yapılabilmesine olanak tanımaktadır (Özorhon, 2018: 28).

7D BIM: BIM yöntem biliminden önce oluşturulan projelerde, proje paydaşları tahmini yapım maliyetlerinde bulunmalarına rağmen, yapım sonrası işletim hususları hakkında gerçekçi maliyet tahminlerinde bulunamamışlardır.

7D BIM’de ise, projenin yaşam döngüsü sürecinde yer alan yapım sonrası işletim ve bakım maliyetleri üzerinde durulmuş; bu konuda literatürde üç adet kavram açıklanmıştır. Bu kavramlar;

- Yaşam Döngü Maliyetleri (Life Cycle Costs - LCC)
- Tüm Yaşam Maliyetleri (Whole Life Costing - WLC)
- Tüm Yaşam Maliyet Değerlendirilmesi (Whole Life Appraisal – WLA)

Bu tanımlar ve beraberinde getirmiş olduğu yaklaşımlar 7D boyutunun yapının tesis yönetimini kapsadığını ve bu yaklaşımlarla beraber binanın işletim ve bakım maliyetlerine yönelik tahmini raporların hazırlanabildiğini göstermektedir. Bu boyut, yapım evresinde veya sonrasında kullanılan bütün ekipmanların türü, özellikleri, bakımı, değiştirme zamanı ve garanti süresi gibi bilgiler BIM sistemine aktararak yapının uygun bir biçimde bakımının yapılmasına ve oluşabilecek arıza durumunda arızanın hızlıca belirlenip onarılabilmesine ve gerekli bütün verilerin sistematik bir biçimde saklanabilmesine imkân sağlamaktadır.

8D BIM: BIM’in bu boyutu, sahada kaza önleme ve güvenlik konularını kapsamaktadır. Başka bir deyişle, bir binanın ilk konsept ve erken tasarım evresinden yapımı, işletimi ve bakımına kadar geçen süreçte yaşam döngüsü süresince çalışanların ve kullanıcıların güvenliğine ilişkin risklerin engellenmesini içermektedir. Bu bağlamda ele alındığında, sekizinci boyut yapım sektörüne güvenlik ve sağlık alanında daha iyi sonuçlar sağlamaktadır. Bununla birlikte 8D BIM bazı avantajları da beraberinde getirmektedir. Bunlar;

- Sahada acil durumlar oluşmadan önce riskleri tespit ve tahmin etme ve en alt düzeye indirme, problemlerin daha hızlı çözülmesi, maliyet ve zamandan tasarruf,
- Her bir evre için gerekli kaynakların daha iyi planlanması, projeye yönelik hata oranını azaltmak,
- Ekipman, malzeme ya da insan gücü yönetiminde otomatik hale getirilebilir denetimler ve basitleştirebilme olanağı,
- Paydaşlar arasında daha iyi ve hızlı bir iletişim,
- Eğitim için kolayca kullanılacak dokümantasyon,
- Önleyici tedbirlerin tespit edilmesinde daha fazla otomasyon,
- İş yerinde oluşabilecek kazaları analiz etme ve daha hızlı müdahale planlamasıdır.

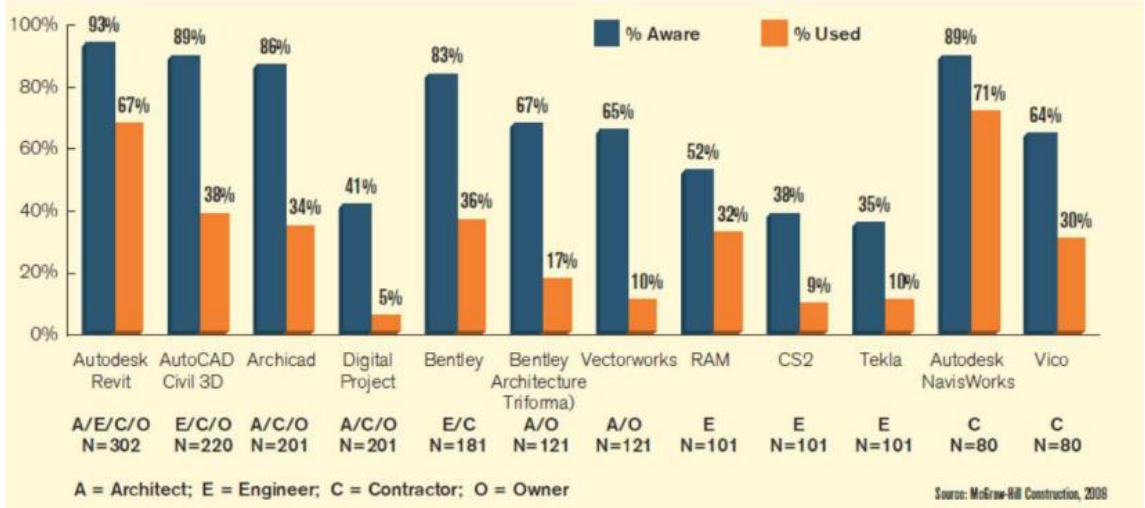
BIM'in önceki boyutları gibi 8D boyutu da sıkıntılı ve riskli durumları tespit edip oluşmadan önce düzeltme olanağı tanımaktadır. 8D prensibi, proje üzerinde değişiklikler yaparak, uygulama evresinde çalışanların uğraşmak zorunda kalacağı riskleri belirlemek ve azaltmak, uygulayıcıya kalan risklere yönelik nihai göstergeler sunarak bu sayede kontrol önlemlerinin alınabilirliğini sağlamaktadır. Bununla beraber, 8D gibi fonksiyonlar, tasarım evresinde risk azaltma faaliyetleriyle alanları organize etmede tasarımcıya destek olmaktadır (URL-5).

2.2.6. BIM tabanlı programlar ve getirdiği yenilikler

BIM tanımı yapılırken BIM'in bir yaklaşım, teknoloji veya süreç olarak nesne tabanlı üç boyutlu yapı enformasyon modelini esas aldığı belirtilmişti. Diğer yandan, yapı enformasyon modeli oluşturma hususunda çeşitli yazılım firmaları BIM için farklı detay düzeylerinde farklı yazılımların kullanılmasıyla uygulamalar üretmiştir. Üretilen bu yazılımlar, nesne tabanlı parametrik modelleme oluşturma ortak çerçevesinde, çoğu farklı yeteneği içerisinde barındırmakla birlikte, bir kısmı proje yönetimini ile tasarımı beraber sunan paket programları, bir kısmı ise sadece proje yönetiminde ya da tasarımdan birtakım çıkarımlar yapılmasında proje paydaşlarına yardımcı olan yazılımlardan oluşmaktadır.

Günümüzde kullanılan BIM yazılımları, önceden algıladıkları nesnelerin karmaşıklığını giderme, kullanıcıların yazılımlara yeni nesne ailelerini algılatmada ve nesne yenilemede kolaylık sağlama, yazılımın kullanım imkânı sunduğu yüzey çeşitlerinde ve tasarım yapma kabiliyetleri ile çok sayıda başka yazılımlarla ve nesnelerle ara yüzlerini yönetme kabiliyetinde olmak üzere birçok yönden farklılık göstermektedir. Ayrıca, bu uygulamalar yapı sektöründe farklı konularda ve düzeylerde mal sahipleri, mimarlar, mühendisler, koordinatörler ve yöneticilerin daha doğru kararlar almasına ve çözümler üretmesine yardımcı olmaktadır.

McGraw Hill Report (2008) ise, sıklıkla kullanılan BIM tabanlı programların Navisworks, Autodesk Revit, Graphisoft Archicad olduğunu, bunların yanı sıra Autocad Civil 3D, VectorWorks Architect, Nemetschek Allplan ve Bentley Microstation'nın da yaygın olarak kullanıldığını belirtmektedir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Avrupa ekonomik topluluğu (AET) uzmanlarına göre BIM tabanlı programların kullanılma sıklığı

Kaynak: (McGraw Hill, 2008).

BIM'in yapı tasarım uygulamaları, kullanıcılara tanıtılırken, bırakacağı miras, kurumsal organizasyonu, kapsadığı ürün ailesi, desteklediği ara yüzler, projede kullanılabilen dosya adedi, sunabileceği kullanım desteğinin niteliği ve modelde kullanılacak nesnenin içeriği bakımından tanıtılmaktadır (Eastman vd., 2008). Yazılım firmalarının geliştirdiği her bir BIM programı kendi içinde hitap ettiği farklı kriterlere göre oluşturulmaktadır. **Çizelge 2.4'**te BIM uygulamaları, hitap ettiği kriterler ve kullanım alanları belirtilmektedir.

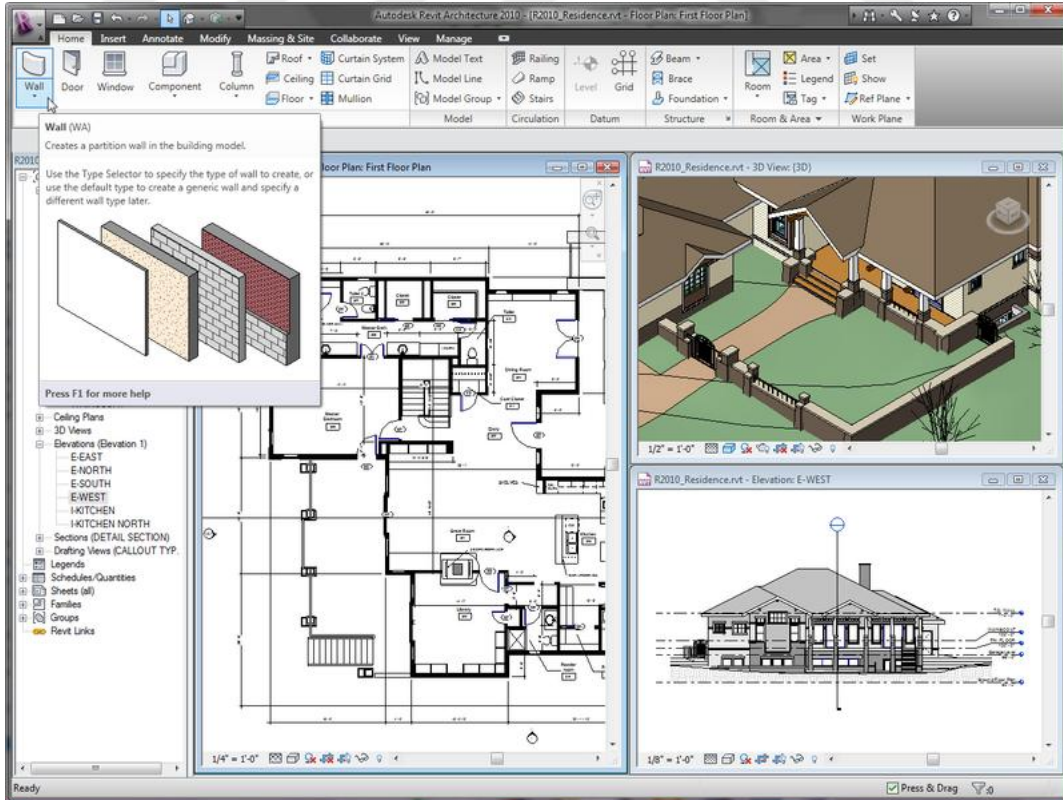
Çizelge 2.4. BIM tabanlı yazılımlar ve kullanım alanları

BIM UYGULAMASI/ BIM TABANLI YAZILIM PROGRAMLARI	
Programlar	Kullanım Alanları
Nawisworks	Çakışma Kontrolü, 4B ve 5B Simülasyonlar
Autodesk Revit	Mimari Tasarım, Strüktürel Tasarım, Mekanik ve Elektrik Çizimler, Enerji, Görselleştirme, Tesis Yönetimi
Revit MEP, CADMEP	Mekanik, Elektrik ve Tesisat (MEP-Mechanical, Electrical, Plumbing) Tasarımı
Graphisoft Archicad	Mimari Tasarım
Civil 3D	Altyapı İşleri
VektorWorks Architect	Mimari Tasarım, Ürün Tasarımı, İç Tasarım, Aydınlatma Tasarımı, Makine Tasarımı
Nemetschek Allplan	Tasarım, İnşaat ve Tesis Yönetimi
Bentley Microstation	Mimari, Mühendislik, Altyapı ve Yapım İşleri
Tekla Structures	Strüktürel Tasarım ve Analizler
IDEA Architectural	3D ve 2D Mimari Tasarım, Render ve Animasyon, 4D Planlama ve 5D Maliyet
DDS-CAD	Elektrik, Sıhhi Tesisat, Isıtma, Havalandırma, Klima ve Fotovoltaik Sistemler
Dijital Project	Detaylı Mimari Tasarım, Uçak-Uzay ve Otomotiv Sektörü
Auto-CAD-Based Application	Mimari Tasarım, Mekanik ve Elektrik, Farklı Mühendislik Dalları
Dprofiler	Maliyet Tahmini, Sequencing, Saha Analizi, Enerji Simülasyonu
Ecotect Analysis, Green Building Studio	Sürdürülebilir Tasarım, Enerji Analizleri
Tekla BIMSight	Yapım Simülasyonu, Tahmini ve Analizi
Vintocon ArchiFM	Tesis Yönetimi
Buzzsaw, Constructware	Dosya Paylaşımı ve İş birliği

Bu tez çalışması kapsamında ise BIM tabanlı bir yazılım programı olan “Autodesk Revit Architecture” enerji analizleri ve simülasyon işlemlerinde kullanılacağından bu uygulama kısaca ele alınacaktır.

Autodesk Revit Architecture: 1982’de ABD’de kurulan Charles River Software Cambridge yazılım firması tarafından 2000’de inşaat sektöründe yer alan kullanıcılar için geliştirilen BIM tabanlı bir yazılım programıdır. “Revit” ismi İngilizce’de Revision and Speed (revizyon ve hız) anlamına gelen iki kelimenin birlikte kullanılması ile türetilmiştir. Revit programının patentini ise, 2006’da “Autodesk” firması almıştır.

Autodesk Revit, Revit Structure, Revit Architecture ve Revit MEP olmak üzere üç farklı ürünü kapsayan ve tasarımcılar tarafından en yaygın kullanılan BIM uygulamasıdır. Revit araçları, enerji simülasyonu ve yük analizlerinin gerçekleşmesi için gbXML arayüzlerini kapsamaktadır. RISA ve ROBOT yapısal analizlerine direkt ara yüzler ve tanımsal bir tasarım uygulaması olan Sketchup’tan, DXF dosyalarını dışa aktaran farklı uygulamalardan model alma kabiliyetine sahiptir (Eastman, 2011). Kullanıcılara kolaylık sağlayan ara yüzü, zengin nesne kütüphaneleri, mimari, strüktür, elektrik ve mekanik projeleriyle birlikte proje yönetimini de içinde barındıran metraj, görselleştirme ve sürdürülebilir tasarımlar sebebiyle tercih edilmektedir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Autodesk revit architecture kullanıcı ara yüzü

Kaynak: (URL-6).

Tüm bunlara ek olarak, analitik bilgilerin parametrik tabanlı geometrik tasarımlarda kullanılmasıyla çevresel kısıtlamalar, gün ışığının binadaki açıları, gün ışığı analizleri, güneş radyasyon ve enerji tüketim miktarları daha kaliteli bir şekilde belirlenebilmekte; bu sayede alternatif projelerle sürdürülebilir, enerji etkin ve yüksek enerji performanslı tasarımlar oluşturulabilmektedir.

BIM Tabanlı Programların Getirdiği Yenilikler: Bina Bilgi Modelleme Yapı sektörü, mühendislik, mimarlık alanlarında özellikle son yirmi senede çoğunlukla Avrupa ülkeleri tarafından yoğun bir şekilde kullanılan bir teknoloji ve yapım-yönetim argümanı haline gelmiştir. Bu uygulamalar;

- Nesne tabanlı modelleme,
- IFC tabanlı belge transferi,
- Çakışma kontrolü,
- Birlikte çalışabilirlik,
- (4D) İş programı hazırlayabilme,
- (5D) Tahmini maliyet hesabı oluşturabilme,
- (6D) Sürdürülebilirlik ile ilgili konsept ve detaylı enerji analizleri yapabilme,
- (7D) Tümüleşik proje ve tesis yönetimi,
- (8D) Tasarım bilgisinin yeniden kullanımı ve güvenlik gibi yenilikler getirmektedirler (Talu, 2020: 117).

Bu konudan tez çalışmasında bir önceki başlıkta detaylı bir şekilde bahsedilmiş olup kısaca **Çizelge 2.5**'te gösterilmektedir.

Çizelge 2.5. BIM tabanlı programların getirdiği yenilikler

BIM TABANLI PROGRAMLARIN GETİRDİĞİ YENİLİKLER	
Nesne Tabanlı Modelleme	Nesne-yönelimli modelleme, nesneler şeklinde ayrıştırılan bir sistemde bilginin modellenmesini sağlayan bir metottur. Bu modelleme tekniğinde, bağımsız olarak oluşturulan nesneler bir kimlik, bir durum ve bir davranış belirtmektedir.
IFC Tabanlı Belge Transferi	BIM tabanlı herhangi bir yazılım programında yapılan tasarımın tüm bilgi ve belgeleri IFC veri tabanı ile BIM'e kolaylıkla aktarılabilir.
Çakışma Kontrolü	Farklı disiplinleri (ör. yapısal ve mekanik) koordine etmek ve sanal elemanlar arasındaki olası çakışmaları gerçek yapımdan veya imalattan önce belirlemek ve çözmek için 3B modellerin kullanılmasını belirten bir model kullanımıdır.
Birlikte Çalışabilirlik	Verilerin farklı sistemler arasında minimum insan müdahalesi ile aktarılmasını sağlayan standartları, protokolleri, teknolojileri ve mekanizmaları ifade etmektedir. Farklı sistemlerin ve proje paydaşlarının birbirleriyle iletişim kurmasına ve gerçek zamanlı olarak bilgi paylaşmasına olanak tanımaktadır.
(4D) İş Programı Oluşturma ve Zaman Yönetimi	4D ile BIM'de aşamalandırma, yalın programlama, simülasyonlar, son planlama, ekipman dağıtımı, zamanında tedarik ve görselleştirilmiş ödeme onay geçerliliği gibi planlamalar yapılabilir.
(5D) Tahmini Maliyet Hesabı	5D, maliyetin detaylı bir şekilde hesaplandığı aşamadır. 3D ve 4D aşamalarından gelen BIM verileri kullanarak mimarlık-mühendislik, malzeme, işçi ve inşaat aşamasındaki tüm maliyetler detaylı şekilde listelenerek hızlı ve kesin maliyet kolaylıkla hesaplanabilir.
(6D) Sürdürülebilirlik ile İlgili Analizler	6D ile BIM'de konsept ve detaylı enerji analizleri, sürdürülebilir eleman takibi ve LEED gibi sürdürülebilir bina sertifikasyon sistemlerinin bina üzerindeki analizleri yapılabilir.
Tümleşik Proje ve Tesis Yönetimi	Tümleşik proje yönetimi ile proje sürecinde bulunan tüm kişi ve ekipler atık miktarını azaltmak ve daha etkin yapılar inşa etmek için birlikte hazırlanmış sözleşmelerle bir takım olarak çalışabilir.
Tasarım Bilgisinin Yeniden Kullanılması ve Güvenlik	BIM ile üretilen bilgi üretildiği anda saklanabilmekte ve yapılan tüm çalışmalar daha sonra yapılacak benzer çalışmalarda güvenli bir şekilde tekrar kullanılabilir.

Kaynak: (Talu, 2020: 118).

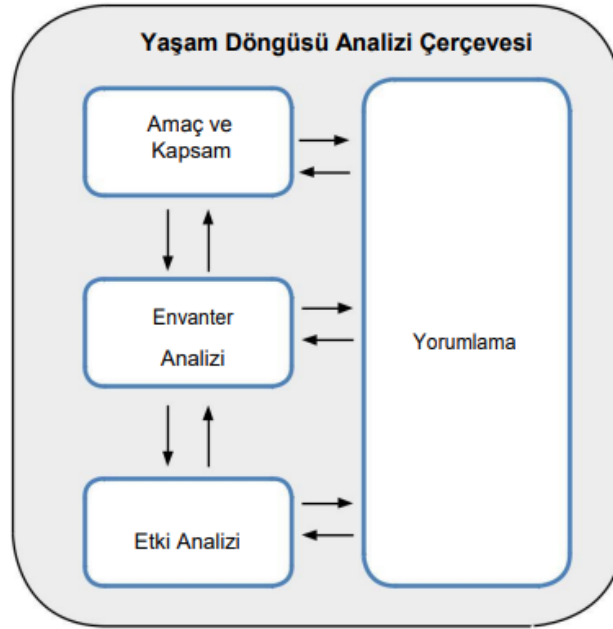
2.2.7. BIM'de yaşam döngüsü/fiziksel çevre analizi

Yaşam döngüsü analizi inşaat sektöründe fiziksel çevresel faktörlerinin yapı üzerindeki etkilerini hesaplamak amacıyla kullanılan bir metod olarak görülmektedir. Başka bir ifadeyle, yaşam döngüsünde binanın enerji girdilerinin tamamının hesaplanması için bir yaklaşım olarak tanımlanabilmektedir. Türkçe olarak “Yaşam Döngüsü Analizi” ya da YDA olarak kısaltılmaktayken, İngilizce olarak “Life Cycle

Analysis” olarak anılan kavram LCA olarak bilinmektedir. Yaşam Döngüsü Analizi (LCA), bir binanın yapım aşamasından yıkım aşamasına kadar olan tüm süreçte, fiziksel çevre etkilerini ve enerji tüketim miktarlarını hesaplayan ve sürdürülebilirliğini değerlendiren bir yöntem olarak tanımlanabilmektedir. Bu analizin sistem sınırlarını ise, üretim, kullanım ve yıkım aşamaları döneminde kullanılan toplam enerji miktarları oluşturmaktadır.

ISO 14040’e göre LCA yöntemi;

- Amaç ve kapsam,
- Yaşam döngüsü envanteri (YDE / LCI),
- Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi (YDED/LCIA) ve
- Yorumlama olmak üzere dört adımdan oluşmaktadır (ISO, 2006) (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. LCA metodolojisi

Kaynak: (USEPA, 2006).

Yaşam döngüsü değerlendirmesinde döngünün hangi aşamasında yapıldığına bağlı olarak en sık kullanılan yaklaşımlar ise, “beşikten mezara”, “beşikten kapıya”, “beşikten beşiğe” ve “kapıdan kapıya” olmak üzere sınıflandırılabilir.

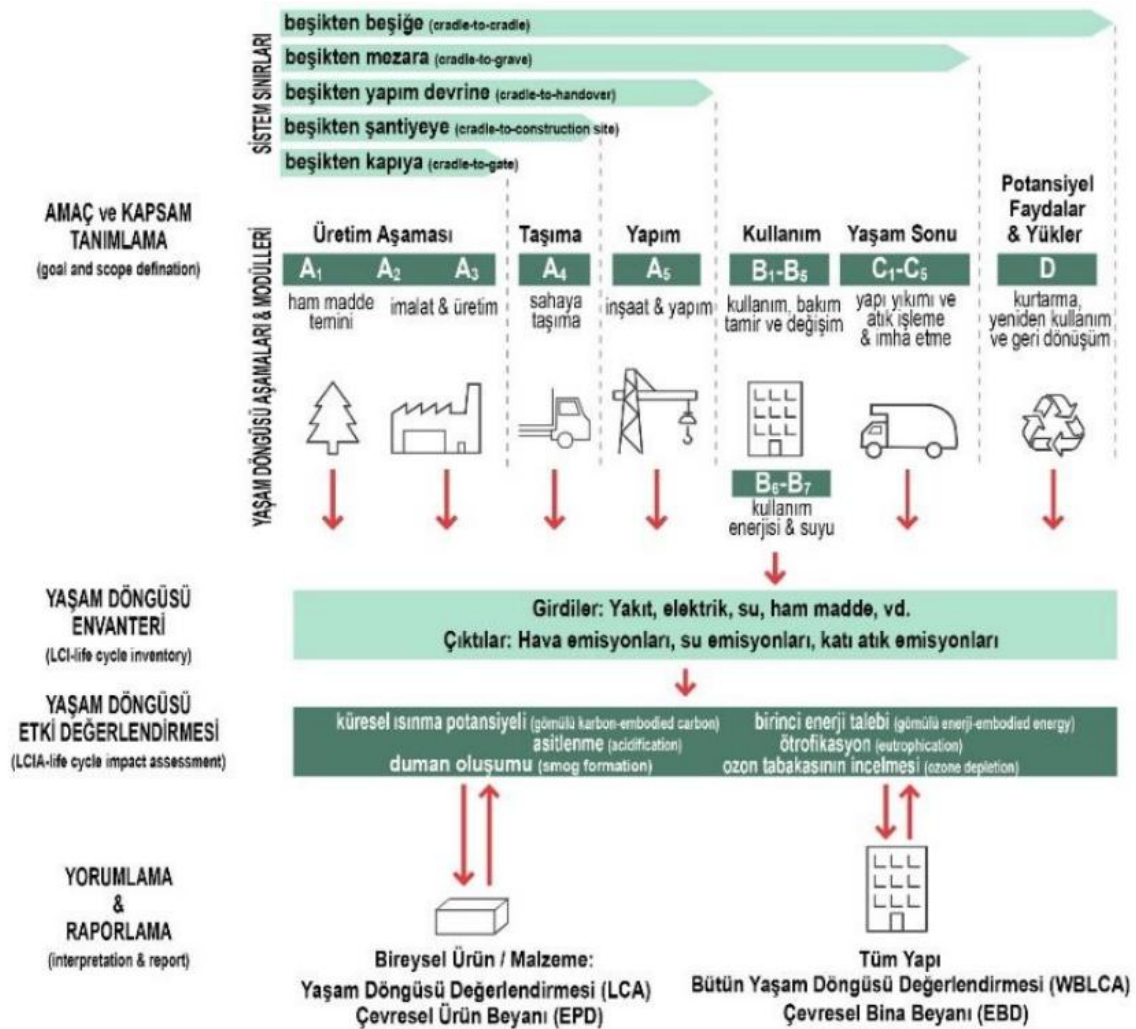
Beşikten mezara, bir ürün veya sürecin tüm yaşam döngüsü aşamalarını içeren analiz çalışmalarında kullanılan tam bir yaşam döngüsü değerlendirmesi olup, ham madde eldesi (beşik) sonucu oluşan atıkların likidasyonuna (mezar) kadar geçen tüm süreçleri kapsamaktadır.

Beşikten kapıya, bir ürün veya süreci, ham madde eldesinden (beşik) başlayıp fabrikaya ulaştırıldığı evreye (kapı) kadarki süreçleri kapsamaktadır. Yani sadece

hammadde çıkarma, üretim, imalat, paketlenme ve nakliye süreçleriyle ilgilenmektedir. Yalnızca fabrika içinde gerçekleşen faaliyetleri değerlendirmekte; dağıtım, tüketici kullanımı ve bertaraf aşamalarını içermemektedir.

Beşikten beşiğe, beşikten mezara yaklaşımının en son yaşam döngüsü olan atık tasfiyesi aşamasında atıkların geri kazanımını kapsamaktadır.

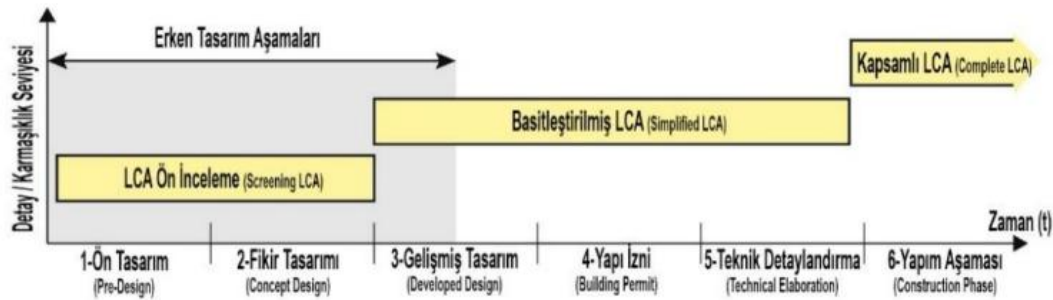
Kapıdan kapıya, bir ürün veya sürecin tek bir evresine yönelik yaşam döngüsünün ele alındığı bir yaklaşımdır. Tüm üretim zincirinde yalnızca bir katma değerli sürece bakan, kısmi bir YDD yöntemidir. Kapıdan kapıya modüller daha sonra tam bir beşikten kapıya değerlendirme oluşturmak için uygun üretim zincirlerine bağlanabilmektedir (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. YDA hesaplama metodolojisinin dört ana aşaması ve birbirleri ile olan ilişkileri

Kaynak: (Soust-Verdaguar vd., 2017).

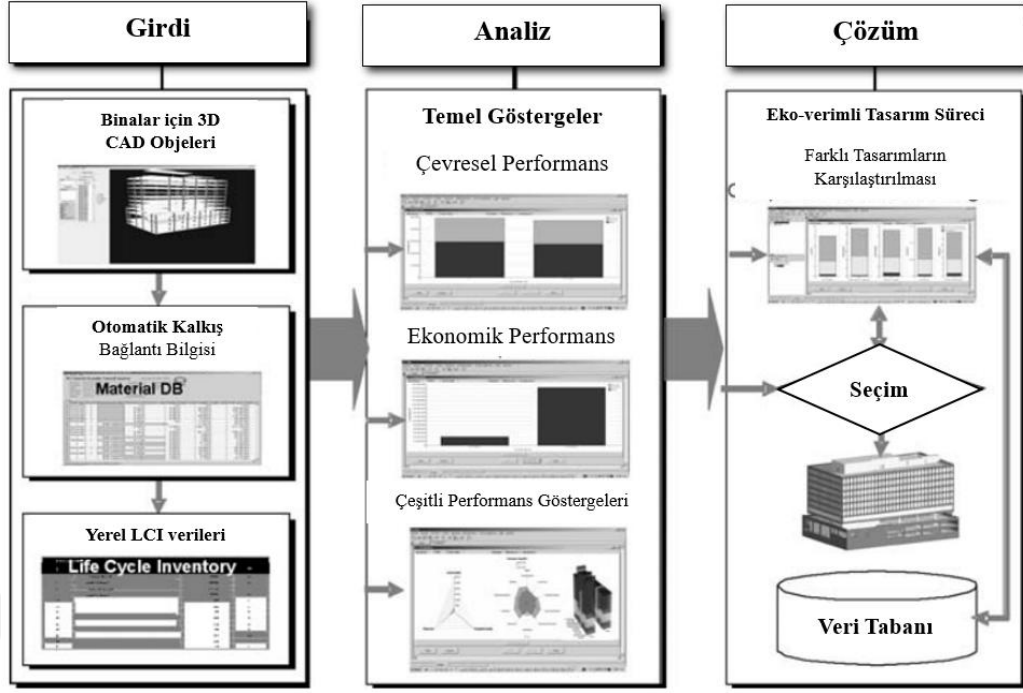
Bununla birlikte, birçok farklı dinamik özelliklere sahip olan inşaat sektörünün çok çeşitli unsurlardan oluşmasından kaynaklı YDA hesaplamalarının inşaat sektörüne uygulanması hususunda ciddi bir ön yargı meydana gelmektedir. Bu durumda, sektörel bazlı YDA raporları, yaşam döngüsü değerlendirmesinin inşaat sektöründe farklı sektörlerdeki gibi detaylı bir şekilde gerçekleştirilemeyeceğini belirtmektedir (EeBGuideProject, 2012). Bu nedenle, yaşam döngüsü hesaplamalarının bina imalatının her evresinde yapılarak fiziksel çevre etkilerinin değerlendirilmesine olanak tanıyan yöntemler geliştirilmiştir. Ayrıca, bilimsel çalışmalarda yapılan analizin kapsamı ve amacı, uygulamacının bilgi seviyesi, yaşam döngüsü envanterinin varlığı ve binanın gelişim seviyesi (LOD) gibi ölçütleri temel alan üç farklı YDA hesaplama adımı sıklıkla kullanılmaktadır (Meex vd., 2018) (Şekil 2.18). Tasarım aşamasında ise, alternatif tasarımların oluşturulması, enerji verimliliğinin artırılmasında en önemli faktörlerden biri olan ilk aşamadır. Burada, çevreye duyarlı malzemelerin seçilmesi, doğadan elde edilmesi, çıkarılması, işlenmesi ve şantiye sahasına iletilmesi için daha az enerjiye ihtiyaç duyulan kaynaklardan toplanması önem arz etmektedir.



Şekil 2.18. Binanın farklı tasarım evleri ile YDA hesaplamalarının ilişkisi

Kaynak: (Meex vd., 2018).

Yaşam döngüsü değerlendirmesinin temel adımlarına dayalı bir veri akış sistemini ifade eden Seo vd. (2007)'ne göre bu adımlar; “girdi”, “analiz” ve “çözüm” olarak belirtilmektedir. **Girdi** adımı, binanın üç boyutlu modelini tanımlarken, bütün malzemeleri, yapıya etki eden çevresel yükleri tahmin etmekte ve yaşam döngüsü envanterine dayalı olarak üretilmesi gerekli olan bütün parçaların veri tabanını oluşturmaktadır. **Analiz** adımı, YDA’ya bağlı çevresel belirtilerin hesaplamaları ve alternatif tasarımların analizlerini kapsamaktadır. **Çözüm** adımı ise, yapılan alternatif tasarımların çevresel etkilerinin mukayese edilmesini kapsamakta ve yapı malzemelerinin beraber gelişmesini kolaylaştırmayı hedeflemektedir (Şekil 2.19).



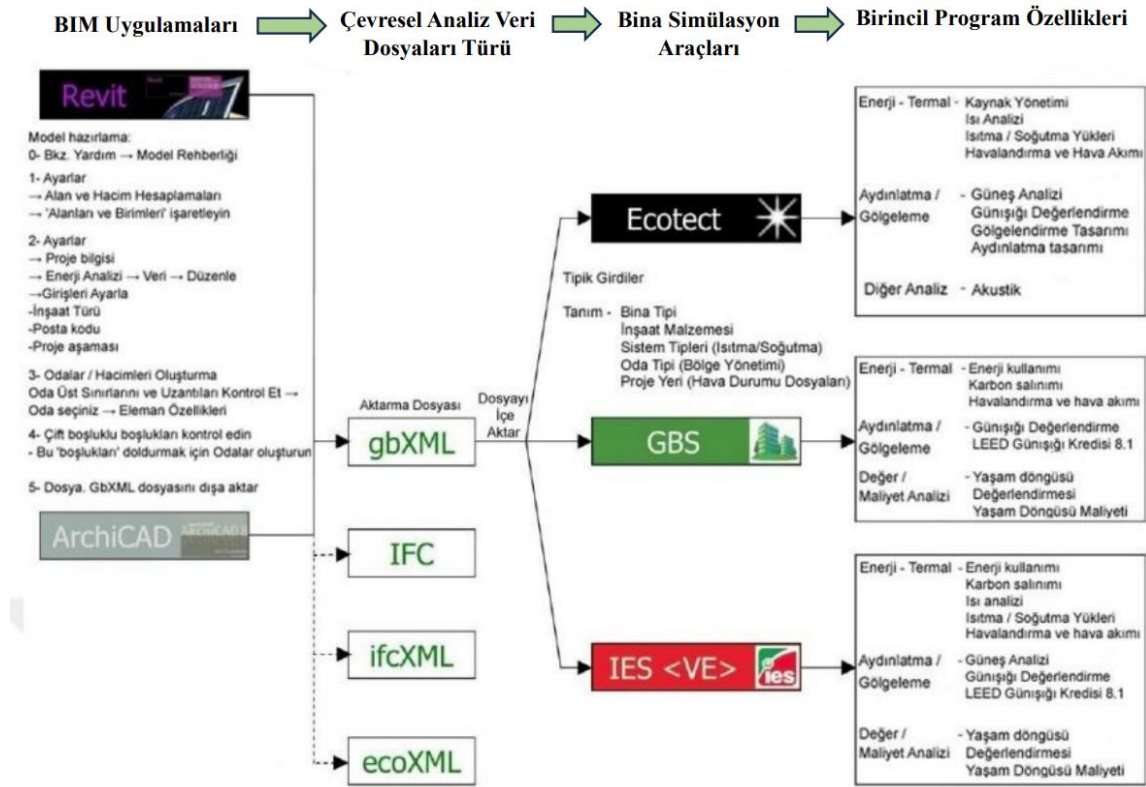
Şekil 2.19. YDA tasarımı bilgi akış şeması

Kaynak: (Seo vd., 2007: 53).

Yaşam döngüsü süresince bina performansı değerlendirmesi (LBPA) üç temel aşamada gerçekleştirilmektedir. **İlk aşama**, değerlendirmeye alınacak yapı elemanlarının kavramlarının, performans belirtilerinin, tasarım ve kriter değerleri ile uygulanan metotlara yönelik verilerin toplanmasını içermektedir. **İkinci aşama**, yapılan ölçüm ve testlerle gerçek performans verilerinin elde edilmesini kapsamaktadır. **Üçüncü aşama** ise, yapının hedeflenen performansa erişip erişmediğini tespit etmek için ulaşılan performans verilerinin değerlendirilmesini içermektedir (Gürsel vd., 2009).

Günümüzde ise, yapı sektöründe YDA ve BIM entegrasyonu çoğu bilimsel araştırmanın konusu olmaktadır. Çeşitli detay düzeyleri baz alınarak binanın sayısal bir modelinin tasarlanabildiği BIM ortamı, farklı yazılımlarla bilgi aktarımının gerçekleştirilebildiği ve analizlerle geri bildirimlerin alınabildiği YDA hesaplamalarının kolaylıkla yapılabilmesi gibi birçok avantaj barındırmaktadır. Ayrıca, YDA-BIM entegrasyonu, tasarımın ilk evresinden başlamak üzere çevresel etkilerin hesaplanma süreçlerinin kısaltılarak daha iyi mimari tasarımların yapılmasına ve çevresel performansı artırıcı kazanımlar elde edilmesini kolaylaştırmaktadır. Bununla birlikte, geleneksel bilgisayar destekli tasarım uygulamalarında analiz verilerine erişmek için yeni modellere ihtiyaç duyulmasına karşın, BIM-YDA entegrasyonu ile tek bir model ve veri sistemi üzerinden gerçekleştirilen planlama süreci maliyet ve zamandan kazanç sağlamaktadır.

YDA hesaplamalarında, Brightway2, Ecotect, CcaLc, Enerj Plus, Eco-Profiles, Ecobat gibi çeşitli yazılımlar kullanılarak güvenilirliği ve şeffaflığı arttırmak amacıyla niteliği yüksek yorumları ve raporları sağlayan YDA-BIM entegrasyonu, BIM ortamında oluşturulan modele çevresel verileri adapte edebilmek için “Dynamo” adı verilen görsel bir programlama dilini (VPL) kullanmaktadır. Bu tez çalışmasında kullanılacak “Autodesk Revit Architecture” programı ise, görsel programa dili Dynamo ile olan stabil bağlantısı, yalnızca basit geometrilerin değil, amorf modellerin de kolayca hesaplanabilmesi, diğer bir programa ihtiyaç duyulmaması gibi özelliklerinden dolayı bilimsel çalışmalarda daha çok tercih edilmektedir. Ayrıca, IFC veri formatına sahip olmasından dolayı dosyaların farklı uygulamalar arasında veri transferini kolaylıkla gerçekleşmesinde de yardımcı olmaktadır (Şekil 2.20).



Şekil 2.20. BIM-YDA entegrasyonu

Kaynak: (Azhar vd., 2009).

Eleftheriadis vd. (2017)'nin yapmış olduğu bir çalışmada ise YDA-BIM entegrasyonun yapı sistemlerinin sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesine olan kazanımı “entegre proje teslimi” ve “tasarım optimizasyonu” olmak üzere iki bölüme ayrılmaktadır. Entegre proje teslimi, yapım sürecine yönelik değerlendirmeleri kapsarken, bu tez çalışmasının da konusu olan enerji analizine dayalı tasarım optimizasyonu ise BIM ve LCA uygulamalarının ortaklaşa çalışması sonucu elde edilen

(feed back) geri bildirimleri içermektedir. Burada sonuç verilerine yönelik analizler, coğrafi bilgi sistemlerinden (CBS) gelen iklimsel verileri, HVAC ve güneş ışınlımından elde edilen enerji tüketimi verilerini ve BIM ile LCA hesaplamalarını yapan uygulama (Insight) arasında aktarılan yapısal verileri içermektedir.

Bununla birlikte, yapılan analizlerin daha kesin ve doğru sonuç vermesi bakımından hesaplamalara girilen verilerin uygulamalar arasında doğru aktarımı önem arz etmektedir. YDA-BIM entegrasyonu ise günümüzde gelişmekte olan bir alan olup, teknolojik olanaklarla birlikte kullanımı tümüyle yaygın hale getirilebildiği sürece, her cins binanın bütün evrelerindeki çevresel etkisi karşılaştırılabilir olarak ortaya konabilecektir.

2.2.8. BIM’de enerji analizi ve bina enerji modellemesi (BEM)

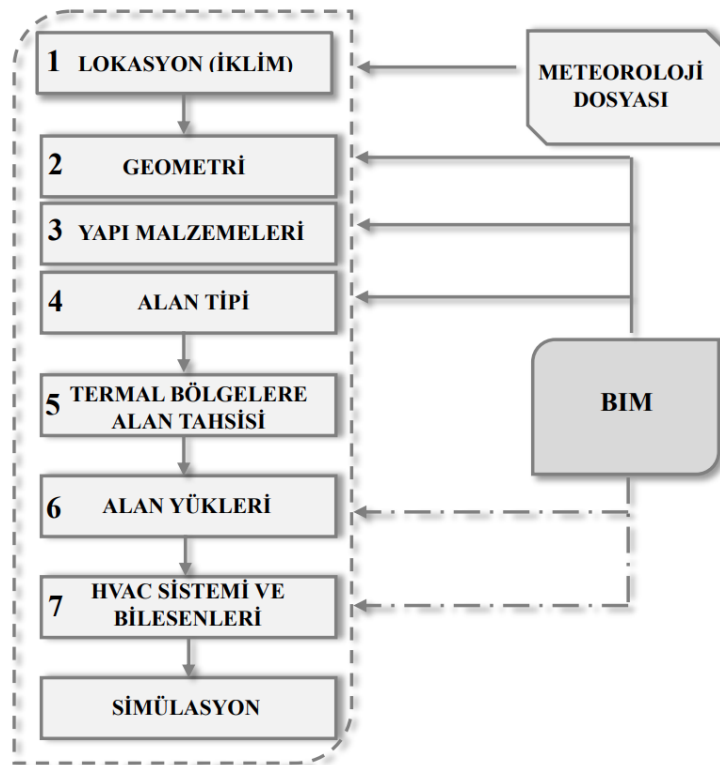
BIM ile enerji analizinden bahsetmeden önce Bina Enerji Modellemesinden (BEM) bahsetmek daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Bina Enerji Modellemesi (BEM), çeşitli fiziksel tabanlı bilgisayar uygulamalarının kullanılması ile beraber enerji analizlerine ve yönetimine imkân veren bir simülasyon modeli olarak tanımlanabilmektedir. Bina enerji modellemesi, özetle yenilenebilir enerji üretim sığasının, bina enerji kullanımının, enerji maliyetinin ve CO2 emisyon miktarının tahminini sağlamaktadır. BEM uygulamaları termodinamik kanunları, türlü denklemler ve birtakım varsayımlarla hesaplamalar yaparak simülasyonları gerçekleştirmektedir. BEM ile gerçekleştirilen enerji simülasyonları; enerji kullanımlarının yıllık, aylık, günlük ya da saatlik olarak detaylı bir şekilde incelenebilmesine imkân vermektedir. Ayrıca, enerji modelinin girdilerini oluşturan ve binalarda enerji tüketimlerini etkileyen yapı geometrisi, yapıda kullanılan malzemelerin termofiziksel özellikleri, soğutma, ısıtma, aydınlatma ve havalandırma gibi enerji yüklerini hesaplayabilmekte ve yenilenebilir enerji sistemlerinin etkinliği, bu sistemlerin kontrol stratejileri gibi veriler değerlendirilebilmektedir.

Bununla birlikte, BEM uygulamaları tipik bir şekilde BIM uygulamaları ile entegre olabilmekte; simülasyona giren tüm parametreleri yerel hava verileri ile birleştirilerek fiziksel denklemlerle birlikte ısı yükleri, sistemlerin bu yüklere olan tepkisini ve sonuçta meydana gelen enerji tüketimlerini hesaplamaktadır. BEM uygulamalarının başka bir özelliği ise bu hesaplamaların yanı sıra enerji maliyetleri ve kullanıcı konforu gibi ölçümlerin de yapılabilmesi olmasıdır. Bunlara ek olarak, BEM

uygulamalarıyla doluluk-boşluk oranı, açılış-kapanış saatleri, termostat ayarları gibi yapının kullanımına ve işletimine yönelik tüm özellikler de göz önüne alınmaktadır (Gigante, 2019; URL-7).

BIM’de yeni bir yapı tasarımı için enerji analiz çalışmaları gerçekleştirilirken öncelikle, düzgün ve doğru verilerin sisteme girilmesiyle oluşturulmuş bir BIM modeline gereksinim duyulmaktadır. Bu BIM modelinde, yapıda döşemelerin ve çatının olmasına ve duvarların, döşemelere ve çatıya bitişik olarak oluşturulmasına dikkat edilmelidir. Analiz edilecek mekanların ise, yapı geometrisiyle çevrelenmiş durumda kapatılması gerekmektedir. Model tamamlandıktan sonra, yapının lokasyonu, yapı kabuğu ve mekanlar belirlenmektedir. Daha sonra oluşturulan model, bugün enerji analizi için kullanılan farklı programlara aktarılmakta ve analizler yapılmaktadır (Krygiel ve Nies, 2008).

Enerji analizi gerçekleştirilirken, arazi ve yapı lokasyonu, yerel hava verileri, yapının yönelimi, yapı yüksekliği, yapı kat sayısı, yapı kullanım amacı, yapının etrafındaki yapıların 3D geometrisi, analizi yapılacak yapı için temel, duvar, döşeme, giydirme cephe, kapı, pencere, çatı ve gölgeleme elemanlarını kapsayan 3D model, yapı elemanlarının ayrıntılı özellikleri ve sınırları belirlenmiş hacimler sistemde olması gereken girdiler arasında yer almaktadır (Beazley vd., 2017) (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. BEM tabanlı BIM ile enerji analizi için iş akış şeması

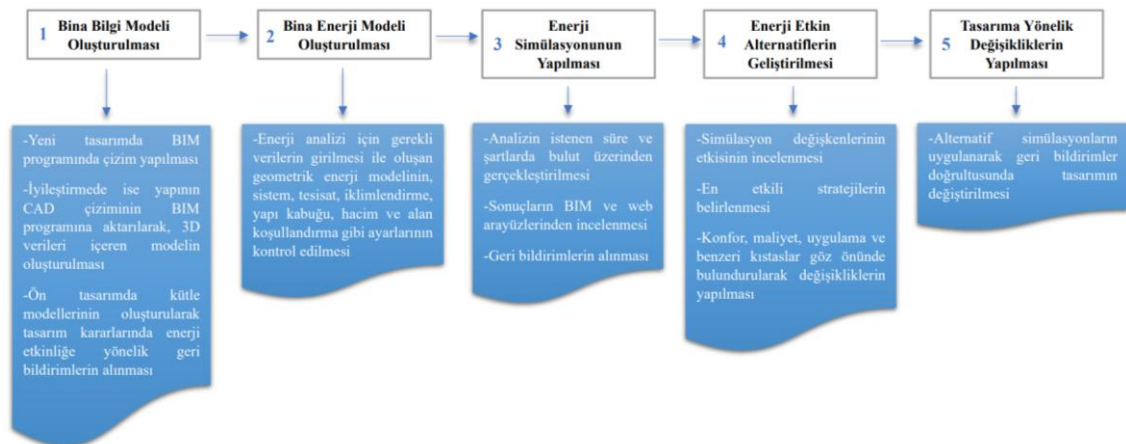
Kaynak: (Maile vd., 2007).

Mevcut binalarda enerji analizi ise, enerji etkin iyileştirme ya da enerji etkin yenileme olarak adlandırılan mevcut bir binanın kullanım sürecindeki enerji tüketim miktarlarını azaltmak hedefiyle yapılan; mümkünse uygun düzenlemelerle pasif iklimlendirme sistemlerinin güçlendirilmesi, ısı yalıtımının iyileştirilmesi, mevcut mekanik havalandırma sistemlerinin güncellenmesi, yenilenebilir doğal enerji kaynaklarının ilave edilmesi gibi enerjinin etkin kılındığı simülasyonlarla yapılabilmektedir (Beetz vd., 2011).

Böylece BIM, mevcut yapılarda ya da yerleşim dokularında enerji etkin iyileştirme projelerinde etkin şekilde kullanıldığında, sürdürülebilirliği sağlama potansiyeli göstermektedir. Bununla birlikte, enerji etkin iyileştirme ya da yenileme, çevresel bozulmayı en aza indirmekte ve küresel çapta enerji tüketimlerini azaltmaktadır (Alhusban vd., 2017; Sunikka, 2003). Bu projeler sonucunda da kullanıcı konforunun artması, yapı yaşam süresinin uzaması, enerji etkinliğin gelişmesi ve sera gazları salınımının azalması beklenmektedir.

Mevcut yapı ya da yerleşim dokusunda enerji etkin iyileştirme için ulaşılabilir bir BIM modeli yoksa tasarımcıların beraber çalışarak bir bina bilgi modeli oluşturması gerekmektedir. Bu model sıfırdan oluşturulacağı için mevcut yapı ya da yerleşim dokusu hakkında oldukça büyük bir veri toplama işi yapılmış olacaktır. Enerji etkin yenilemede gerçekleştirilen analiz sonuçlarının elde edilmesinde kullanılan performans değerlendirme uygulamaları, mevcut yapının ya da yerleşim dokusunun nitel ve nicel enerji performansını; belirli değerlerle karşılaştırarak dokümantasyon oluşturması ve bu sistemin gelişmesi ile popülerlik kazanmaktadır.

BIM ile enerji etkin tasarım ve yenileme sürecinde **Şekil 2.22**'de ve bu tez çalışması kapsamında **Şekil 2.23**'de verilen aşamalar izlenmektedir:



Şekil 2.22. BIM ile enerji analizinde izlenecek aşamalar



Şekil 2.23. Revit ve Insight iş akışı

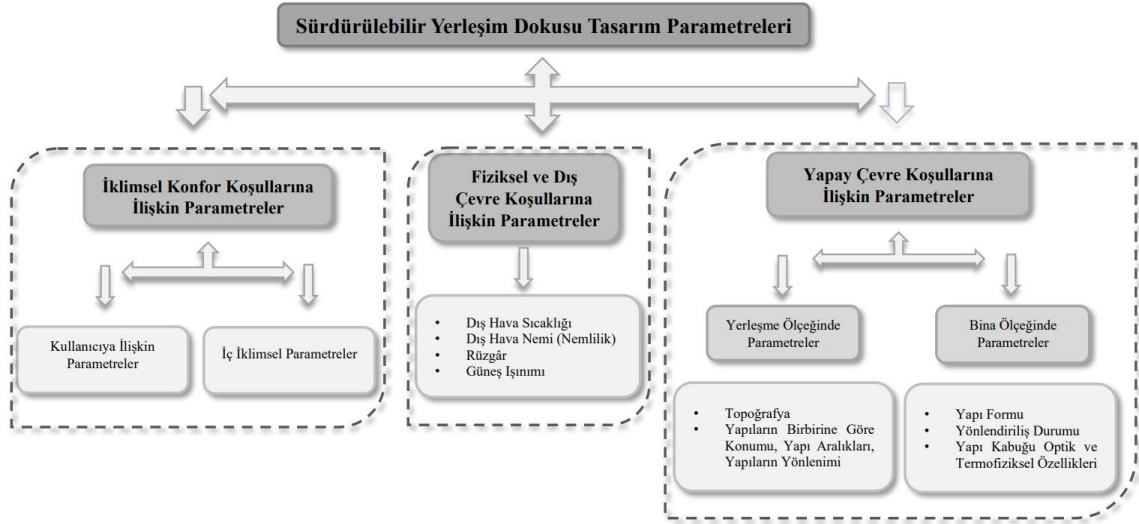
Bina bilgi modellemenin sürdürülebilirliğe olan katkısı bina yaşam döngüsünün her aşamasında hissedilen geniş bir çerçeveye sahip olduğu görülmektedir. Binanın yüksek enerji performansı olması ya da enerji etkin yenilemesi sürdürülebilirlik kavramının önemli bir parçası haline gelmiştir. BIM teknik ve yöntemlerinin kullanılması, paydaşlar arasındaki veri alışverişini, iş akışını ve tasarım ile simülasyon arasındaki ara yüzleri basitleştirerek, yüksek enerji performanslı ve sürdürülebilir tasarımların geliştirilmesine kolaylık sağlamaktadır.

3. SÜRDÜRÜLEBİLİR YERLEŞİM DOKUSU TASARIM PARAMETRELERİ

Günümüzde yerleşim dokuları ve kentsel alanlar kapsadıkları alan açısından tekil yapılara kıyasla bir üst boyutu ifade etmekte ve dolayısıyla çok sayıda yapıyı ve kullanıcıyı kapsamaktadır. Bu nedenle yerleşim dokuları küresel sera gazı salınımı %70'inden ve toplam küresel birincil enerji tüketiminin %75'inden sorumlu tutulmaktadır (UN-Habitat, 2020). Yerleşim dokularında fosil enerji kaynaklarının yaygın bir biçimde kullanımı sonucu kaynaklar hızla tükenmekte ve kullanımında ise yüksek enerji tüketimi yaşanmaktadır. Bunun neticesinde sera gazı salınımı yüksek oranlara çıkmakta, bu duruma önlem alınmaz ise küresel ısınma probleminin önüne geçmek olanak dahilinde görülememektedir. Bu sebeple mevcut yerleşim dokularının iyileştirilerek hızlı bir şekilde sürdürülebilir olarak dönüştürülmesi ve yeni oluşturulacak yerleşim alanlarının enerji etkin ve yüksek enerji performanslı alanlar olarak tasarlanması, bu konuda en etkin çözüm olarak kabul edilmektedir.

Bu bağlamda, yerleşim dokularının çevresel bakımdan sürdürülebilir ve enerji etkin şartlar sağlayabilmesi amacıyla karmaşık geometrilerine bağımlı şekilde uzun yıllar süresince yapıların enerji tüketimleri üzerinde etken olacakları tasarım prosesinde dikkate alınması gerekmektedir. Dolayısıyla, enerji tüketimlerinin azaltılması ve yüksek performanslı yerleşim dokularının oluşturulmasında yerleşim dokusu tasarım parametreleri büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple yerleşme dokusu tasarımı sürecine yapı ve malzeme ölçeğinden yerleşme ölçeğine kadar çeşitli birçok bileşen entegre edilerek bileşenler arasında denge sağlanmalı ve bütün tasarım kararları totaliter bir yaklaşımla ele alınmalıdır. Özellikle yerleşim dokuları içinde yer alan mevcut ya da yer alacak yeni yapıların enerji tüketimlerini minimize etmek hedefiyle öncelikle pasif sistemleri etkili şekilde kullanarak tasarım parametrelerine her yerleşim için yapılan analizler doğrultusunda elverişli değerler tanımlanmalı; alternatif çözümler yaratmaya yönelik yaklaşımlar sürdürülmelidir. Böylece, kullanıcılar için uygun konfor şartları yerine getirilirken, aktif sistemlere düşen yük en aza indirgenmiş, optimal verim alınacak çözümler üretilmiş ve yapılarda kullanılan enerji miktarı azaltılmış olacaktır.

Yerleşim dokusu ölçeğinde bu hedefe erişebilmek için ele alınması gereken bu parametreler; iklimsel konfor koşullarına ilişkin, fiziksel ve dış çevreye ilişkin ve yapay çevreye ilişkin parametreler olmak üzere üç ana başlık altında irdelenebilmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarım parametreleri

3.1. İklimsel Konfor Koşullarına İlişkin Parametreler

Yapılarda iklimsel konfor şartlarına yönelik parametreler, bina kullanıcılarının bulunduğu ortam içinde tatmin olma halleriyle ilişkilendirilmektedir. Konfor koşulu, bireyin içinde olduğu ortama en az seviyede enerji kullanarak adapte olabildiği ve psikolojik bakımdan ortamdan hoşnut olduğu şartların tümü olarak açıklanabilmektedir (Berköz ve diğerleri, 1995). Fakat, kullanıcıların içinde olduğu ortamdan hoşnut olduğu durumlar bireyden bireye değişiklik gösterebileceğinden dolayı konfor koşulunun değerlendirilmesi subjektif kararlara bağlı olmaktadır. Ashrae Standartları'na göre denge sisteminde termal konfor şartları belirlenirken altı ana parametre kullanılmaktadır (ASHRAE 55, 2017). Bunlar;

- Metabolik faaliyetler (metabolizma hızı)
- Giyeceklerin izolasyonu (ısı yalıtım direnci)
- Hava sıcaklığı
- Işınım sıcaklığı (radyan sıcaklık)
- Hava hızı
- Nem olarak sıralanabilmektedir.

Bu parametreler zamanla farklılaşabilmektedir. Bununla birlikte, bu faktörler arasında metabolik faaliyetler ile giyeceklerin izolasyonu bireyin konfor duygusu üzerinde etkili olan ve kullanıcıya özgü parametreleri; diğer dördü ise iç iklimsel parametreleri içermektedir.

3.1.1. Kullanıcıya ilişkin parametreler

Bina kullanıcılarının mekân içindeki aktivite seviyesi, gerçekleştirilen faaliyet cinsine dayalı olarak meydana gelen metabolizma hızıyla direkt ilişkilendirilmekte ve literatürde M (Met) birimi ile gösterilmektedir. “M (Met)” bir kişinin metabolik eylem esnasında birim deri yüzey alanından kimyasal enerjiyi ısı enerjisine dönüştürme değeri olarak tanımlanabilmektedir.

Ayrıca, kullanıcıların içinde olduğu ortamda termal bakımdan konforlu hissetmeleri; ırk, cinsiyet, yaş, faaliyet gibi değişik durumsal faktörlere ve ortalama deri-vücut sıcaklığı, kalp atışı, terleme miktarı gibi fizyolojik faktörlere dayalı olarak farklılık göstermektedir. Bununla birlikte, daha önce belirtildiği üzere konfor kavramı bireyden bireye göre farklılaşan öznel bir olgu olduğu için çoğunluğun kararları göz önünde bulundurularak, konfor şartlarını tanımlayabilmek amacıyla birtakım değerlendirme ölçütleri belirlenmiştir (Rosenlund, 2000). Ashrae Standartları’na göre termal konfor şartlarını değerlendirmek amacıyla oluşturulan ölçütler **Çizelge 3.1**’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Termal duyarlılık seviyeleri

Hava durumu	TERMAL KONFOR SEVİYELERİ	
	ASHRAE	SET (°C)
Çok sıcak (hot)	7	34.5 - 37.5
Sıcak (warm)	6	30.0 - 34.5
Hafif sıcak (slightly warm)	5	25.6 - 30.0
Nötr (nötr)	4	22.2 - 25.6
Hafif soğuk (slightly cool)	3	17.5 - 22.2
Soğuk (cool)	2	14.5 - 17.5
Çok soğuk (cold)	1	10.0 - 14.5

Kaynak: (Rosenlund, 2000).

Termal konfor verileri ele alındığında, en uç sıcaklık ölçütlerinin kullanıcılarda memnuniyetsizlik yarattığı tespit edilmiştir. Özellikle sıcak-nemli iklim bölgesinde ise konfor şartları bakımından sıkıntılı geçen yaz dönemlerinde, sıcaklıkların en uç değerlere çıktığı görülmektedir. Bu sebeple, yaz aylarında termal konforun sağlanmasının, baz alınacak tasarım parametreleri açısından temel hedef alınması gerekmektedir.

Mekânlarda termal konforun sağlanması, çevre ve insan arasında buharlaşma, ısıtılma ve taşınım yöntemiyle kurulan ısıtılma dengesiyle dayalı olarak gerçekleşmektedir. İç mekân ortamının çevresel değerleri (ortalama ısıtılma sıcaklık, iç hava sıcaklığı, iç

hava hareketi hızı ve iç hava hareketi nemliliği) ile kullanıcıya yönelik değişkenler (giysi ve aktivite türü, aktivite seviyesi) arasında gerçekleşen etkileşim termal denge öğelerini oluşturmaktadır.

Birey tüm faaliyetlerini iklimsel şartlara bağlı olarak gerçekleştirmek durumundadır. Bu şartların eriştiği değerlere dayalı olarak, birey fiziksel çevreye karşı duygusal ve fizyolojik tepkiler sergilemekte ve verimi belirli seviyelere erişmektedir. İç mekanın çevresel değerlerine dayalı olarak birçok farklı iklim koşulu için bireye yönelik parametrelerin ölçülmesi neticesinde; birey sağlığı bakımından fizyolojik tepkilerin en uygun değerlerde olmasını mümkün hale getiren, bireyin hissel olarak iklimsel çevreden memnuniyet duyması halinin sağlandığı ve birey performansının en üst düzeye çıkarıldığı iklimsel kombinasyonlar, birey sistemi için gereken iklimsel girdiler olmaları sebebiyle, optimum iç şartlar veya termal konfor şartları olarak belirlenmektedir (Koçlar Oral, 2003). Bu durumda, farklı aktivite düzeylerine göre farklı metabolik eylem seviyeleri ortaya çıkmaktadır. Aktivite seviyesi; kütle, yaş, cinsiyet gibi farklı karakteristiklere dayalı olarak, yapılan fiziksel eylemler neticesi birey bedeninin kalori tüketerek ürettiği enerji seviyesini ifade etmektedir. Dinlenme halinde ise, oturan bir bireyin birim deri yüzey alanı başına ürettiği ortalama enerji miktarı 58.2 W/m^2 (1 met) 'dir (ASHRAE 55, 2017: 6) (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Farklı fiziksel aktivitelerin metabolizma hız seviyeleri

Aktiviteler	METABOLİZMA HIZ SEVİYELERİ		
	Met	W/m2	Btu/hft ²
Dinlenmek			
Uyumak	0.7	40	13
Uzanmak	0.8	45	15
Oturmak	1.0	60	18
Ayakta durmak (rahat)	1.2	70	22
Yürümek (düz yüzeyde)			
0.9 m/s, 3.2 km/h, 2.0 mph	2.0	115	37
1.2 m/s, 4.3 km/h, 2.7 mph	2.6	150	48
1.8 m/s, 6.8 km/h, 4.2 mph	3.8	220	70
Ofis Aktiviteleri			
Okumak (oturarak)	1.0	55	18
Yazmak	1.0	60	18
Dosyalamak (oturarak)	1.2	70	22
Dosyalamak (ayakta)	1.4	80	26
Dolaşmak	1.7	100	31
Kaldırmak/paketlemek	2.1	120	39
Çeşitli Mesleki Aktiviteler			
Araç kullanmak	1.0 - 2.0	60 - 115	18 - 37
Yemek pişirmek	1.6 - 2.0	95 - 115	29 - 37
Ev temizlemek	2.0 - 3.4	115 - 200	37 - 63
Dans etmek	2.4 - 4.4	140 - 255	44 - 81
Egzersiz yapmak	3.0 - 4.0	175 - 235	55 - 74

Kaynak: (ASHRAE 55, 2017: 6).

Sıcak-nemli iklim bölgelerinde yaz döneminde duyulan yüksek sıcaklık değerlerinin etkisiyle birey bedeni daha çok ısınarak gerçekleştirdiği aktiviteler neticesi daha çok kalori tüketmekte ve buna dayalı olarak oluşan enerji miktarı da artmaktadır. Termal denge denkleminde ise çevre ve birey arasında gerçekleşen etkileşimin değişik açılardan verilen faktörlere dayalı olarak değerlendirilmesi gerektiği belirtilmektedir.

Kullanıcıların bulunduğu ortam ile arasındaki ısı alışveriş miktarını etkileyen bir diğer parametre de giyeceklerin ısı yalıtım dirençleri birbirinden farklı olduğu için termal konforda büyük bir etkiye sahip olan giysi türüdür. Bununla birlikte, iç ortamda kullanıcıların konfor açısından kendilerini memnun hissetmesi için aktivite seviyesi ile giysi türü gibi kullanıcıya yönelik bu parametrelerin de mekân şartlarına uygun değerler içermesi gerekmektedir. Giyeceklerin sağladığı izolasyon (ısı yalıtım dirençleri) değerleri ise “clo (1 clo = 0.155 m² °C/W)” birimi ile gösterilmektedir. Giycek cinslerine göre ve birbirinden farklı cinse sahip giyeceklerin birleşimi ile oluşan clo değerleri **Çizelge 3.3** 'de gösterilmektedir (ASHRAE 55, 2017: 7).

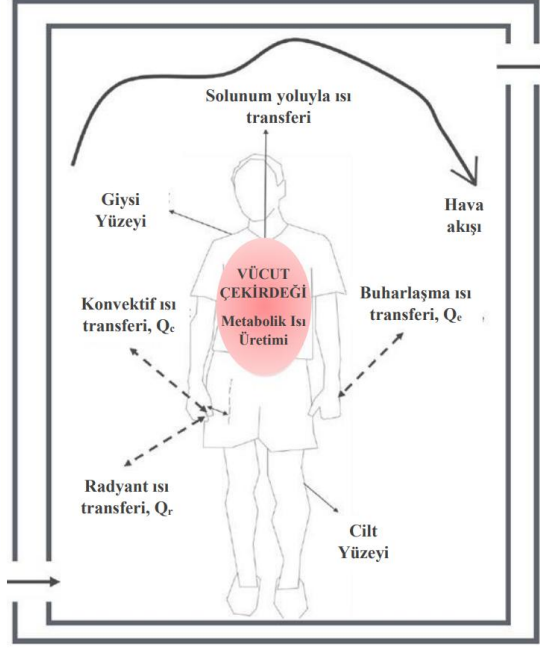
Çizelge 3.3. Giysi türleri ve ısı yalıtım direnç değerleri

Giycek Cinsi		clo
Pantolonlar/Gömlekler	Kısa kollu gömlek	0.57
	Uzun kollu gömlek	0.61
	Ceket	0.96
	Yelek, tişört	1.14
	Uzun kollu kazak	1.01
	Pantolon	1.30
Etekler/elbiseler	Diz boyu etek, kısa kollu gömlek	0.54
	Diz boyu etek, uzun kollu gömlek	0.67
	Diz boyu etek, uzun kollu kazak	1.10
	Diz boyu etek, uzun kollu gömlek, ceket	1.04
	Bilek boyu etek, uzun kollu kazak, ceket	1.10
Şortlar	Yürüyüş şortu	0.36
Tulumlar	Uzun kollu tulumlar	0.72
	Tulum, uzun kollu gömlek, tişört	0.89
Spor kıyafetleri	Eşofman altı, uzun kollu tişört	0.74
Pijama takımları	Uzun kollu pijama üstleri, uzun pijama altları	0.96
Ayakkabı	Günlük ayakkabı	0.02
	Bot	0.10

Kaynak: (ASHRAE 55, 2017: 7).

3.1.2. İç iklimsel parametreler

Isıl konfor simülasyonu, birey ile çevre bedeni arasında gerçekleşen enerji korunumunu belirtmektedir. Bedenimiz ile çevre arasında gerçekleşen ısı kayıp veya kazanımları, **Şekil 3.2**'de gösterildiği gibi solunum, taşınım, buharlaşma, radyasyon ve iletim yoluyla gerçekleşmektedir.

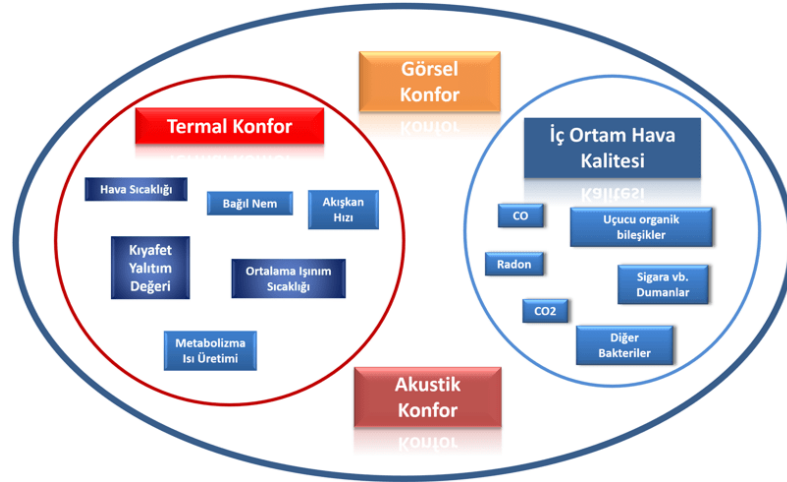


Şekil 3.2. Metabolik ısı üretimi

Kaynak: (URL-8).

İç mekân ısı konfor değerlerinin değerlendirilmesinde birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Ortalama termal hissetme ve tahmini memnuniyetsizlik oranlarının hesaplanmasında kullanılan bu yöntemlerde toplam altı farklı parametre kullanılmaktadır. Bunların dört tanesi iç mekân koşullarına bağlı iken, diğer iki parametre ise bireyin giysilerinin termal iletkenliğine ve metabolik ısı üretimine bağlı olan parametrelerdir (Şekil 3.3).

Konfor

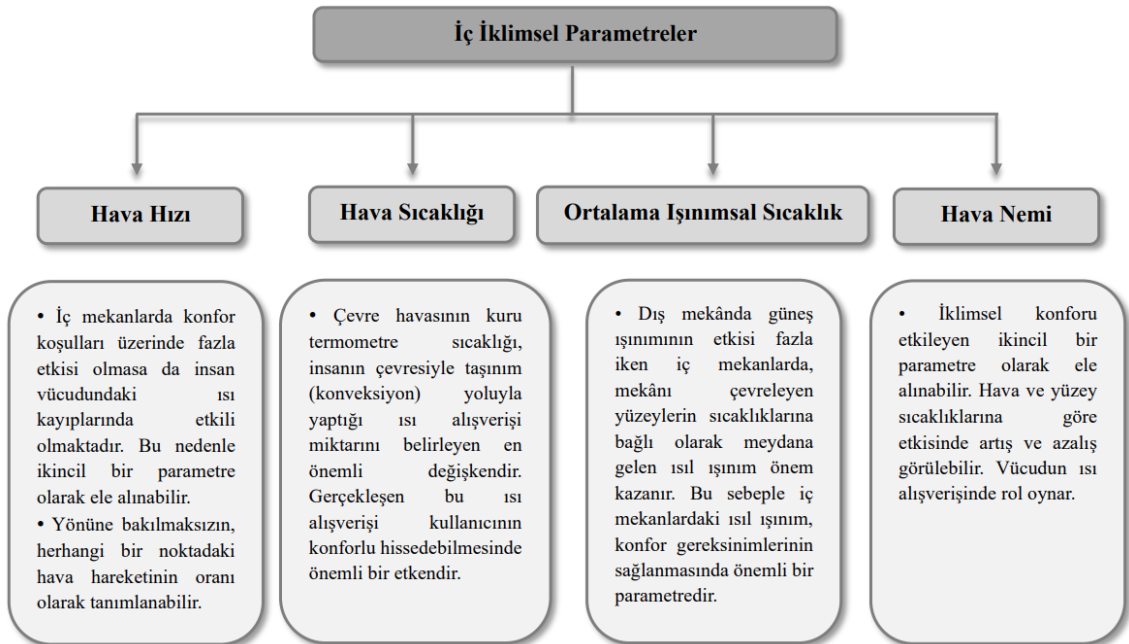


Şekil 3.3. İç ortam çevre kalitesi

Kaynak: (URL-8).

Mekân içerisinde ısı konforu hesaplanırken çeşitli birçok program oldukça hızlı bir biçimde basit bir mahalin konforunu analiz edebilmektedir. Ortam şartlarına göre değişerek iç iklimsel çevreyi meydana getiren ve termal konfor duyumuna etki eden dört parametrenin ise sırasıyla;

- Hava hızı,
- Hava sıcaklığı,
- Ortalama ışımsal sıcaklık ve
- Hava nemi (bağıl nem oranı) olduğu söylenebilmektedir (Şekil 3.4).

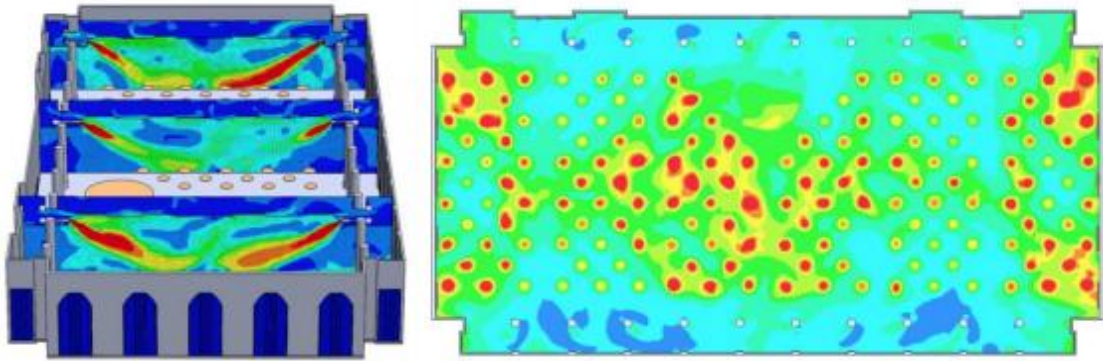


Şekil 3.4. İç iklimsel parametreler

Kaynak: (Lencher, 2015; Koçlar Oral, 1998; ASHRAE, 2017).

Bu parametreler arasında analizlerde kritik bir role sahip olan hava hızının hesaplanması, bugünkü gelişmiş teknolojik şartlarda dahi sayısal bakımdan zor bir konu olarak kendini göstermektedir. Örneğin; yaz döneminde bir ofis ortamında çalışanların üşümemesi için klimanın dışarıya verdiği hava hızının, termal konfor bakımından konfor bölgesi içerisinde 0.25 m/s üzerinde olmaması gerekmektedir. Bu durum ise, kültürel, fizyolojik ve psikolojik alışkanlıklara göre farklılık göstermektedir. Ancak, burada bir tasarımcının görevi herkes için geçerli olan ideal bir mahal tasarımı değil, aksine herkes için farklılaşmayı karşılayabilme yeteneğine sahip bir ortam tasarlaması olmalıdır.

İç mekân oluşturulurken, ilk evrede tasarımın öncelikle pasif sistemler için mimari sınıfta yer alan tasarımcılarla, daha sonrasında aktif sistemler için mekanik tasarım gruplarıyla analiz edilmesinin faydaları bulunmaktadır. Böylece, tasarım kalitesi bakımından farkındalığın artması ve gereksinimlerin ne kadar oranda giderilebileceği istatistiksel olarak ölçülmüş olacaktır (Şekil 3.5).

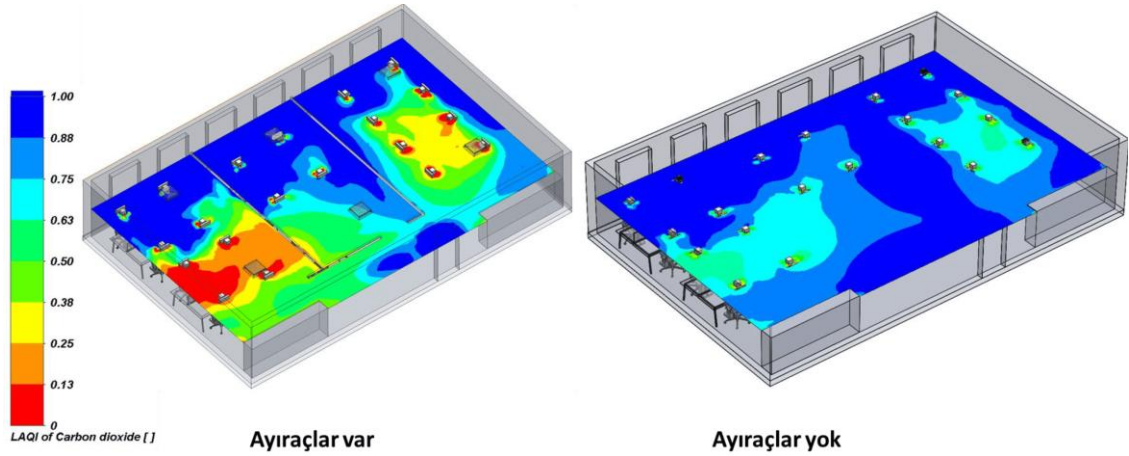


Şekil 3.5. İç mekân ısı konforu dayalı olduğu hissedilir sıcaklık ve hava hızı parametrelerinin gösterimi
Kaynak: (URL-8).

İç ortam hava niteliği havalandırma ilkelerine dayanmakta iken, ısı konfor mekandaki iklimlendirmeye dayalı bir olgu olarak oluşmaktadır. İç ortam hava niteliği konforu etkilemesinden ziyade öncelikle sağlık bakımından da doğru tasarım kararlarının alınmasını gerektirmektedir. Örneğin; çalışılan bir ofiste kullanıcılar belirli bir zaman sonra zor nefes alışverişi, baş ağrısı, uyku hali, sık hastalanma veya konsantrasyon bozukluğu gibi problemler yaşıyorsa ortam için yeterli olmayan bir havalandırma sistemi içinde bulunuyor demektir.

Bununla birlikte, mekanik ve doğal yöntemlerle kararlaştırılmış havalandırma kuralları bir ortamda kişi başına dönüştürülmesi gereken temiz hava miktarı ile ilişkilendirilmektedir. Örneğin; yine bir ofis ortamı ele alındığında, mevcut hava, dış

ortam havası ile (temiz hava) iki ya da üç kez hava transferi yaparak gereken şartları yerine getirebilmektedir. Bu rotasyon sağlanmadığında özellikle iç mekandaki CO₂ ve diğer kirletici maddelerin (odors, partikül vb.) belirli konumlara yoğunlaşması (tümüyle iç mekân tasarımına dayalı da olabilir) iki masa arkada yer alan kişinin keyifle çalışırken, iki masa önde yer alan kişinin bir anda başının ağrımasına neden olabilmektedir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Ofis iç ortamında kullanılan ayraçlar nedeniyle oluşan CO₂ (kirletici gaz) birikimi

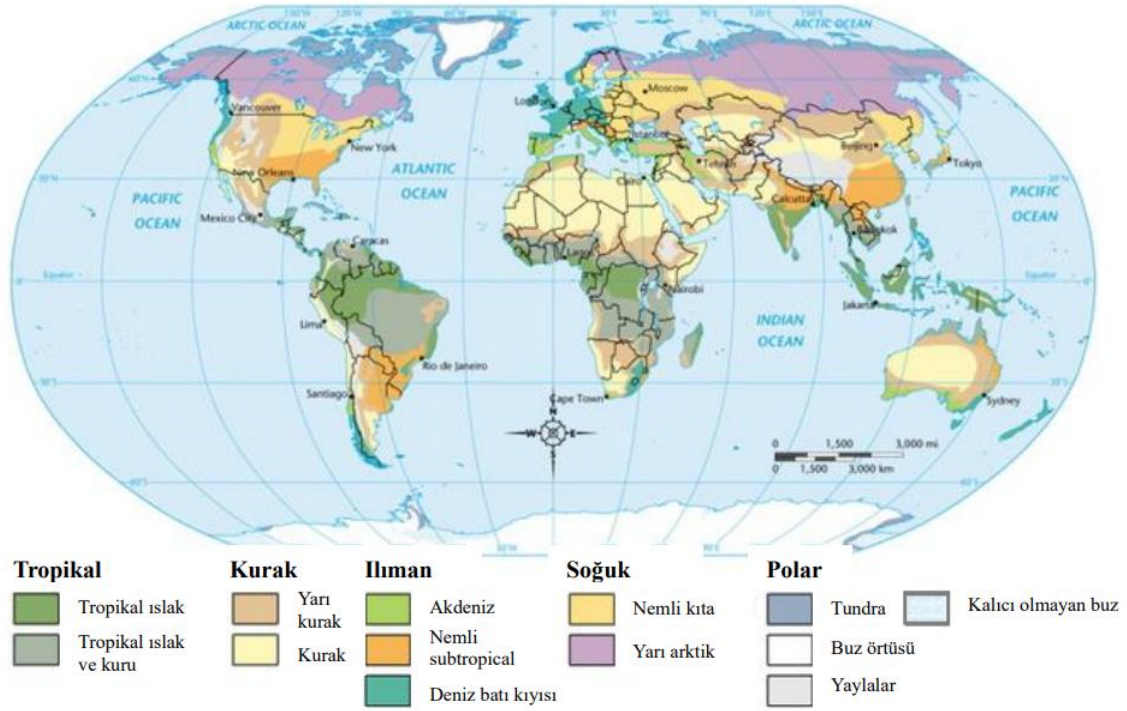
Kaynak: (URL-8).

İç mekân hava kalitesindeki azalma, ofis ortamındaki çalışanların çalışkanlık üretkenliğinin düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca, okullarda öğrencilerdeki algının belirgin bir süre sonra zayıflaması, bir konferans salonunda geçirilen süre içinde gösterinin çok ilgi çekici olmasına karşın rahatsız edici düzeydeki havasızlık duygusu nedeniyle aynı yere tekrar gitmek istememe hissi de yine buna bağlı olarak gelişen bir olgu olarak önemli hale gelmektedir.

3.2. Fiziksel ve Dış Çevre Koşullarına İlişkin Parametreler

İklim, belirli bir yerde belirli periyotlarla uzun bir süre zarfında gözlemlenen nemlilik, sıcaklık, rüzgâr, yağış, hava basıncı, güneş ışıınımı, yağış şekli gibi parametrelere dayalı gerçekleşen hava koşullarının ortalaması olarak tanımlanabilmektedir. İklim, hava olaylarından farklı olarak bir yerin ya da bölgenin hava koşullarını uzun süre boyunca gözlemlemektedir. Bir yerin ya da bölgenin iklimi o yerin, yükseltisine, enlemine, denize olan uzaklığına, kalıcı kar durumuna ve yer şekillerine bağlı olarak gelişmektedir. Dünya üzerinde iklim tipleri, farklı topografik ve konum şartlarının da etkisiyle yağış rejimi, sıcaklık ve nemlilik gibi farklı kombinasyonların ortalamalarına bakılarak sınıflandırılabilir. Günümüzde ise, en

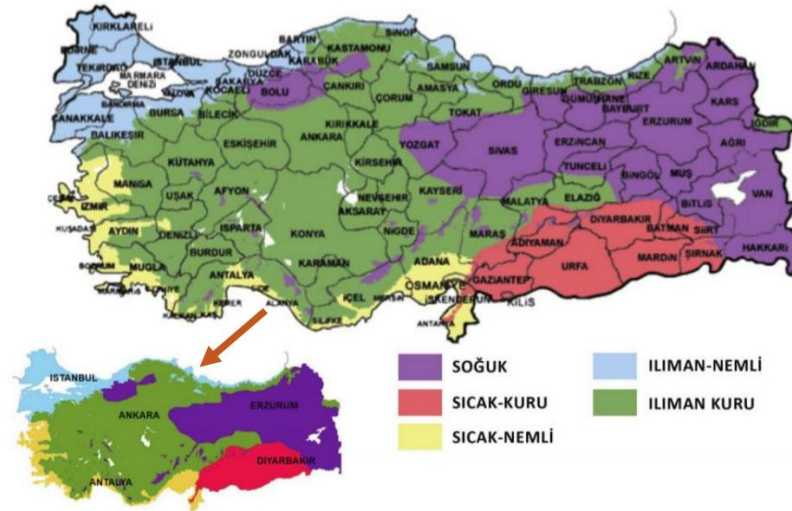
yaygın kullanılan sınıflandırma sistemi olarak, Wladimir Köppen tarafından hazırlanan Köppen iklim sınıflandırması kullanılmaya devam etmektedir. Bu sınıflandırmada iklim türleri aylık ortalama nemlilik ve sıcaklık verilerine dayalı tropikal, kurak, sıcak ılıman, soğuk kar (karasal) ve polar (kutup) iklimler olmak üzere beş temel gruba ayrılmaktadır (Chen ve Chen, 2013) (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Köppen iklim sınıflandırması

Kaynak: (Chen ve Chen, 2013).

Ülkemiz, coğrafi lokasyonu itibarıyla ılıman iklimin ve dört mevsimin yaşandığı 36-42 kuzey paralelleri arasında ve orta kuşakta yer alması, üç tarafını çeviren denizlerin yarattığı nemlilik etkisi, güneyi ile kuzeyi arasında meydana gelen sıcaklık farkları ve iç kesimlerde oluşan karasallık gibi faktörler nedeniyle soğuk, sıcak-nemli, sıcak-kuru, ılıman-nemli ve ılıman-kuru olmak üzere beş farklı iklim tipine sahiptir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Türkiye iklim bölgeleri

Kaynak: (Zeren vd., 1987).

Yapıların konfor şartları, fiziksel ve dış çevre koşullarına yönelik parametrelere dayalı olarak farklılık gösterdiği için birbirinden farklı niteliklere sahip iklim bölgeleri üzerinde yer alan yerlerde tasarım yapılırken gereken verilerin belirlenmiş parametrelere göre değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple, insanlar asırlar boyunca tecrübe ettikleri iklimsel şartların yaşatmış olduğu zor koşullara karşı daha konforlu ve korunaklı mekanlar oluşturmaya ilişkin arayışlarını devam ettirmektedir. Artık günümüzde ise, birtakım belli başlı firmalar tarafından dış çevre koşulları için belirlenen minimum, ortalama ve maksimum değerlere göre bir yapıda olması gereken optimum değerlerin saptanmasında kullanılacak sistemler geliştirilmektedir.

Binalarda ise fiziksel ve dış çevreye yönelik parametreler, bulunduğu bölgenin iklim koşullarını belirleyen, enerji korunumunda ve termal konforun verimli olmasında etkili olan iklim bileşenlerini oluşturmaktadır. Bu iklim bileşenleri, mevcut fiziksel çevreye yönelik iklim durumunun kontrol altına alınmasında, binalarda termal konforun sağlanmasında ve bununla birlikte enerji tüketim miktarlarının azaltılmasını amaçlayan yerleşim dokularının oluşturulmasında büyük öneme sahip olan; dış hava sıcaklığı, dış hava nemi, rüzgâr, güneş ışınımı ve topoğrafya gibi parametrelerden oluşmaktadır.

Burada binanın bulunduğu bölgenin iklimsel nitelikleri, dış çevreye yönelik veriler, hâkim rüzgâr yönü, arazinin topografik yapısı, bitki örtüsü, faunası ve florası, jeolojik yapısı, havanın nem oranı, güneşlenme şiddeti gibi veriler sürdürülebilir bir bina ve dolayısıyla yerleşim dokusu üretiminde direkt etki etmektedir. Dış çevreye yönelik verilerin toplanması ile doğaya uyumlu mimari tasarımlar için temel atılmış olmaktadır. Fiziksel ve dış çevreye yönelik veriler bölgeden bölgeye değişiklik

gösterdiği için yapılacak her sürdürülebilir bina ya da yapı tasarım parametrelerine ait değerler de birbirinden farklı olmaktadır. Bu durum dolaylı yoldan sürdürülebilir yerleşim dokusu tasarım parametrelerinin de farklı değerler kazanması üzerinde etkili olmaktadır.

3.2.1. Dış hava sıcaklığı

Bir yerin dünya üzerindeki lokasyonu, yıl içerisinde güneş ışınlarını alma açısı ve güneşe olan mesafesi o yerin sıcaklık değerlerini saptamaktadır. Başka bir ifadeyle, dış hava sıcaklığı çoğunlukla güneş ışınımının etkisine, yani güneşten elde ettiği ısı miktarına dayalı olarak farklılık göstermektedir. Ancak, aynı paralel üzerinde yer alan farklı yerlerin ortalama sıcaklık değerlerinin birbirinden farklı olduğu görülmektedir.

Bunun sebebini ise,

- Yöreden yöreye farklılık gösteren güneş radyasyonu şiddeti,
- Atmosfer şartlarının güneş ışınları üzerinde yarattığı değişim etkisi,
- Atmosfer ile yerküre ilişkisi,
- Maddenin fiziksel reaksiyonu neticesi oluşan enerji miktarı,
- Zeminin karakteristiği,
- Denize bağlı yükseklik,
- Deniz akıntıları ve hava hareketlerinin şiddeti ve yönü,
- Türbülans ve konveksiyon ile dikey enerji nakli,
- Kentsel alanlarda yer alan yüzey malzemesi,
- Bitki örtüsü gibi faktörler oluşturmaktadır (Özdemir, 2005; Erdemir, 2014: 10).

İzmir İli'nin de içerisinde bulunduğu sıcak-nemli iklim bölgelerinde yıl içindeki ortalama sıcaklık nispeten yüksek seyretmektedir. Özellikle yaz döneminde öğle vakitlerinde en uç değerlere erişen sıcaklıklar, nemlilik oranının da yüksek olmasıyla birlikte daha fazla hissedilmektedir. Bu özgün iklim niteliği, bölgede bulunan yapılar üzerinde kullanılacak tasarım parametrelerini de büyük ölçüde etkilemektedir.

Ülkemizin 1970-2022 yılları arası ortalama sıcaklık dağılımı haritası incelendiğinde, sıcak-nemli iklimin etkin olduğu Ege Bölgesi'nde yaz dönemi sıcaklık ortalamaları 28-30°C arasında seyretmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. 1970-2022 yılları arası Türkiye ortalama sıcaklık dağılımı haritası

Kaynak: (MGM, 2023).

Bir şehrin yerleşim şekli ve şehri meydana getiren yapı şekilleri etrafında yer alan kırsal alanın ikliminden değişik bir kent iklimi oluşturabilmektedir. Şehrin meydana gelmesinde yapı sınıflarının şekillenmesi, yapılar arasındaki boşluklar ve doluluk-boşluk oranı, mekanlar, çatı yüzeyleri, bina-sokak ilişkisi şehrsel örtü olarak isimlendirilmekte ve kent içerisinde özgün mikroklimatik şartların oluşmasına sebep olmaktadır. Bu koşullar ise, insanların termal konforunu ve yapıların enerji gereksinimini etkilemektedir (Tıkansak, 2013:194).

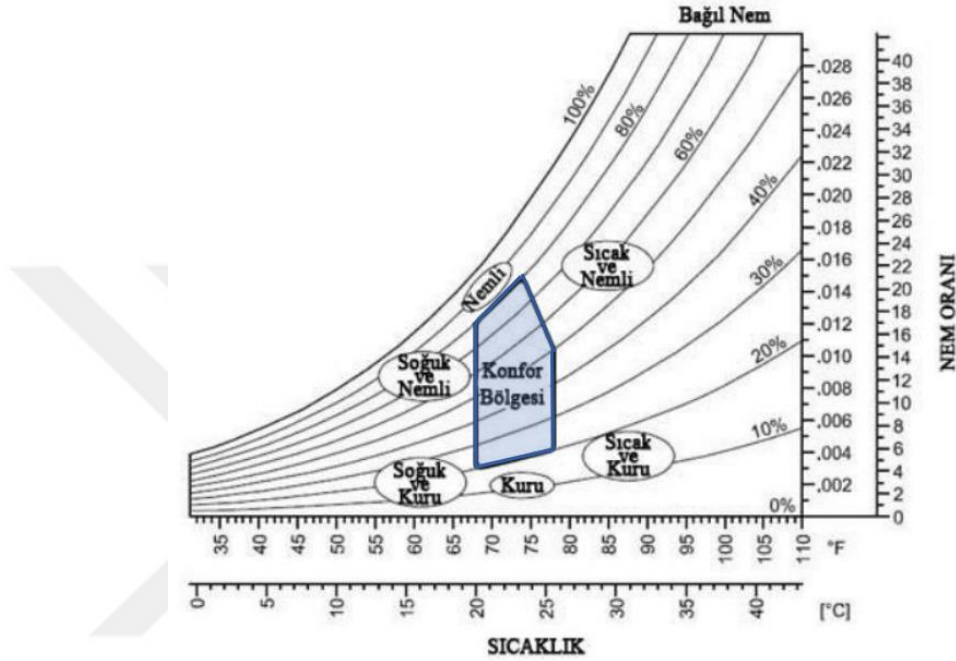
3.2.2. Dış hava nemi (nemlilik)

Yerkabuğundaki su birikintilerinin buharlaşması neticesinde, atmosferdeki su buharı devamlı olarak varlığını sürdürmektedir. Havada var olan su buharı miktarı ise nem olarak tanımlanmakta ve iklimsel verilerden söz edilirken bağıl nem ya da mutlak nem ölçüt alınarak kullanılmaktadır. Havanın nemlilik durumunu (havanın içerisinde bulunan su buharı miktarını);

- Buhar basıncı,
- Bağıl nem oranı ve hava sıcaklığı,
- Çiğ noktası ve
- Yaş ve kuru termometre sıcaklığı gibi faktörler belirlemektedir.

Gün içinde alınan en stabil veri buhar basıncı miktarıdır. Bağıl nem oranı ise gün içinde oldukça farklılık göstermektedir. Şafak vaktinde (hava sıcaklığının minimum olduğu vakit) bağıl nemlilik maksimum değere sahip olmaktadır. Bağıl nem oranı, hava sıcaklığı yükseldikçe düşmektedir. Başka bir ifadeyle sıcaklık ile ters orantılıdır. Yaz

günlerinde bağıl nem oranında yaşanan düşüş miktarı günün orta vaktinde maksimum düzeyde olma yatkınlığı göstermektedir. Ancak bu düşüşün gerçekleşmemesi durumunda konforsuzluk hissi oluşmaktadır (Goulding, 1992). Neme ve sıcaklığa dayalı olarak iç mekân konfor bölgesi grafiği **Şekil 3.10**' da verilmiştir. Bu grafiğe göre örneğin, 23°C' de %60 bağıl nemlilik oranı konfor bölgesi içinde yer alırken, 25°C'de %60 bağıl nemlilik oranı konfor bölgesi içinde yer almamaktadır.



Şekil 3.10. Sıcaklık-bağıl nem oranı (konfor bölgesi) grafiği

Kaynak: (Lencher, 2015:72).

Bağıl nem oranının, genellikle bir iç mekânda %30-80 aralığında olması gerekmektedir. Bağıl nemlilikte yaşanan yükselme ise iç mekân sıcaklığının da fazla olduğu bir mekânda bireyde bunalma hissinin oluşmasına sebep olmaktadır. Bununla birlikte, yüksek bağıl nemlilik ortam sıcaklığının düşük olduğu ortamda ise üşüme hissine neden olmaktadır. Bu sebeple, iç ortamda termal konfor şartlarını sağlamak hedefiyle düşük bağıl nem oranının su öğelerinin kullanımıyla yükseltilmesine karşın yüksek bağıl nem oranının havalandırma yöntemlerinin kullanılmasıyla düşürülmesi gibi çözümlerin üretilmesi gerekmektedir. Ayrıca, bağıl nem oranı yoğunlaşmanın etkisi sebebiyle yapıda kullanılan malzemeler üzerinde bozulmalara yol açtığı için yapı kabuğu tasarımında dikkate alınmalıdır.

Sıcak-nemli iklim bölgelerinde yer alan yerleşme dokularında ise tasarlanacak yapılarda; en sıcak dönemde ısınımı ve ısı kazancını azaltıcı, havalandırmayı ve nem kaybını artırıcı, en soğuk dönemde ise ısı korunumu gerçekleştirmeye yönelik

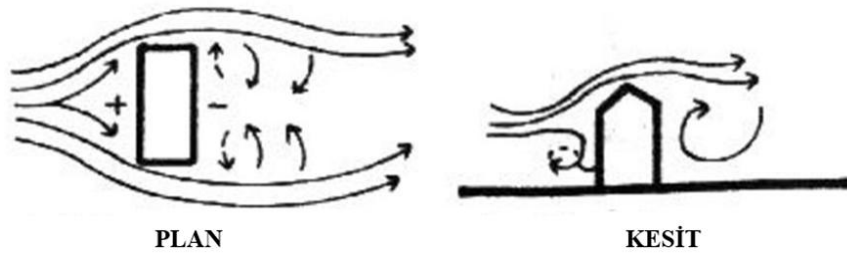
yaklaşımlar göz önünde bulundurulmalı, gölgeli ve kısa sokaklarda buharlaşmanın artmasına neden olabilecek yapı elemanlarından kaçınılmalıdır.

3.2.3. Rüzgâr

Atmosferde bulunan rüzgarlar veya hava akımları, kompleks iklimsel değişkenler tarafından oluşmuş basınç değişikliklerinin sonucunda meydana gelmektedir. Yüksek basınçlı yerlerden alçak basınçlı yerlere doğru hareket etmektedir.

Rüzgâr; yönü, hızı, şiddeti, esme sayısı ve doğrultusu gibi özellikleri ile tanımlanmaktadır. Bu faktörlere ait değerler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından uzun senelere dayanan zaman dönemi için yapılan ölçüm neticelerinin toplanmasıyla, her ayın özgün günü kabul edilen 21. günlerinde rüzgârın esme sayısı ve hızı yönlerine göre hesaplanmakta ve dengeli geçen saatleri baz alınarak rüzgâr gülü grafikleri oluşturulmaktadır.

Tasarımcılar ve mimarlar ise bu verileri, potansiyel ısıtma-soğutma stratejisi ve etkili rüzgâr yönünü belirlemede bir kılavuz olarak kullanmaktadır. Bu nedenle rüzgâr, tasarımcılar için oldukça önemli bir tasarım faktörü olarak kabul edilmektedir. Etken rüzgâr yönü ve şiddeti, yapay çevrelerin tasarlanmasında da etkin rol oynamaktadır. Tasarım yapılırken başka iklimsel parametreler de dikkate alınarak rüzgârın etkisinin hesaba katılması önem arz etmektedir. Örneğin; rüzgârın çarptığı yan-üst yüzeylerdeki ya da dar alanlardan geçişlerdeki basıncı, yapıya çarptığı basınçtan daha yüksek olmaktadır. Yapının arka yüzeyinde meydana gelen basınç da oluşan ilk basınca oranla daha düşük olmaktadır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Pozitif ve negatif basınç durumu

Kaynak: (URL-9).

Bu durumda, etken rüzgâr yönüne göre yapıda açıklıklar açılarak yapıdaki iç ortamda çapraz hava akımı sağlanabilmekte ve iç ortamda birikmiş olan sıcak hava dışarı atılabilmektedir. Böylece iç-dış sıcaklık dengesi sağlanarak kullanıcı konforu bakımından enerji etkin tasarımda etken rol oynamaktadır. Bu nedenle, sıcak-nemli iklim bölgelerinde yaz dönemlerinde nemi dağıtma ve serinletici niteliğe sahip

rüzgarlardan yararlanmak pasif iklimlendirme yöntemleriyle konfor şartlarının yerine getirilmesini kolaylaştırmaktadır. Isıtmaya gereksinim hissedilen dönemde ise rüzgârın belirtilen bu etkileri daha fazla artacağı ve ısı kaybının artmasına neden olacağından rüzgârdan kaçınılması gerekmektedir. Bu durumda da, rüzgârın yönüne ve doğrultusuna göre bina konumu düzenlenerek veya rüzgâr kesici elemanlar kullanılarak rüzgârın soğutucu etkisi en az düzeye indirilebilmektedir.

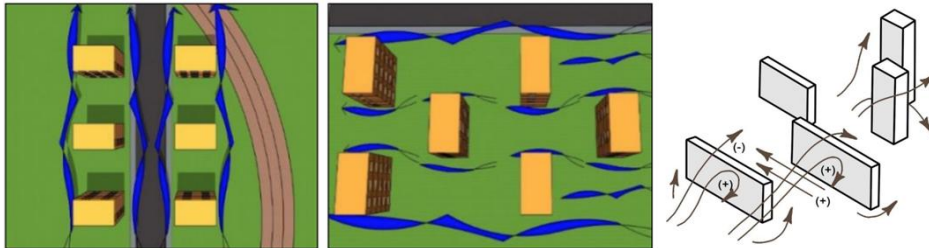
Sıcak-kuru iklim bölgelerinde ise güneyden esen sıcak hava hareketleri, zaten kuru olan havanın daha fazla sıcak hissedilmesine sebep olmaktadır. Bu sebeple, binaların içine alınacak hava hareketlerinin su öğeleri kullanılarak nemliliğin sağlanması konfor hissini artırıcı bir bileşen olarak kullanılabilmesinde etkili olmaktadır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Yapı üzerinde açılan aralıklarda rüzgâr basıncı ve değerleri

Kaynak: (Lencher, 2015:393).

Ayrıca, yerleşim dokularında yapıların yoğunluklu olduğu bölgelerde yoğunluğun az olduğu bölgelerin aksine hava hareketleri düzgün olmamakla birlikte girdaplı ve türbülanslı halde gerçekleşmektedir. Yapı yoğunluğunun fazla olduğu yerleşim dokularında yapı kütlelerine çarparak hareketini sürdüren rüzgâr, bazı hallerde kullanıcılar için konforsuz bölgeler oluşturabilmektedir. Bu sebeple, yerleşim dokularında tasarım yapılırken yapıların hava hareketlerini yönlendirme ve kesme durumları dikkate alınarak mikroklimatik etkilerin ve konforsuz bölgelerin oluşmasının önlenmesi gerekmektedir. (Şekil 3.13).



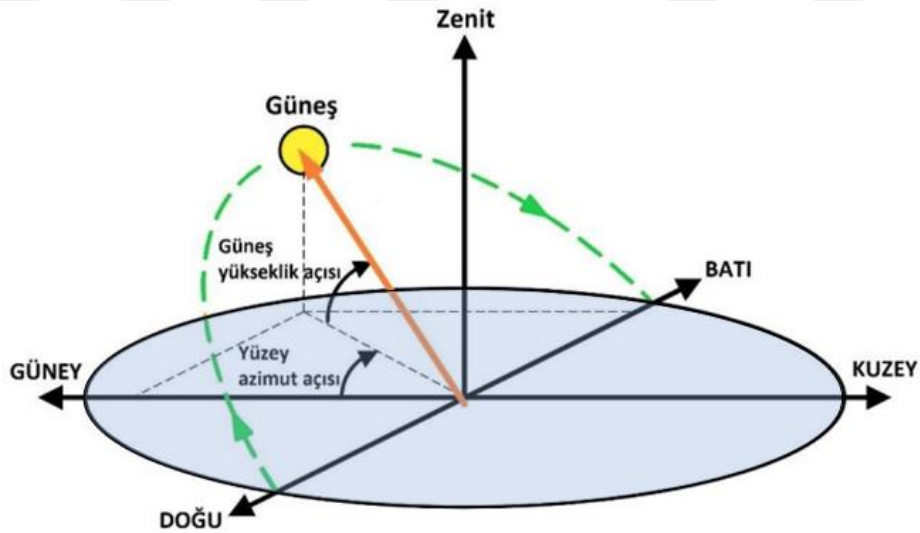
Şekil 3.13. Binanın arazideki konumuna dayalı olarak yerleşme dokularında rüzgâr hareketleri

Kaynak: (Beyaztaş, 2021: 167).

3.2.4. Güneş ışıınımı

Güneş, dünya açısından en önemli sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Atmosferi geçerek yerküreye ulaşan güneş ışınlarının şiddeti; atmosfer şartları, güneşin yükseliş ve azimut açısı ve yerin deniz düzeyinden yüksekliği gibi parametrelere dayalı olarak farklılık göstermektedir. Güneş ışınları aynı zamanda, toprağın, havanın ve çevrede bulunan diğer tüm cisimleri ısıtma niteliğine sahiptir.

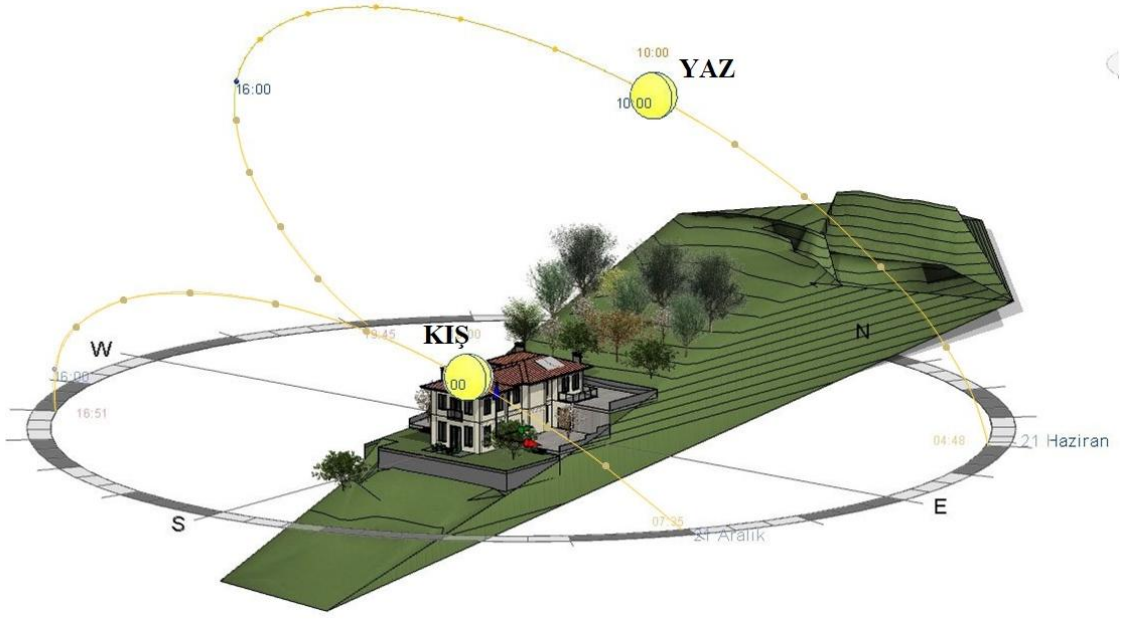
Dünyaya etki eden güneş ışınları, yansıma, yaygın ve doğrudan olmak üzere farklı bileşenlerden oluşmaktadır. Yerküreye ulaşan güneş ışınlarının miktarı ise, ışının takip ettiği yolun uzunluğuna ve havanın içinde barındırdıklarına bağlı olarak azalma göstermektedir. Güneş ışınları atmosferden geçerken bir kısmı su damlacıkları, toz parçacıkları ve hava molekülleri tarafından dışarı yansıtılmakta ve bir kısmı da ozon, su buharı, CO₂ ve çeşitli gazlar tarafından emilmektedir. Başka bir ifadeyle, güneş ışınları dünyaya ulaşırken niteliği ve niceliği değişime uğramaktadır. Özellikle atmosferde bulunan bulutlar güneş ışınlarını yansıtmakta ve emmektedirler. Burada ışınların havada takip ettiği yol mesafesi ne kadar uzun, toz parçacıkları ve su buharı miktarı ne kadar çok olursa güneş ışıınımı miktarı da o derece az olmaktadır (Goulding vd., 1992) (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Kuzey meridyenlerinde yer alan bir bölge için zenit, yükseliş ve azimut açısı

Güneşin yükseliş açısı, bölgenin bulunduğu enleme, konuma ve zaman göre; cephe- güneş azimut açısı ise cephelerin yönü, enlem, zaman ve fiziksel şartlara göre farklılık göstermektedir. Ayrıca, yapının bulunduğu noktanın topografik yapısı, günün belirgin saatlerinde değişik değerlerde engel oluşturma haline göre etki ederken, yüzeyin eğim durumu, eğimin bulunduğu yön ve eğim açısı gibi arazi parçasına ilişkin

nitelikler de güneş ışıını mı miktarlarının değişmesine etki etmektedir. Örneğin; eğik bir açıyla gelen ışıını m, yapıda daha az miktarda ısı kazancı sağlarken, dik bir açıyla gelen ışıını m daha çok miktarda ısı kazancı sağlamaktadır. Bir yapı tasarlanırken ısıtma gereksinimi duyulan dönemde güneş ışıını mından maksimum düzeyde, ısıtma gereksinimi duyulmayan dönemlerde minimum düzeyde yarar sağlanması istenmektedir (şekil 3.15).

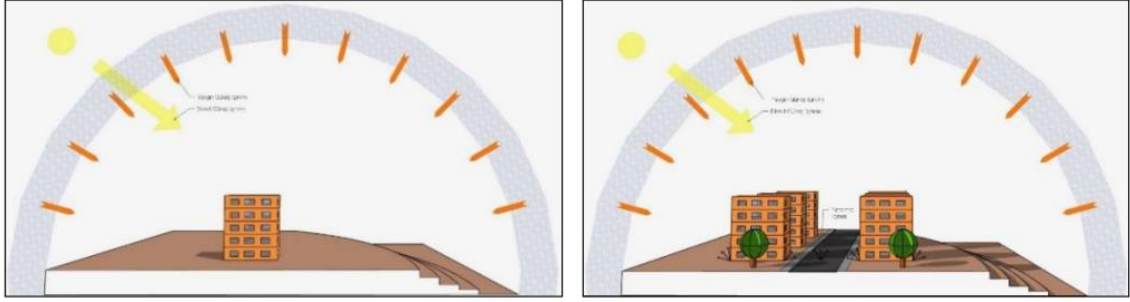


şekil 3.15. Güneşin kış ve yaz dönemlerinde gün içinde takip ettiği yol (sun path) için bir örnek

Kaynak: (Talu, 2020).

Bununla birlikte, yerleşme boyutunda oluşturulan dokunun da güneş ışıını m kazancı üzerinde etkisi bulunmaktadır. Örneğin, yerleşme dokularında uzak ve yakın oluşturulan yapı konumları, yerleştirilme durumlarına göre direkt güneş ışıını mını keserek güneşten korunum sağlayabilmekte ya da kendisi direkt güneş ışıını mını alırken yansıtma yöntemiyle ışıını m miktarında artırıcı etki yapabilmektedir. Bu etkiler göz önüne alındığında, tasarımcının düşük yoğunluklu yerleşim alanlarında bir yandan güneş ışıını mından kazancı maksimum düzeye çıkarırken, diğer yandan kamaşma problemini giderecek sistemleri geliştirmesi gerekmektedir. Saydamlık oranı en uygun hale getirilerek de kış-yaz ve gündüz-gece dönemlerinde enerji tasarrufundan kazanç sağlanabilmektedir. Yüksek yoğunluklu yerleşim alanlarında ise, günün değişik saatlerinde güneşin değişen konumuna göre yapının etrafında yer alan peyzaj öğeleri, komşu binalar gibi fiziksel engeller güneş ışıını mını kapatabildiği için imar yönetmeliği en uygun hale getirilerek güneş ışıını mından etkin bir şekilde faydalanmak mümkün olabilmektedir. Bu durumda, tasarım yapılırken çevre dokuya ilişkin veriler güneş

ışınımının istenip istenmeme durumuna göre değişik yönlendiriliş durumu ve eğim açılarına sahip yüzeylerin güneş ışınlamından elde ettiği kazançları tespit etmek için güneş ışınlamı analizleri yapılmaktadır. Böylece, yerey parçalarının güneş ışınlamı kazancı bakımından optimum yerleşme derecesi saptanarak bina konumlandırılabilir. Bu nedenle, enerji etkin bina ve yerleşim dokusu tasarımında güneş ışınlamı, pasif sistemlerin kurgulanması açısından bina-güneş-profil açısı ilişkisini kuran önemli bir parametredir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Düşük yoğunluklu yerleşim dokusunda çevre-bina ilişkisi (solda) ve yüksek yoğunluklu yerleşim dokusunda çevre-bina ilişkisi (sağda)

Kaynak: (Beyaztaş, 2021: 167).

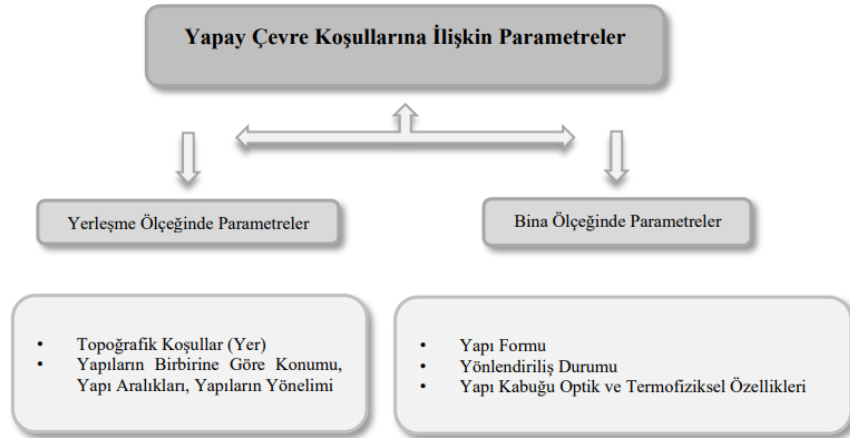
Güneş ışınlamı değerleri, sıcak-nemli iklim bölgelerinde ise karşılaşılan açık bulutsuz gökyüzü şartlarının da göstermiş olduğu etkiyle yaz döneminde oldukça yüksek değerler göstermektedir. Bu iklim bölgelerinde ekvatora doğru gidildikçe güneş ışınlarının daha uzun süreli ve dik açıyla alınmasına dayalı olarak güneş ışınlamı değerleri artmakta ve bilhassa yaz aylarında sıcaklıkların yüksek olmasına dayalı olarak güneş ışınlamının fazla olması istenmemektedir. Bu sebeple, aşırı ısınmaya neden olan batı ve doğu yönlerinden binaya gelen güneş ışınlarını önleyecek tasarımların geliştirilmesi gerekmektedir. Kış dönemlerinde de güneyden gelen güneş ışınlamı şiddetini ve kazancını artırıcı çözümlerin sağlanmaya çalışması gerekmektedir. Örneğin, binaların tepelerin batı ya da doğu yamaçları yerine daha az ışınlam alan kuzey yamaçlara yerleştirilmesi de uygun olabilmektedir. Cephelerde ise ısı yutuculuğu az ve yansıtıcılığı yüksek olan açık renklerin kullanılması gelen güneş ışınlarını önleyebilmektedir.

3.3. Yapay Çevre Koşullarına İlişkin Parametreler

Sürdürülebilir yerleşim dokularının oluşturulabilmesi için birincil amaç dış çevreye ait koşullardan en üst seviyede yarar sağlayarak dış çevreye uyum sağlayan optimum çözüm yolları sunan yapay çevreler oluşturmaktır. Tasarımcıların ise bu

konuda öncelikli olarak uygun pasif tasarım yöntemlerini kullanarak en az seviyede enerji harcayan konforlu alanlar tasarlamayı hedef haline getirmesi gerekmektedir. Bu bakımdan ele alındığında dış çevreye ilişkin iklimsel verilerin doğru bir şekilde analiz edilmesi ve buna dayalı olarak uygulanacak optimum tasarım parametrelerinin seçimi, sürdürülebilir ve konforlu yapay çevrelerin oluşturulması bakımından önem arz etmektedir. Bu aşamada yapay bir çevrenin oluşturulmasında iklimsel konforu ve enerji tüketimini etkileyen tasarım parametreleri yerleşim ölçeğinden bina ölçeğine kadar olan tasarımın bütün aşamalarını kapsamaktadır.

Yapılarda enerji etkinliğinin etkin olarak sağlanabilmesi ise bütün bu tasarım parametrelerinin en uygun değerlerinin tespit edilmesi ile mümkün olmaktadır. Bu parametrelerden herhangi bir ölçekte yer alan yapay çevreye ilişkin parametre her zaman bir üst ölçekte yer alan parametrelerin tespit ettiği sonuca göre birbiriyle bağlantılı olarak değişim göstermektedir. Bu sebeple tasarım evresinde enerji etkinliğinin sağlanması ve tüketimin azaltılması amaçlanıyorsa bütün bu parametrelerin bütüncül bir şekilde ele alınması gerekmektedir. Bununla birlikte, yerleşim dokusu tasarımı yapılırken enerji tüketimlerinin azaltılmasında değerlendirilmesi gereken tasarım parametreleri yerleşme ve bina ölçeğinde olmak üzere iki temel grupta ele alınmaktadır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Yapay çevre koşullarına ilişkin parametreler

3.3.1. Yerleşme ölçeğinde parametreler

Yerleşim alanları, enerji etkin tasarımlarda bir üst ölçeği kapsadığı için bu ölçekte belirlenen tasarım kararları diğer alt ölçeklerdeki parametreler üzerinde etkili olmaktadır. Bu ölçekteki parametreler daha büyük yerleşim ve şehirselleşme alanlarının oluşturulmasında etkili olmaktadır. Bu nedenle, yerleşme ölçeğinde alınan tasarım

kararları uzun yıllar boyunca etkili olacak ve geri dönüşü zor olan sonuçlar doğurmaktadır. Ayrıca, bu ölçek enerji korunumunda ve enerji tüketimlerinin azaltılmasında pasif olarak etkili olmakla birlikte, yerleşim dokuları tasarlanırken yapıların araziye konumlandırılış biçimlerinin, iklim tipine ve bölgenin topografik yapısına uygun olacak şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Yeni oluşturulan yerleşim dokularında yapıların birbirlerine olan etkileri, mevcut yerleşim dokularının içine konumlandırılan yapılar için ise çevrede bulunan yapıların yaratacağı etkiler dikkate alınarak tasarım yapılmalıdır.

Yerleşme ölçeğinde yer alan tasarım parametreleri arasında açık mekanlara ve yerleşme alanına yönelik değişkenler, yerleşim dokusu çevresinde; yapı ölçeğinde olan değişkenler ise yapı çevresinde mikroklimatik özelliklerin oluşmasında etkili olmaktadır. Bu durum dolaylı olarak, kapalı mekânın içerisinde oluşacak mikroklimatik özellikleri de belirlemektedir. Bununla birlikte, gereksinimleri karşılayacak sürdürülebilir yerleşim dokuları oluşturabilmek için bölgenin nüfus yoğunluğu, sosyal dokusu, bölgedeki mimari öğeler ve yapıların karakteristikleri gibi birçok değişik verinin de doğru bir şekilde analiz edilerek tasarım kararlarına dahil edilmesi gerekmektedir.

Sıcak-nemli iklim bölgelerinde ise yerleşme ölçeğinde rüzgâr, nem, güneş ışıınımı etkileri bakımından en verimli sonuçlara erişebilmek amacıyla yerleşim biçimleri ve yapı aralıkları belirlenirken, iklimsel koşullarla birlikte mevcut çevresel koşullara da adapte olacak alternatif çözümlerin üretilmesi gerekmektedir.

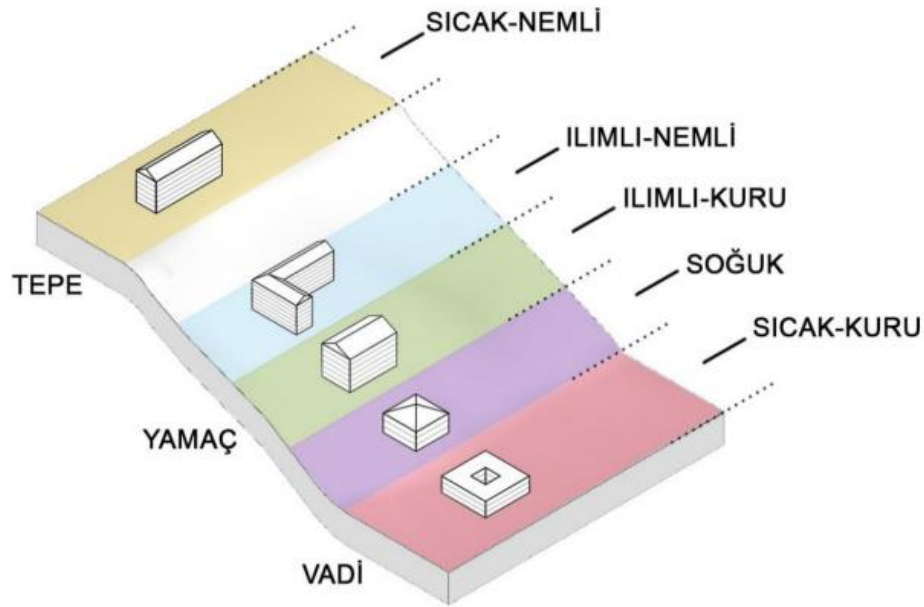
Bu açıdan, sürdürülebilir ve enerji etkin yerleşim dokularının tasarlanmasında etkili olan yerleşim ölçeğindeki parametreler; topoğrafya (yer) ve yapıların birbirlerine göre konumu, yapı aralıkları, yapıların yönelimi olmak üzere iki grupta ele alınmaktadır.

3.3.1.1. Topoğrafik Koşullar (Yer)

Topoğrafya, çevre kirliliğinin engellenmesinde ve iklimsel koşulların kontrol edilmesinde etkin rol oynayan bir tasarım parametresi olarak kabul edilmektedir. Arazi parçasının biçimi, eğimi, baktığı yön, bitki örtüsü özellikleri, konumu gibi bileşenler bu parametrelerin alt sınıflarını oluşturmaktadır.

Yerleşim dokularının denize olan yükseklikleri ve topografik özellikleri, arazi parçasının lokasyonuna göre değişim göstermektedir. Bununla birlikte, değişen

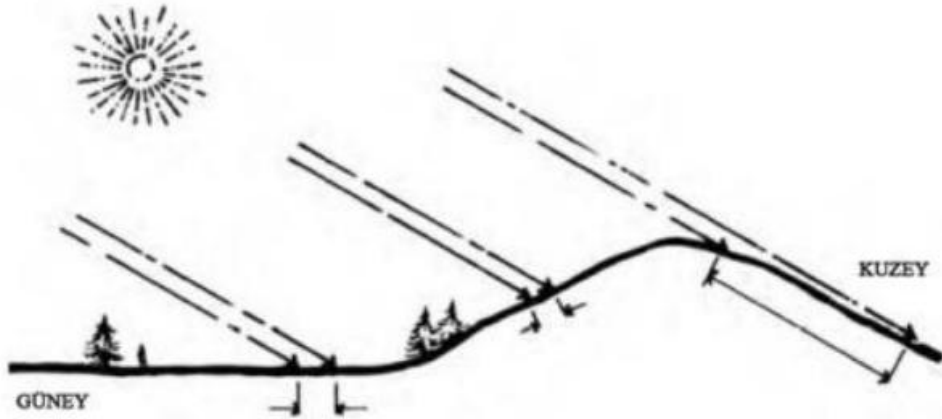
lokasyon özellikleri yerleşim dokusunda iklimsel bileşenlerin etkilerinde değişiklikler meydana getirmektedir. Rüzgâr, gölge boyu, sıcaklık, nem oranı, hava hareketi, güneşlenme süresi, güneşlenme şiddeti, güneş ışınlı kayıp ve kazançları da değişen lokasyon özelliklerine dayalı olarak azalış ya da artış göstermektedir. Örneğin; bir arazi parçasında yükseklerle gidildikçe nem oranı azalmakta, rüzgâr hızı ise artmaktadır. Arazinin en tepe noktası en yüksek rüzgâr hızına sahip olduğundan bu nokta sıcak-nemli iklim bölgeleri için uygun olmaktadır. Kuzeye bakan yamaçlar ise güneşlenme süresi ve şiddetinin az olması sebebiyle daha soğuk olmakla birlikte sıcak-kuru iklim bölgeleri için yerleşim alanları olarak kullanılabilir. Güneye bakan yamaçlarda da güneş ışınlı açılarının daha dik olması ve buna bağlı olarak gölge boyunun kısa olması nedeniyle soğuk iklim bölgelerinde yerleşim alanları kurulması için uygun alanlar olmaktadır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Teorik bir arazi parçası kesitinde farklı iklim tipleri için araziye yerleşme biçimleri
Kaynak: (Zeren vd, 1987).

Yön faktörünün yanı sıra diğer önemli bir faktör de arazi parçasının eğim derecesidir. Aynı lokasyonda bulunan aynı yöndeki yerleşim alanlarında optimum derecede eğime sahip bir arazi parçası düz bir arazi parçasına oranla güneş ışınlımdan daha fazla yararlanabilmektedir. Yerleşim için optimum arazi eğim oranı 0° ile 24° arası kabul edilmektedir. Eğim açısı 24° den büyük olduğunda binanın konumlandırılması zor olmaktadır. Eğim oranının 0° - 6° arasında olması durumunda da arazi parçası düz bir arazi olarak kabul edilmektedir (Oral, 2010: 10). Bununla birlikte; eğim açısının fazla olması binaların güneş ışınlı almasına engel olabilmekte ve gölge boyunun

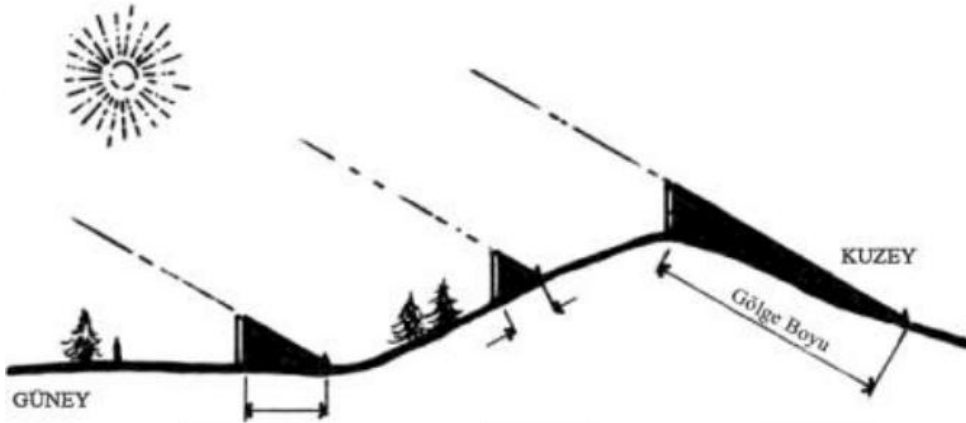
kısalmasına neden olabilmektedir. Eğim derecesi arttıkça binalar arasındaki aralıkların gölge boyu da göz önüne alınarak belirlenmesi gerekmektedir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Teorik bir yamaç üzerinde güneş ışınımının etkisi

Kaynak: (Lencher, 2015: 328).

Kuzeye bakan yamaçlardaki güneşlenme şiddeti, güneye bakan yamaçlara göre daha az olmaktadır. Bu nedenle, kuzey yamaçlarda oluşan gölge boyu, güneş ışınımının geliş açısına dayalı olarak güney yamaçlarına oranla daha uzun olmaktadır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Teorik bir yamaçta gölge boyu gösterimi

Kaynak: (Lencher, 2015: 328).

Bununla beraber, yerleşim dokularında yapı konumlandırılırken güneş ışınımı ile birlikte rüzgâr da etkin bir rol oynamaktadır. Örneğin; rüzgâr, yapının konumu belirlenirken doğru kullanıldığında sıcak-nemli iklim bölgelerinde serinletici etkisinin olması sebebiyle ısıtmanın istenmediği durumlarda soğutma için tüketilen enerji miktarını düşürmektedir. Yapının hâkim hava akımı doğrultusuna dik olarak yerleştirilmesi neticesinde, yapının diğer cephe yüzeylerinde negatif yönde basınç oluşmakta ve hava akım hızı artarken, 45° lik eğik bir açı ile konumlandırılması neticesinde yapının iki cephe yüzeyi pozitif yönde basınç etkisi altında kalırken diğer

iki cephesi negatif yönde basınç etkisi altında kalmakta ve hava akım hızı azalmaktadır (Çizelge 3.4).

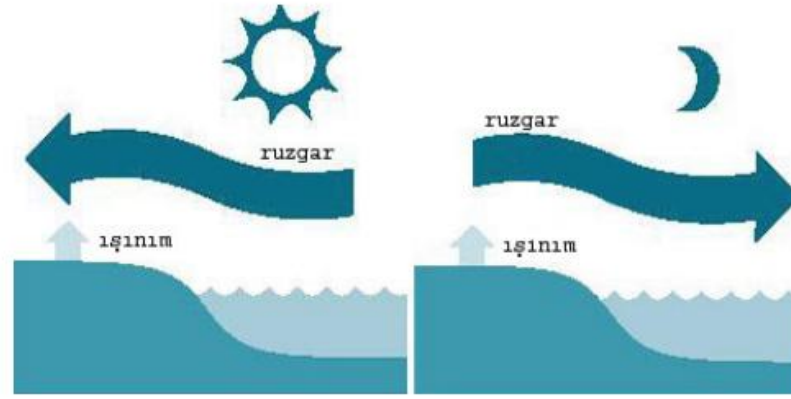
Çizelge 3.4. Farklı iklim bölgelerine yönelik yapı konumları

İklim Bölgesi	Rüzgâra Göre Bina Konumları	Eğim Derecesi
Sıcak Nemli	Güneye bakan yamaçların serin rüzgâr alan yüksek kısımları (tepeler) veya kuzey yön tercih edilmelidir.	Düzlük (0-6° arası)
Sıcak Kuru	Doğu veya güneydoğuya bakan yamaçların serin rüzgâr alan vadi tabanları (çukurlar) tercih edilmelidir.	Düzlük (0-6° arası)
Ilımlı Kuru	Güney ve güneydoğuya bakan yamaçların rüzgârdan korunan alt kısımları tercih edilmelidir.	Eğimli (en fazla 24°)
Ilımlı Nemli	Güneydoğuya bakan yamaçların serin rüzgâr alabilecek üst kısımları tercih edilmelidir.	Eğimli (en fazla 24°)
Soğuk	Güney ve güneydoğuya bakan yamaçların rüzgârdan korunmuş vadi tabanına yakın kısımları tercih edilmelidir.	Eğimli (en fazla 24°)

Kaynak: (Zeren, 1987; Akt. Ovalı, 2009:88).

Yerleşim dokularında bir diğer önemli alt sınıf ise zemin türü ve bitki örtüsü faktörüdür. Yerleşim dokusunu kaplayan bitki örtüsü de hem toprak katmanının hem de araziye konumlandırılan binaların ulaşabildiği güneş ışıını oranlarında belirleyici bir faktör olarak kabul edilmektedir. Bu durum aynı zamanda, sıcaklık değerlerinde değişiklikler meydana getirerek rüzgâr hızı değerlerinde farklılıklar yaratabilmektedir.

Ayrıca, topoğrafyanın değişime uğraması sonucu oluşan göl, deniz, nehir, dere gibi su birikintileri de vadilerin ve yamaçların düzlük ve tepelerinde iklim elemanlarının mikro ve makro seviyedeki etkisi farklılık göstermektedir (Orhon, 1985). Bunun yanı sıra, göllerin, denizlerin, nehirlerin ve derelerin nemlilik üzerinde de etkisi bulunmaktadır. Buharlaşma olayının bir parçası olarak, hassas ısı havadan elde edilmekte, bu nedenle su yüzeylerine yakın noktalardaki hava sıcaklığı daha düşük olmaktadır (Goulding vd., 1992) (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Karadan göle hava hareketinin gündüz/gece değişimi

Kaynak: (URL-10).

Tüm bu teorik olarak gösterilen arazi parçalarının ve faktörlerle birlikte, mevcutta bulunan topografik kriterler de yerleşim kararları alınırken önem arz etmektedir. Arazinin fiziksel nitelikleri dikkate alınarak araziye konumlandırılacak binaların, iklimsel verilere göre en uygun rüzgâr ve güneş ışıını alma durumuna, uygun olarak yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu hususta çevredeki yapay çevreye yönelik veriler de büyük önem taşımaktadır. Ayrıca bu sayede, yerüstü ve yeraltı kaynaklarından yararlanma yoluyla da konfor ihtiyaçları için tüketilen enerji miktarı da azaltılabilmektedir.

3.3.1.2. Yapıların birbirine göre konumu, yapı aralıkları, yapıların yönelimi

Yapılar, aralarında yer alan aralıklar ve açık mekanlar yerleşim dokusunu oluşturmakta ve o yerleşim dokusunun karakteristiğini tanımlamaktadır. Yerleşim dokularında yapılar, aralarındaki mesafelere, birbirine göre konumlarına ve yüksekliklerine bağlı olarak yapıların rüzgâr ve güneş ışıını korunum seviyelerini belirlemektedir. Yapılar arasındaki uzaklıkların, birbirlerinin rüzgâr hızını ve güneş ışıını negatif yönde etkilemeyecek şekilde belirlenmesi ile yapıdaki enerji tüketim miktarının azalması arasında direkt bir ilişki bulunmaktadır.

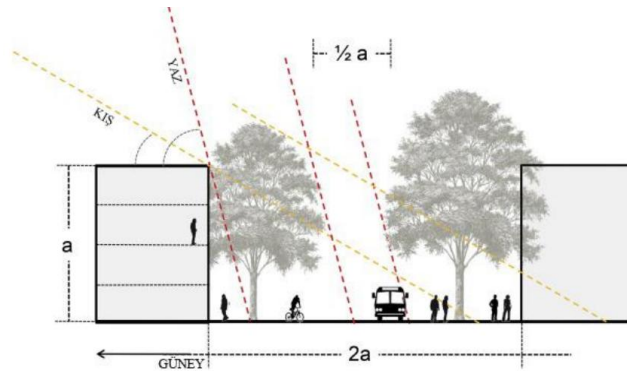
İklimlendirme ve ısıtma enerjisinin korunumu bakımından yapıların birbirlerinin faydalı rüzgâr etkilerini ve güneş ışıını kazançlarını engellemeyecek ve gerekli rüzgâr ve güneş ışıını alma seviyeleri belirlenerek yapı aralıkları istenen şartları sağlayacak biçimde konumlandırılması gerekmektedir. Başka bir ifadeyle, yerleşme dokularında rüzgâr hızı ve güneş ışıınından en üst düzeyde yararlanılması yapıların birbirine

konumlarının, yapı aralıklarının ve yapıların yöneliminin optimize edilmesi ile sağlanabilmektedir.

Yapı aralıklarının tespit edilmesi güneş ışınımı bakımından değerlendirilecek olursa; tasarımın bağlı olduğu şartlar doğrultusunda güneş ışınımından kaçınmak veya faydalanmak isteğine dayalı olarak yapı aralıkları tespit edilmektedir. Güneşten kaçınmanın istendiği durumlarda öncelikle çevre yapıların oluşturacağı gölgeli bölgeler hesaplanarak yapıların birbirine gölge sağlayacak ve yapı aralıklarının çevre yapıların meydana getirdiği gölgeli alan derinliklerinden az olacak biçimde yerleştirilmesi gerekmektedir. Güneşten en üst düzeyde faydalanmak istenilen ve kış şartlarının tasarımda etkin olduğu durumlarda ise bir yapının gün içindeki tüm güneşli saatler süresince yapı cephelerinin güneş ışınlarına direkt (doğrudan) maruz kalması gerekmektedir. Yerleşim dokularında güneş ışınları engel yapılara (diğer çevre yapılar) çarptığında meydana getirdiği gölgeli alanlar gün içerisinde değişeceğinden dolayı bu durumlarda; yapı aralıklarının, çevre yapıların meydana getirdiği maksimum uzunluktaki gölgeli alan derinliğine eşit veya bu derinlikten büyük olacak biçimde düzenlenmesi gerekmektedir (Berköz, 1995: 20).

Yapı aralıkları belirlenirken öncelikle aşağıdaki adımlar takip edilmektedir;

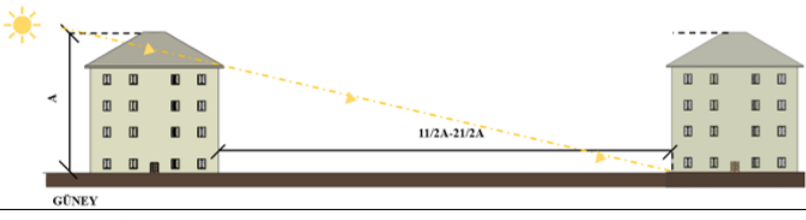
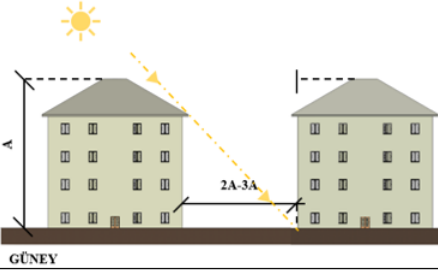
- Isıtmanın istendiği dönemin karakteristik günü tespit edilir.
- Bölgenin paraleline, yapıların yönlendirilme durumuna ya da yapı cephelerinin baktıkları yönler dayalı olarak belirlenen karakteristik güneşli saatler için geçerli olan profil açıları tüm cepheler için tespit edilir.
- Yapının önünde yer alan gölgeli alanın derinliği arazinin eğimli veya yatay olması haline göre hesaplanır (Şekil 3.22 ve Çizelge 3.5).



Şekil 3.22. Bina aralıkları - güneş ışınımı ilişkisinde gölgeli alan derinliği hesabı

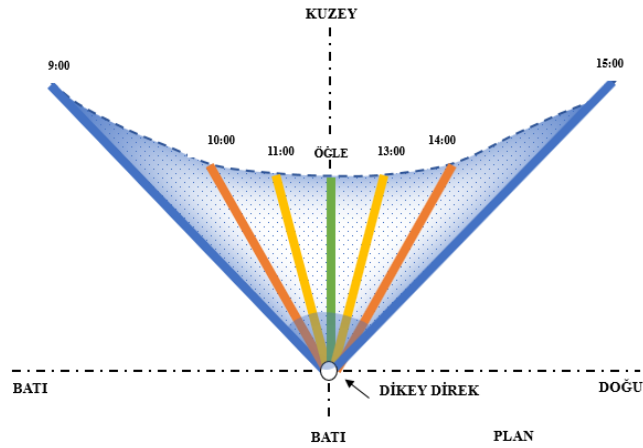
Kaynak: (Lamarca, 2018).

Çizelge 3.5. Farklı iklim bölgelerinde güneşe göre yapı aralıkları için seçilebilecek optimum değerler

İklim Bölgesi	Güneşe Göre (N-S Doğrultusunda) Yapı Aralıkları
Sıcak Nemli/Sıcak Kuru/ Soğuk (11/2A-21/2A)	
Ilımlı Kuru/Ilımlı Nemli (2A-3A)	

Kaynak: (Orhon, 1985).

Güneş ışınımının %80'lik kısmı, gün içerisinde 9:00 - 15:00 saatleri arasında yapıya düşmektedir (Lencher, 2015:331). Bir yapıya düşen güneş ışınımının düşme açısına bağlı olarak oluşturduğu en kısa gölge boyu 12:00 (öğle) saatinde, en uzun gölge boyu ise 9:00 ve 15:00 saatlerinde oluşmaktadır. Bu durumda genellikle en düşük yapı aralığı değerlerinin, çevre yapıların meydana getirdiği en uzun gölge boyundan daha büyük ya da eşit olması gerekmektedir (Orhon vd., 1988; Ovalı, 2009:95) (Şekil 3.23).

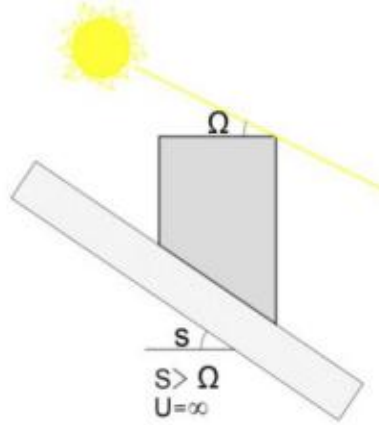


Şekil 3.23. Gün içerisindeki saatlere göre gölge boyu uzunluğu

Kaynak: (Lencher, 2015:331).

Yapı aralıkları hesaplanırken etkili olan yapı yüksekliğinin (a) yanı sıra yapının konumlandırılacağı araziye ait eğim ve eğim yönü verileri de gölge boyu uzunluğu üzerinde etkili olmaktadır. Arazi eğim yönünün güneş ışığı almayan yüzeye bakması durumunda gölge boyu uzunluğu artmakta ve bu uzunluk sonsuz bir mesafeye kadar uzayabilmektedir. Bu nedenle, doğru gölgeli alanlar meydana getirmek ve yapıda ısıtma

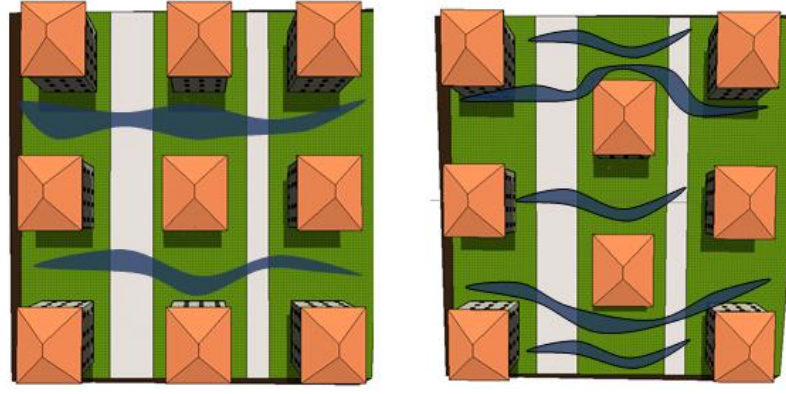
istenilen durumda maksimum güneş ışıınımı oranını yakalamak, yapı aralıkları hesabının yapılmasında güneşlenme oranı ve rüzgâr faktörleri bakımından önem arz etmektedir (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Gölge boyu uzunluğunun sonsuz olma durumu

Kaynak: (Berköz, 1995:294).

Bununla birlikte, yapı aralıklarının tespit edilmesi rüzgâr bakımından değerlendirilecek olursa; bölgenin iklimsel karakteristiğine ve tasarımın bağlı olduğu koşullar altında yapı cephelerinin hâkim rüzgârdan faydalanması veya korunmasının istendiği durumda yapı aralıklarının tespit edilmesi güneş ışıınımına göre farklı biçimde olmaktadır. Bu durumda, rüzgâr hızına dayalı bir şekilde yapı yüzeyinden elde edilecek ısı kazancı oranı ters orantılı olarak etkilenmektedir. Rüzgârın bu özelliğinden korunmak ya da faydalanmak için yerleştirilen engelin arka kısmında meydana gelen iz bölgesindeki hız dağılımı oranı belirlenerek, bu oranlar doğrultusunda hâkim rüzgâr yönü ve hızı doğrultusundaki yapı aralıklarının tespit edilmesi gerekmektedir. Yapılar arasında bulunan mesafe azaldıkça yapı yüzeyine etki eden hava akımı hızı etkisi de mesafeye bağlı olarak azalmaktadır. Bu nedenle, rüzgârın yapı aralıkları üzerinde yarattığı etki yapılara alınmak istenen rüzgâr yönlerine göre konumlandırılarak sağlanmaktadır. Yapının yapılacağı bölgenin hâkim rüzgâr yönü doğrultusuna dik meydana getirilen sokaklar (boşluklar) ile rüzgârın yerleşme alanının iç bölgelerine kadar iletilmesi sağlanırken, şaşırtmalı bir şekilde oluşturulan sokak dokusu (boşluklar) ile rüzgârın iç bölgelere kadar girmesi engellenmektedir (Şekil 3.25 ve Çizelge 3.6).



Şekil 3.25. Yapıların arazideki konumuna bağlı olarak hava akımı hareketleri

Çizelge 3.6. Farklı iklim bölgelerinde rüzgâra göre yapı aralıkları için seçilebilecek optimum değerler

İklim Bölgesi	Rüzgâra Göre (Hâkim Rüzgâr Doğrultusunda) Yapı Aralıkları
Sıcak Nemli ($5A-7A < DX$)	
Sıcak Kuru ($2A-11/2A$)	
Ilımlı Kuru/Ilımlı Nemli/Soğuk ($A-5A$)	

Kaynak: (Orhon, 1985).

3.3.2. Bina ölçeğinde parametreler

Yerleşim dokularında enerji korunumu konusu bütüncül bir şekilde ele alındığında enerji tüketimlerinin azaltılmasında bir alt ölçeği oluşturan yapılar ve yapı kabuğuna ilişkin optik ve termofiziksel özelliklerin de iklim elemanları ile olan ilişkisi ve performansı enerji tüketimlerinde belirleyici olmaktadır.

Yapılar, konumlandırıldığı bölgenin iklim koşullarına uygun olarak tasarlandığı ya da uygun hale getirildiği takdirde, fiziksel çevreden gelen doğal ışık, ısı, ses ve enerjinin iç mekandaki konfor ihtiyaçları doğrultusunda alınıp kullanılabilmesine olanak tanıyacak akıllı ve dinamik bir filtre işlevi göstermektedir. Böylece, konfor şartlarının doğal yollarla uygun hale getirilmesi, kullanım sürecinde ek enerji ihtiyacını azaltarak yapıda enerji harcamasının azalmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, yapının konumlandırılacağı bölgenin iklim özelliklerine uyumlu bir şekilde tasarlanması ve

şekillenmesi gerekmektedir. Çünkü, kullanıcıların konfor şartları ve binaların enerji ihtiyaçları bina yakın çevresinde ve içinde etkin olan mikroklimatik özelliklere göre oluşmaktadır (Tıkansak, 2013:192; Değirmenci, 2021:33).

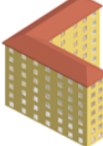
Mimari tasarım evresinden başlamak üzere çevreye duyarlılık doğrultusunda alınan tüm kararlar, birçok ekonomik ve çevresel faydaları da birlikte getirmektedir (Atmaca, 2020). Yapının aydınlatma, havalandırma, soğutma ve ısıtma yüklerinin tespit edilmesinde tasarım evresinde alınan kararlar oldukça etkili olmaktadır. Alınan bu kararlar, yapıdaki kaynak tüketiminin %80 oranına kadar düşmesini sağlayabilmektedir (Lencher, 2015:9). Tüm bu bilgiler ışığında enerji tüketimlerinin azalmasında etkili olan bina ölçeğindeki parametreler; yapı formu, yapının yönlendiriliş durumu ve yapı kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri olarak üç grupta ele alınmaktadır.

3.3.2.1. Yapı formu

Yapı formu, yapı yüksekliği, çatı tipi (kıрма, beşik, düz), çatı ve cephe eğimi ve biçim faktörü olarak adlandırılan yapı yüksekliğinin derinliğine oranı (H/W) gibi yapılardaki geometrik bileşenlerle tanımlanabilmektedir (Berköz, 1995). Bu geometrik bileşenler yapının, rüzgâr ve güneş gibi fiziksel çevreye ilişkin iklim elemanları ile bağlantılı olduğu toplam dış cephe yüzey alanlarını kapsadığı için enerji tüketim miktarlarında oldukça önemli bir etki göstermektedir. Yapı kabuğu dış cephe yüzey alanının, yapı hacmine oranı (A/V) yapılarda ısı kayıp ve kazanç miktarlarını etkilediği için doğrudan enerji kazanç ve kayıp miktarları üzerinde de etkin bir rol oynamaktadır.

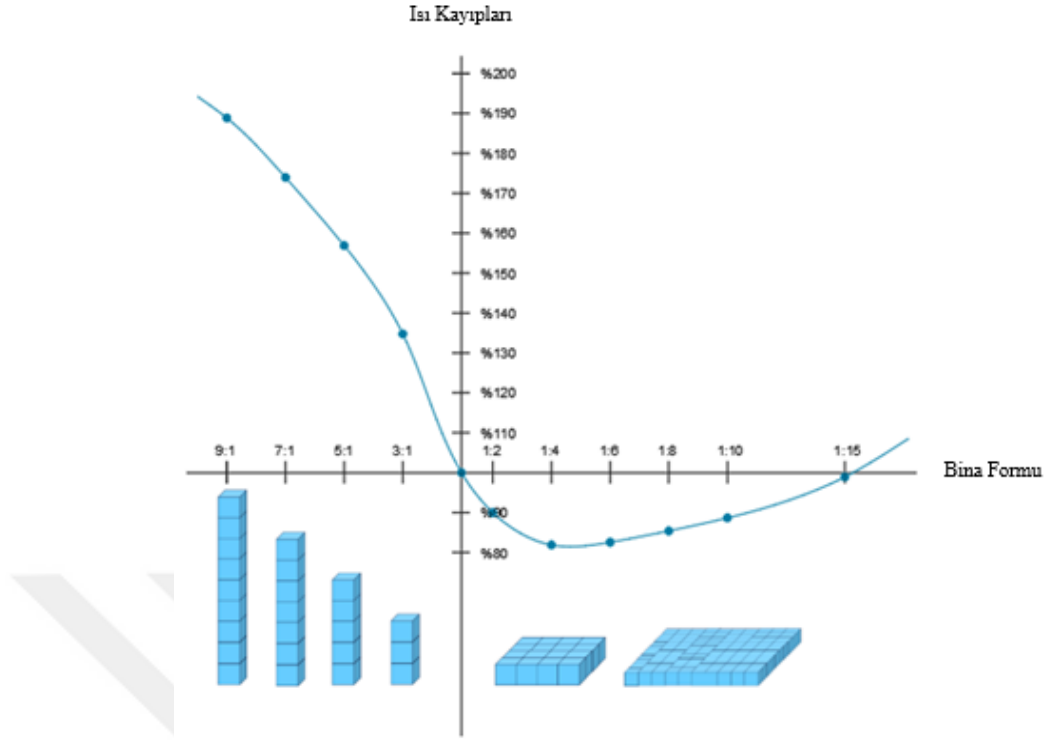
Bina hacimlerinde bulunan kompaktlık oranı enerji verimliliği bakımından en önemli parametreler arasında yer almaktadır. Yapı formu, plan şekli, zonlama, yönelme, kompaktlık gibi birçok parametreye bağlı olmasının yanı sıra form konusu ele alındığında yapının kütsel şekli ve saydamlık oranları da değerlendirilmektedir (Özler, 2003). Bu nedenle, çeşitli ihtiyaçlara gereksinim duyulan çeşitli iklim bölgelerinde yapı formunun içinde bulunduğu iklimle uyumlu olması önem arz etmektedir. Örneğin; yapı formu tasarlanırken ısıtmanın istendiği durumda ısı kazancını artırmak gerekirken, ısıtmanın istenmediği durumda ise azaltmak gerekmektedir. Bununla birlikte, güneş ışıınımı faktörünün yanı sıra rüzgâr faktörünün de ısı kaybı üzerinde yaratacağı etkinin tasarım parametresine yansıtılması gerekmektedir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. Çeşitli iklim bölgeleri için optimum yapı formları

İklim Bölgesi	SICAK-NEMLİ Pilot Şehir: İzmir-Antalya	SICAK-KURU Pilot Şehir: Diyarbakır	ILIMLI-NEMLİ Pilot Şehir: İstanbul	ILIMLI-KURU Pilot Şehir: Ankara	SOĞUK Pilot Şehir: Erzurum
Optimum Bina Formları	 • Tek ve zeminden yükseltilmiş, • Hacimler arasında boşluklar oluşturulmuş, serbest düzende uzun ve yüksek form • Boyut: 1:1,7 veya 1:1,3 oran	 • Avlulu, kompakt form • Yatayda yayılmış, •Az katlı. • Boyut: 1:1,3 veya 1:1,6 oran	 • Serbest form • Sıcak dönemde rüzgâra açık cepheler • Boyut: 1:1,6 veya 1:2,4 oran	 • Kompakt, kareye yakın form • Soğuk dönemde rüzgâra kapalı cepheler • Boyut: 1:1,1 veya 1:1,3 oran	 • Kompakt planlı form, • Minimum yüzey alanlı cepheler • Boyut: 1:1,1 veya 1:1,3 oran

Çizelge 3.7’den anlaşılabacağı üzere, sıcak ve ılımlı-nemli iklim bölgelerinde rüzgarın nemi dağıtma özelliğinden yararlanmak amacıyla hakim rüzgar yönü doğrultusunda geniş cepheli, zeminden yükseltilmiş, hacimler arasında boşluklar oluşturulmuş uzun, yüksek ve rüzgara açık cepheleri olan dikdörtgen formların; sıcak-kuru iklim bölgelerinde güneş ışınlamından etkilenecek cephe yüzey alanlarını minimize edecek avlulu, yatayda yayılmış, az katlı ve kareye yakın kompakt formların; ılımlı-kuru iklim bölgelerinde soğuk dönemde rüzgarın olumsuz etkisinden korunmak amacıyla oluşturulan rüzgara kapalı cepheleri olan kareye yakın kompakt formların; soğuk iklim bölgelerinde ise ısı alışverişini minimum düzeye indirmek amacıyla oluşturulan minimum yüzey alanına sahip az katlı kareye yakın kompakt formların tercih edilmesi gerekmektedir.

Bununla birlikte, yerleşim dokularında yapıların bir araya geliş biçimlerinin farklı olması da ısı kazanç ve kayıp oranlarını etkilemektedir. Örneğin; ayrık tek bir kütle olarak tasarlanmış bir hacimde ısı kaybı %100 olarak kabul edilirse, aynı hacim tek kitlenin ortasında iken ısı kaybı %48, bitişik kitlenin ortasında iken ısı kaybı %22 olmaktadır. Aynı şekilde, kare forma ve aynı hacim miktarına ancak farklı kitle oranlarına sahip yapılar incelendiğinde yapıların yükseklikleri ve yüzey-hacim oranları arttıkça ısı kayıplarının da arttığı görülmektedir. Buna bağlı olarak soğutma yükleri de azalmaktadır (Şekil 3.26).



Şekil 3.26. Yapı formu ile ısı kayıpları arasındaki ilişki

Kaynak: (Dörter, 1994).

Grafiğe göre ise ideale yakın yapı formunun, yükseklik ile derinlik arasındaki orana bakıldığında ısı kaybının %80-90 arasında olan 1:4 oranında olduğu görülmektedir.

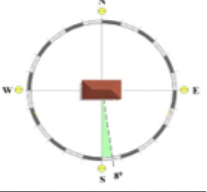
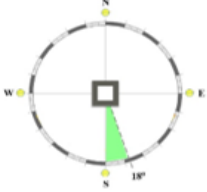
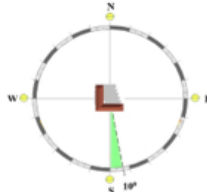
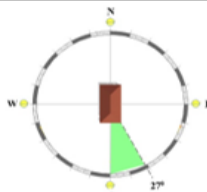
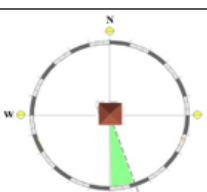
3.3.2.2. Yapı yönlendiriliş durumu

Yerkabuğunun değişik bölgeleri, güneş ışımasını mevsimlere ve saatlere göre değişik yönlerde ve değişik şiddetlerde almaktadır. Yapının yönlendiriliş durumu güneş ışımasından yararlanma potansiyeli ile birlikte ısı kazanç ve kayıp miktarlarını da değiştirmektedir. Bu sebeple, yapı yönlendirilmesinde yönün güney ile olan açısının bölgenin gün ışığı durumu doğrultusunda hesaplanması gerekmektedir. Bu durumda, yapının yönü belirlenirken güneş ışıması ve rüzgâr olmak üzere iki ana unsur dikkate alınmaktadır. Bu iki unsurun dikkate alınmasında ana hedef; yapılan tasarımın bağlı olduğu şartlara (rüzgârdan ve güneşten faydalanma/kaçınma) dayalı olarak enerji ekonomisi bakımından optimum değer tespit edilerek iklimsel koşulların getirmiş olduğu negatif etkilerin minimize edilmesini sağlamaktır. Bu amaç ise güneş ışımasını kazancının kışın maksimum, yazın minimum seviyede olması ve doğal havalandırmanın sağlanabilmesi için hâkim rüzgârın etkisinden faydalanılması ile sağlanabilmektedir.

Yerkabuğunun güneş ışınlamını mevsimlere göre değişik noktalardan, değişik yönlerden, değişik saatlerde ve değişik şiddette alması yapının yönlendiriliş durumuna göre değişik aydınlatma imkânı ve ısı kazancı sağlamaktadır. Bununla birlikte, konfor için ihtiyaç duyulan hava hareketleri ile hâkim rüzgâr yönü ve şiddeti de ısı kayıp ve kazancını etkilemektedir. Bu nedenle yapının optimum yönlendiriliş durumunda bu iki ana unsurun bir bütün olarak ele alınması yerleşim dokularında enerji tüketimleri bakımından önem arz etmektedir (Evans, 1980; İnce ve Erdem, 2020).

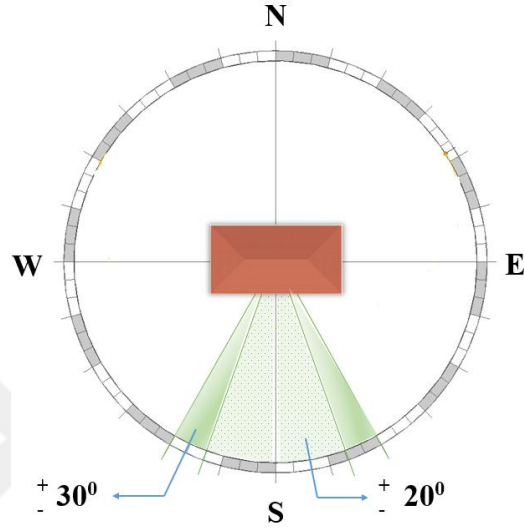
Ana cepheler güney-kuzey yönleri doğrultusunda konumlandırılarak kış dönemlerinde eğik açılarla cepheye gelen güneş ışınları ısı kazanç miktarını artırırken, yaz dönemlerinde güneş ışınlamı daha kolay bir şekilde kontrol edilebilmektedir (Rosenlund, 2000) (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. Türkiye farklı iklim bölgelerine göre optimum yönlendirilme açıları

İklim Bölgesi	Optimum Yapı Yönlendirilişi (S-E)	Doğrultusu	İyi Yönler (W S E)	Rüzgârdan Korunma
SICAK-NEMLİ Pilot Şehir: İzmir-Antalya		Geniş yüzey, güneyden 8° güneydoğu veya kuzey yön	Doğu-batı aksı	10° 19° Rüzgâra açık ve zeminden yükseltilmiş
SICAK-KURU Pilot Şehir: Diyarbakır		Geniş yüzey, güneyden 18° güneydoğu	Güneybatı kuzeydoğu aksı	0° 40° Açıklıklar avlu yönünde, avlu kuzey yönde
ILIMLI-NEMLİ Pilot Şehir: İstanbul		Geniş yüzey, güneyden 10° güneydoğu	Doğu-batı aksı	13° 35° Rüzgâra geniş yüzey veren
ILIMLI-KURU Pilot Şehir: Ankara		Geniş yüzey, güneyden 27° güneydoğu	Doğu-batı aksı	10° 56° Rüzgâra geniş açıklık vermeyen
SOĞUK Pilot Şehir: Erzurum		Geniş yüzey, güneyden 22° güneydoğu	Doğu-batı aksı	20° 45° Rüzgâra kapalı, Kuzeydoğu güneybatı aksında

Kaynak: (Zeren vd., 1987).

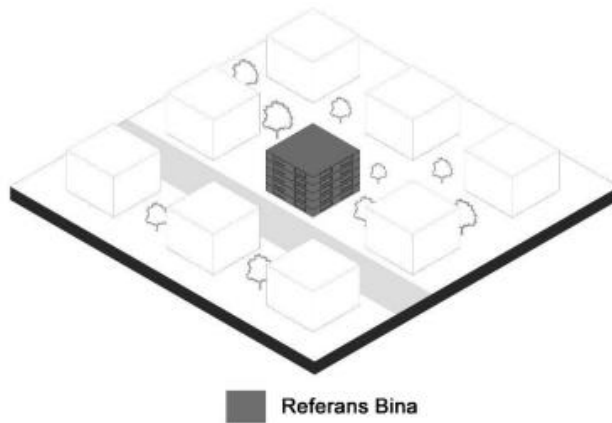
Genellikle; orta kuşakta yer olan iklim bölgelerinde, pasif sistemler yapıya uygulanırken yapının güneye yönlendirilmesi gerekmektedir. Güney yönünden her iki yöne doğru yapılan 20^0 'lik sapma açısı bu sistemlerin yapıya uygulanması bakımından uygun kabul edilmektedir (Yüceer, 2015:122). Bununla birlikte, ideal güney yönünden her iki yöne 30^0 'ye kadar yapılan sapma açısı ise, ısı performans açısından kabul edilebilen değerler içinde yer almaktadır (Givoni, 1998) (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. Yapının optimum yönlendirilme açıları

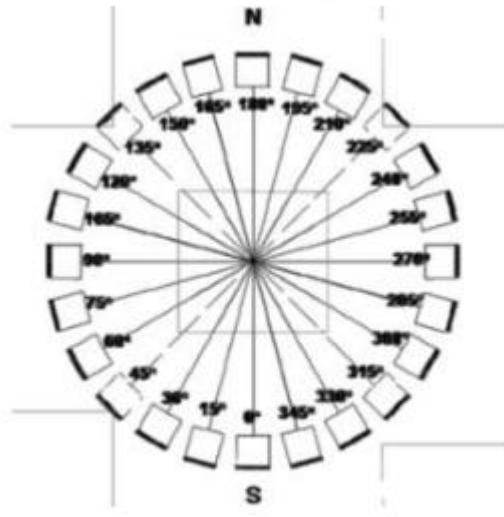
Kaynak: (Değirmenci, 2021:38).

Örneğin; referans alınan bir yapının alternatif her bir yön için yerleşim dokusunda bulunan diğer yapıların etkisi de dikkate alınarak enerji simülasyonları yapılmış ve sonuçta ortaya çıkan enerji tüketim miktarları karşılaştırılmıştır (Şekil 3.28 ve Şekil 3.29).



Şekil 3.28. Referans bir yapının yerleşme dokusundaki konumu

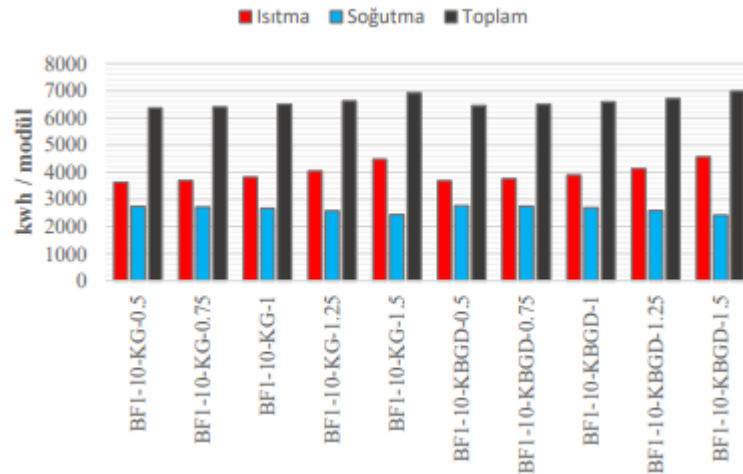
Kaynak: (Aydın, 2019: 51).



Şekil 3.29. Referans yapının yönlendiriliş alternatifleri

Kaynak: (Değirmenci, 2021: 38).

Yönelme derecesinin 0^0 , 45^0 ve 90^0 olduğu durumda referans yapı en iyi performansı göstermektedir (Şekil 3.30).



Şekil 3.30. 10 katlı referans bir yapı için yerleşme dokusu alternatiflerinde ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim miktarları

Kaynak: (Aydın, 2019: 56).

Bununla birlikte, bir yapının doğadaki kaynakları daha fazla harcaması, enerji tüketmesi ve yapıdaki ısı kaybı miktarı hâkim rüzgâr yönüne yönelim ile direkt ilişkili olmaktadır. Bu aşamada yapılacak doğru yönlendirme, istenmeyen ısı kayıplarını optimum bir düzeyde tutmaktadır. Yapının geniş yüzeyli cephesinin kuzey yönünden gelen rüzgâra yönelmesi ile oluşan ısı kaybı miktarı, dar yüzeyli cephesinin kaybetmiş olduğu ısı kaybı miktarından daha fazla olmaktadır. Örneğin, bir yapının hâkim rüzgâr yönü doğrultusuna göre değişik yönlerde yerleştirilmesi neticesinde **Çizelge 3.9'**da

D'nin A'ya göre %25, C'nin A'ya göre %60 ve B'nin A'ya göre %50 daha az miktarda ısı kaybı oluşturduğu görülmektedir (Değirmenci, 2021:39).

Çizelge 3.9. Yapıların hâkim rüzgâr yönü doğrultusuna göre yönlendirilmesinde ısı kazanç ve kayıpları

Yapılar	A	B	C	D
Hâkim Rüzgâr Yönüne Göre Yapıların Konumlandırılması				
Isı Kayıp Oranları	%100	%50	%60	%25

Kaynak: (Değirmenci, 2021:39).

Yukarıdaki çizelgeden de görüldüğü üzere rüzgâr, yapının cephe yüzeyine dik bir açı yerine belirgin bir açı ile eğik bir konumda geldiğinde rüzgâra karşı gelen iki cephe yüzeyi pozitif basınç altında kalırken, rüzgâra karşı gelmeyen cephe yüzeylerinde negatif basınç (emme) etkisi görülmektedir. Bununla birlikte, hava akımı yapıya 45⁰'lik bir açı yaparak geldiği zaman, dik açıyla geldiği durumla karşılaştırıldığında yapıya daha az basınç uygularken, daha geniş alana sahip bir rüzgâr bölgesi oluşturduğu görülmektedir.

Ayrıca, yönlendiriliş kararlarının güneş ışıınımı ve hâkim hava akımı yönünden faydalanma bakımından çakıştığı hallerde, o bölgenin dış çevre şartlarına göre uygun yönlendiriliş kararlarının verilmesi gerekmektedir. Diğer parametrenin negatif etkilerini azaltmak için ise rüzgârdan faydalanırken, güneş ışıınımına karşı tedbir almak için güneş kontrol elemanlarını kullanmak gibi mimari kontrol öğelerine başvurulması gerekmektedir.

3.3.2.3. Yapı kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri

Yapı kabuğu, bir mekânın dış çevre ile olan ilişkisini kesen ve onu örten bütün yapı bileşenlerini kapsayıp, iklimsel konfor ve enerjinin sağlanması konusunda mimarın kontrolü altında olan önemli parametreler arasında yer almaktadır.

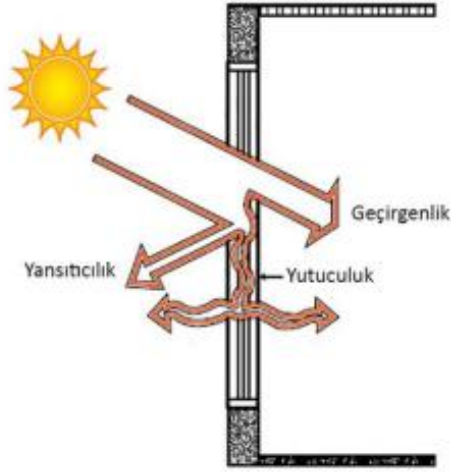
Yapı kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri ise, yapı kabuğunun birim alanından alınan güneş ışıınımı ve dış hava sıcaklığının etkileri ile ısı kayıp ve kazanç miktarını tespit eden bir parametre olarak tanımlanabilmektedir (Berköz vd., 1995). Isı kazanç ve kayıp miktarları yapılarda soğutma ve ısıtma yüklerinin belirlenmesinde etkin rol oynamaktadır. Yapılarda iç ortam konfor şartlarının sağlanmasında etkili olan

soğutma ve ısıtma sistemlerinin tükettikleri enerji miktarı, yapı kabuğunda meydana gelen ısı kayıp ve kazançlarına bağlı olmaktadır. Yapı bileşeninin etkisi altında kaldığı güneş ışıınımı, o bileşenin optik karakteristiğine dayalı olarak ısı kazancına dönüşmektedir. Bu sebeple, optik ve termofiziksel özelliklerin en uygun değerlere getirilmesiyle oluşturulan yapı kabuğu tasarımları yapı ve yerleşme ölçeğinde enerji tüketimlerinin azaltılmasında önem arz etmektedir.

Bununla birlikte; yapı kabuğu, ısı geçişi ve fiziksel özelliklerine karşı davranışları değişik olan opak (dolu) ve saydam (geçirgen) elemanlardan oluşmaktadır. Cephe yüzeylerinin boyutları, şekilleri, oranı ve ısı geçirgenliği gibi bileşenler iç mekân konforunu direkt olarak etkilemektedir. Opak (dolu) ve saydam (geçirgen) elemanların kullanıcı konforunu ve yapının termal performansını etkileyen optik özellikleri;

- Saydam elemanların güneş ışıınımına karşı yansıtıcılık, yutuculuk ve geçirgenlik katsayıları (r , a ve τ)
- Termofiziksel özellikleri ise;
- Opak elemanın genlik küçültme faktörü (ϕ)
- Opak elemanın zaman geciktirmesi (Φ , h)
- Opak elemanların yansıtıcılık ve yutuculuk katsayıları (r ve a)
- Opak ve saydam elemanların toplam ısı geçirme katsayısı (U , W/m^2K) olarak verilebilmektedir (Yılmaz vd., 2006).

Yapı kabuğunun optik özellikleri; yapı kabuğuna elemanları tarafından geçirilen, yutulan ve yansıtılan güneş ışıınımı miktarının, elemanın dış yüzey cephesine gelen toplam güneş ışıınımı miktarına oranı şeklinde ifade edilebilmektedir (Berköz vd., 1995). Dış cephe yüzeyine gelen toplam güneş ışıınımı miktarı, elemanların optik özelliklerine dayalı olarak saydam (geçirgen) elemanlar için yaygın ve doğrudan gelen güneş ışıınımına göre değerler kazanırken, opak (dolu) yüzeylerde renk tonuna dayalı olarak ısı kazanımına dönüşmektedir. Bununla birlikte, saydam elemanlarda söz konusu katsayıların elemanın fiziksel özelliklerine dayalı olmasının yanı sıra direkt ışıınımı alması için ışıınımın geldiği açıya da dayalı olmaktadır. Yaygın ışıınım gerçekleşmesi için ise ışıınımın geldiği açı önem arz etmediğinden, bu açının 60^0 olduğu haldeki katsayılar geçerli değerler olarak kabul edilmektedir (Yılmaz vd., 2006) (Şekil 3.31).



Şekil 3.31. Saydam elemanlardan güneş ışınımı geçişi

Kaynak: (Aydın, 2019: 20).

Yapı kabuğunun termofiziksel özellikleri arasında yer alan **genlik küçültme ve zaman geciktirmesi faktörü**; kabuğun opak (dolu) elemanının tabakalarını meydana getiren malzemelerin ısı depolama sığalarına dayalı olan ve elemanın yalıtım sığasını tespit eden iki özellik olarak ifade edilebilmektedir. Genlik küçültme faktörü, elemanın iç cephe yüzeyindeki sıcaklık değişimi genliğinin, dış cephe yüzeyindeki değişim genliği oranı olarak tanımlanırken; zaman geciktirmesi faktörü, yapı kabuğunu etkileyen en yüksek sol-air (güneş-hava) sıcaklığı etkisini iç cephe yüzeyinde gösterinceye kadar geçen zaman olarak tanımlanabilmektedir (Yılmaz, 2006). Bu özellikler elemanı oluşturan tabakaların kalınlıkları (d), ısı iletkenlik katsayıları (λ), özgül ısıları (c), yoğunlukları (ρ) ve bu nedenle de ısı kapasitelerinin (c, ρ) bir işlevi olarak değişim göstermektedir (Berköz, 1995 ve Alaybaşı, 2003).

Toplam ısı geçirme katsayısı; birbirinden farklı iki çevreyi ayırt eden bir yapı elemanının her iki tarafında da etkili olan hava sıcaklıkları arasındaki farkın 1°C olduğu anda, 1 m^2 alandan o alana dik doğrultuda gelerek 1 saatte geçen toplam ısı miktarı olarak ifade edilmektedir (Berköz vd., 1995).

Saydamlık oranı ise; opak ve saydam bileşenlerden meydana gelen yapı elemanlarına yönelik bir özellik olmasının yanı sıra, saydam elemanların alanının toplam yapı yüzey elemanı alanına oranı olarak tanımlanabilmektedir. Bu nedenle, yapı tasarımı yapılırken saydam (geçirgen) yüzeylerin optik özellikleri ve ısı geçirgenlik katsayıları bakımından dikkate alınarak en uygun iklimsel şartları sağlayacak biçimde hesaplanması gerekmektedir. Çünkü, yaygın olarak kullanılan saydam yüzeylerin toplam ısı geçirgenlik katsayıları yalıtımı olan opak yüzeylere oranla daha yüksek değerler almakta ve dolayısıyla yapılarda gerçekleşen ısı kaybının büyük bir kısmından

sorumlu olmaktadır. Bu sebeple, enerji tüketimlerinin azaltılmasına yönelik yapılan tasarımlarda, yapı kabuğundaki saydamlık oranı değerleri büyük önem arz etmektedir.

Yapı kabuğunu oluşturan yapı elemanları;

- Duvarlar (dış-iç)
- Döşemeler
- Saydam yüzeyler (pencereler)
- Malzemeler
- Çatılar
- Gölgeleme elemanları olarak sıralanabilmektedir.

Duvarlar (dış-iç duvar): Yapıyı meydana getiren, dış çevre ile iç çevre arasında gerçekleşen bağlantıyı kuran en önemli elemanlar arasında duvarlar yer almaktadır. Duvarlar gün içerisinde sıcaklık, rüzgâr, yağış ve güneş ışıınımı gibi iklimsel faktörlerin etkisi altında kalmaktadır. Dış çevrede oluşan sıcaklık değişiminin iç çevreye göre daha yüksek olması, duvar yüzeyinden dışa ya da içe doğru gerçekleşen devamlı ısı akışına sebep olduğundan, duvarın yapısında birtakım farklılıklar meydana getirmektedir. Bu bakımdan yapıdaki sağır yüzeylerin dış çevreden gelen etkilere karşı sağlam olması, duvar yapısını oluşturan malzemelerin niteliklerine bağlı olmaktadır. Duvar cephe yüzeyinin baktığı yön, duvarı oluşturan malzeme tabakalarının türü, şekli ve boyutu iç ortam konforunu belirlemektedir.

Ayrıca, dış duvarlarda kullanılan malzemelerde ısı geçirgenlik katsayılarının iç ortamlarda ihtiyaç duyulan iç yüzey sıcaklığını sağlayacak en uygun değerlerinin seçilmesi ve dış duvarlarda ısı kayıp ve kazanç miktarları dikkate alınarak toplam ısı geçirgenlik katsayısının hesaplanması gerekmektedir. Opak eleman dokusu, güneş ışıınımından korunma veya faydalanma önceliğine göre ele alınarak, bu bağlamda duvar tabakalaşma ayrıntısını oluşturacak malzeme niteliklerinin dikkatli bir biçimde değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

İklimsel koşullara uygun olarak güneş ışıınımı bakımından düşünülerek dış duvar rengi ve dokusunun saptanması gerekmektedir. Çünkü, yapı kabuğunda iklimsel konforun sağlanmasında duvar renk ve dokusu güneş ışıınımını çekmesi veya yansıtması bakımından direkt olarak etkili olmaktadır. Seçilen renk koyulaştıkça yüzeylerin absorbe etme nitelikleri artmaktadır. Özellikle, soğuk iklim bölgelerinde dış duvarlarda kullanılan malzemelerin ısı geçirgenlik katsayısının önemi büyüktür. Bu nedenle, soğuk iklim bölgelerinde ısı kazancı sağlamak için koyu renkler kullanılırken, sıcak iklim

bölgelerinde güneş alan cephe yüzeyinde ısıyı yansıtmak için açık ve beyaz renkler tercih edilmektedir. Ilıman iklim bölgelerinde ise, genel olarak orta koyulukta olan renklerin kullanılmasının yanı sıra güneş almayan cephe yüzeylerinde ısı kazancı sağlamak için koyu renkler tercih edilmektedir (Tokuç, 2005:105).

Termofiziksel özellik olarak; soğuk ve ılıman iklim bölgelerinde ısıtmaya ihtiyaç duyulan döneme dayalı olarak ısıtma önceliği, sıcak-nemli iklimlerde ise ısıtmaya ihtiyaç duyulmayan döneme dayalı olarak soğutma önceliği bina kabuğunun kapsamına alınmaktadır. Sıcak-kuru iklim bölgelerinde gece ile gündüz arasında oluşan sıcaklık farkı fazla olduğu için optik elemanların ısı depolayıcı özellikte, sıcak-nemli iklim bölgelerinde ise bu farkın az olmasından dolayı ısı depolayıcı, tutucu nitelikte olmayan ve iç ortam konforunu koruyan özellikte olması bina kabuğunun optimum iklimsel konfor alanını oluşturmasında direkt olarak etkili olmaktadır (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.10. Farklı iklim bölgelerine yönelik optimum duvar nitelikleri

İklim Bölgesi	İklimlendirme Cinsi	Dış Duvar Özellikleri	Optimum Renk Tonu
Sıcak-Nemli	Soğutma öncelikli	Isı depolama kapasitesi düşük, (gece-gündüz sıcaklık farkı az) güneş ışıınımı yansıtıcılığı yüksek duvarlar, hafif konstrüksiyon	Tüm cephe yüzeylerinde açık tonlu renkler
Sıcak-Kuru	Soğutma öncelikli	Gece-gündüz sıcaklık farkı fazla olduğundan termal kütle etkisi sağlayan, ısı depolama kapasitesi yüksek, masif duvarlar	Işınım etkisinden yararlanılacak yüzeylerde koyu, diğer yüzeylerde açık tonlu renkler
Ilımlı-Kuru	Isıtma öncelikli	İç ortam konfor koşullarını sağlayacak optimum yalıtım değerine sahip duvarlar	Duvar yüzeylerinde orta tonlu, çatı yüzeylerinde açık tonlu renkler
Ilımlı- Nemli	Isıtma öncelikli	İç ortam konfor koşullarını sağlayacak neme dayanıklı yalıtım değerine sahip duvarlar	Duvar yüzeylerinde orta tonlu, çatı yüzeylerinde açık tonlu renkler
Soğuk	Isıtma öncelikli	Isı depolama kapasitesi yüksek, iyi izole edilmiş masif duvarlar	Güneş alan yüzeylerde orta tonlu, güneş almayan yüzeylerde koyu tonlu renkler

Kaynak: (Değirmenci, 2021:47).

Ekonomik çözümler sunan ve yapı sektörü tarafından yaygın bir şekilde kullanılan, ısıl kütle niteliği yüksek olan, beton, tuğla, kerpiç, kumtaşı gibi yapı malzemeleri dış çevreden üzerlerine aldıkları enerjiyi büyük bir oranda yutmakla birlikte istenmeyen sıcaklık değişimlerini de engellemektedir. Çeşitli malzeme ve bu

malzemelerle yapılmış duvar türlerinin bazı fiziksel nitelikleri ise **Çizelge 3.11**'de verilmektedir.

Çizelge 3.11. Çeşitli malzeme ve duvar türlerinin bazı fiziksel nitelikleri

Malzeme	Birim Hacim Kütlesi (kg/m ³)	Isıl İletkenlik Değeri (W/mK)	Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü
Beton	2200	1,65	70 / 120
Beton Duvar ¹	2000	0,99	10 / 15
Tuğla	1000	0,45	5 / 10
Tuğla Duvar ¹	1800	0,81	5 / 10
Kerpiç Kerpiç Duvar ¹	1550	0,40	13
Kumtaşı	2600	2,3	200 / 250
Kumtaşı Duvar ¹	2000	1,1	15 / 25
Ahşap	800	0,2	40
Ahşap Duvar ¹	800	0,13	50 / 400

Kaynak: (TS 825, 2013).

Tüm bu bilgilerle birlikte, yenilenebilir enerji kaynağı olan güneşten aktif veya pasif bir şekilde fardalanmak amacıyla duvarlara yönelik olarak birçok farklı teknik detay ortaya konulmuştur. Örneğin; cam ve metal yüzeyli güneş duvarları, trombe duvarları bu anlamda üretilmiş duvar sistemleri arasında yer almaktadır. Yapının bulunduğu bölgenin iklimsel koşullarına dayalı olarak bu tip sistemlerin doğru tasarlanması ile yapının enerji tüketiminde büyük ölçüde azalmalar sağlanabilmektedir.

Döşemeler: Toprağa temas eden döşemelerde ısı kaybı miktarı döşemenin malzemesi, boyutu ve zemin niteliklerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Döşemede kullanılan yalıtım malzemesi iç ortamda oluşan konforsuz havanın ve ısı kaybının önlenmesinde etkili olmaktadır. Ara katlarda yer alan döşemelerde oluşan ısı alışverişi ise kullanılan döşemenin malzemesine ve kalınlığına bağlı olarak değişmektedir. Döşemelerde ısı kaybı genel olarak, köşe noktaları ve çatlaklardan kaynaklanmaktadır (Özler, 2003). **Çizelge 3.12'** de ise betonarme bir döşeme için belirlenen katmanlaşma detayları ve U değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.12. Betonarme bir döşeme için belirlenen katmanlaşma detayları ve U değerleri

Eleman Adı	Katmanlar	Isıl İletkenlik Katsayısı (W/mK)	Kalınlık (m)	Yoğunluk (kg/m ³)	U Değeri (w/m ² K)
İç Döşeme	Laminat parke	0,14	0,01	600	1,674
	Katkılı şap	1,40	0,05	2000	
	Ses yalıtım şiltesi	0,04	0,01	40	
	Betonarme döşeme	2,50	0,14	2400	
	Alçı sıva	0,51	0,02	1200	
Toprağa Temas Eden Döşeme	Laminat parke	0,14	0,01	600	0,527
	Katkılı şap	1,40	0,05	2000	
	Koruma betonu	1,65	0,03	2200	
	Isı yalıtım levhası (xps)	0,04	0,04	35	
	Tesviye harcı	1,40	0,05	2000	
	Temel betonu	2,50	1,00	2400	

Kaynak: (TS 825, 2013).

Pencereler - Saydam Yüzeyler: Pencereler ve saydam yüzeyler (camekanlar), gün ışığından faydalanmamızı, dış çevreyle olan görsel bağlantıyı ve doğal havalandırmayı sağlayan yapı elemanları olarak kabul edilmektedir. Bu yapı elemanları, iç ortam iklimsel konforun oluşturulmasında etkili olmaktadır. Bu nedenle, pencere yeri ve boyutunun pencerenin yönüne, kullanılan malzemenin türüne, ısı geçirgenlik performansına, yapıdaki saydam ve opak yüzey oranına ve yapının konumlandırılacağı iklim bölgesine göre belirlenmesi gerekmektedir.

Örneğin pencerelerin yönleniminde; yapıda kullanılan güney pencereleri, kış döneminde güneşten en üst düzeyde faydalanmayı sağlarken, yaz döneminde direkt gelen güneş ışınlarından ve doğal olarak ısı kazanımını önlemek için gölgeleme elemanlarının desteği ile kullanılabilir. Batı ve doğu cephelerinde kullanılan pencerelerin ise, güney cephesinde kullanılan pencerelere göre daha küçük boyutlarda ve iyi bir yaz gölgelemesine sahip olması gerekmektedir. Kuzey cephede yer alan pencereler de güneş ışınlarına direkt maruz kalmadıkları için ısı kazancında en az etkiye sahip olmakla birlikte, bu pencerelerin en küçük boyutlarda kullanılması önerilmektedir.

Saydam ve opak yüzey oranında; ısıtmanın öncelikli olduğu yapılarda, sıcak olan güney cephelerinde geniş pencere yüzeyi kullanılarak en çok saydamlık oranı, soğuk olan kuzey cephelerinde ise mümkün olduğu kadar en az saydamlık oranının kullanılması ve saydam yüzeyin toplam cephe yüzeyine oranının %40'ın üzerinde olması istenmektedir (Tönük, 2001). Soğutmanın öncelikli olduğu nemli iklim bölgelerinde yer alan yapılarda ise, pencere yüzeyi geniş tutulmakta ve saydam yüzeyin opak yüzeye oranı daha fazla olabilmektedir.

Kullanılan malzemelerin türü ve ısı geçirgenlik performansında; istenmeyen hava geçişi engellemek için pencere doğramalarının doğru bir şekilde detaylandırılması gerekmektedir. Cam, kanat ve kasa detayları ile malzeme seçimi ve detaylandırılması ısı kazanç ve kayıpları bakımından değerlendirilerek yapıldığında daha iyi sonuçlar elde edilebilmektedir. Pencere camlarında yalıtım yapılması ısı kazancı ve kaybında önemli rol oynamaktadır. Yalıtım bakımından cam plakalarının arasında hava boşluğu bırakılarak iki veya üç cam katmanından oluşturulmuş (çift cam uygulaması) sistemlerin kullanılması yapıdaki ısı kayıplarını önemli derecede azaltmaktadır. Pencereye uygulanan cam plakalarının sayısı arttıkça camın ışık geçirgenliği dolayısıyla ısı kaybı da azalmaktadır. Isı geçirgenlik katsayısı (U) değeri ve performansı ise pencere kullanılan cam plakasının camın yüzey alanına, camın özelliğine, yansıtıcılığına, rengine ve ara boşluktaki gazın özelliğine dayalı olarak değişim gösterecektir (Günel, 2004). **Çizelge 3.13'**de farklı cam türlerine ait ısı geçirgenlik katsayıları gösterilmektedir.

Çizelge 3.13. Çeşitli cam türlerinin ısı geçirgenlik katsayısı

Cam Cinsi	Cam Kalınlığı	Isı Geçirgenlik Katsayısı (W/m ² K)
Standart Düz Cam	6 mm	5,70
Standart Isı Cam	6+9+6 mm	3,00
Standart Isı Cam	6+12+6 mm	2,80
Kaplamalı Cam	6+9+6 mm	2,10
Kaplamalı Isı Cam	6+12+6 mm	1,80

Kaynak: (Günel, 2004).

Malzemeler: Yapı elemanlarını meydana getiren ve enerji etkin tasarımda en önemli detaylardan biri olan yapı bileşenleridir. Yapıda kullanılan malzemenin seçiminde, malzemenin fonksiyonunu yerine getirebilme niteliği ile birlikte elde edilmesinden kullanılmasına ve tüketilmesine yönelik süreçteki ekolojik olma durumuna ve enerji verimliliğine dikkat edilmesi gerekmektedir. Yapı inşa edilirken yapının konumlandırılacağı bölgenin yöresel kaynaklarından ve malzemelerinden etkin bir şekilde yararlanılması, iklim bölgesinin niteliğine uygun olacak şekilde tasarımın dayandırıldığı şartlar değerlendirilerek (hakim rüzgar ve güneş ışınlarından faydalanma gibi) malzeme seçiminin yapılması enerji tüketimlerinin azaltılmasında önem arz etmektedir.

Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen, az bakım gerektiren, dayanıklı, geri dönüştürülebilir ya da yeniden kullanılabilen, doğaya ve insan sağlığına zarar vermeyen malzemelerin kullanılmasıyla enerji tüketimi ve atık miktarı da azaltılabilmektedir. Yapı malzemeleri üretim aşamasından başlayarak, yapım, onarım,

yenileme ve yıkım aşamaları neticesinde oluşan ahşap, metal, beton, çelik, plastik, seramik, cam gibi yapı elemanlarının/malzemelerinin geri kazanım/dönüşüm potansiyelleri oldukça yüksek olmaktadır. Bu nedenle, geri kazanılmış/dönüştürülmüş malzemelerin kullanılmasıyla kaynak korunumu sağlanmakla birlikte, çevresel etkiler azalmakta ve ekonomik sürdürülebilirliğe katkı sağlanmaktadır (Çizelge 3.14).

Çizelge 3.14. Yapı malzemeleri geri kazanım/dönüşüm işlemleri ve kullanım alanları

Yapı Malzemeleri	GERİ KAZANIM/DÖNÜŞÜM İŞLEMLERİ VE KULLANIM ALANLARI		
	Geri Dönüşüm İşlemi	Geri Dönüştürülmüş Ürün	Kullanım Alanları
Beton	•Kırma, Ufalama	•Geri dönüştürülmüş agrega (kırmataş) •Dolgu malzemesi •Düşük dayanımlı beton bileşiminde agrega (grobeton) •Yol yapımında alt yapı malzemesi	•Parke taşı, sıva ve peyzaj elemanlarında
Tuğla/Kiremit	•Harç artıklarının temizlenmesi •Kırma, Ufalama •Yakılarak uçucu küle dönüştürme	•Yeniden kullanılacak tuğla dolgu malzemesi	•Tuğla/kiremit üretiminde ham madde
Doğal Taş	•Kırma, Ufalama	•Geri dönüştürülmüş agrega	•Dolgu malzemesi
Mermer	•Kırma •Toz haline getirme	•Beton ve asfalt uygulamalarında agrega •Asfalt, çimento-beton harcında ve zemin iyileştirmede dolgu katkı malzemesi	•Dolgu malzemesi
Metaller	•Doğrudan kullanım •Eritme	•Yeniden kullanılacak metal	•Yeni metal üretimi
PVC Esaslı	•Yıkama, Kurutma •Eritme •Kırma, Kesme •Kırma, Ufalama •Toz haline getirme	•Panel, Geri dönüştürülmüş plastik •Geri dönüştürülmüş agrega	•Alan drenajı, Asfalt, Sentetik toprak
Cam	•Doğrudan kullanım •Öğütme, Ezme, Eritme •İkinci kalite cam üretimi	•Yeniden kullanılacak cam •Geri dönüştürülmüş cam •Cam lifli yalıtım malzemesi (cam yünü, cam elyaf) •Seramik, Yol döşeme bloğu	•Yol kenarlarındaki yansıtıcı boya üretiminde
Seramik	•Kırma, Öğütme	•Katkı malzemesi	•Camlar ile birlikte de geri dönüştürülerek tezgâh üretiminde •Beton ve Tuğla üretiminde katkı olarak
Ahşap	•Doğrudan kullanım •Temizleme/Kesme •Yeniden boyutlandırma •Yüksek su buharı altında şekil verme •Rendelenerek lif, talaş ve yonga haline getirme •Yakma	•Yeniden kullanılacak ahşap •Ahşap kökenli malzemeler •Yalıtım levhası •Kâğıt	•Enerji kaynağı •Mobilya ve mutfak elemanları •Hafif yalıtım ve dolgu malzemesi
Yalıtım Malzemeleri	•Yıkama, Kurutma, Öğütme ve Ezme •Yakma	•Yeniden üretilecek yalıtım malzemesi	•Asfalt yapımında
Kapı/Pencere	•Doğrudan kullanım •Temizleme •Boyutlandırma	•Yeniden kullanılabilen malzeme	•Yeniden kullanım

Kaynak: (Tıkansak vd., 2017:45; Değirmenci, 2021:57).

Az bakım, onarım gerektiren, dayanıklı malzeme kullanımıyla yapı ömür süresini uzatmak enerji etkinliğini sağlamasının yanı sıra ham madde kaynaklarının tüketimini de azaltmaktadır. Malzemenin dayanıklı olması yapı kullanım aşamasında önem arz etmektedir. Dayanıklı olmayan malzeme hem doğada bir atık haline gelebilmekte hem de yeni malzeme kullanımı ihtiyacı doğurduğu için maliyeti artırmaktadır (Tıkansak, 2013:197).

Doğaya ve insan sağlığına zarar vermeyen malzeme kullanımıyla doğada kaybolan, kanserojen ve toksin madde içermeyen, ayrışan ve sera gazı salınımı üretmeyen malzemelerin kullanılması amaçlanmaktadır. Yapıda yalıtım sağlamak için kullanılan içeriğinde HCFC (hidrokloroflorokarbon) barındıran köpük türevi malzemelerin kullanımından kaçınmak gerekmektedir (Özmehmet, 2005:122). Bununla birlikte günümüzde sıklıkla kullanılan polikarbonat ve PVC (polyvinylchloride) vb. çoğu yapı malzemeleri, ozon tabakasının zarar görmesinde etkili olan zehirli kimyasal maddeler barındırmaktadır (Yılmaz ve Keleş, 2004:50).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen malzemeler (bambu, ahşap, saman, ayçiçeği ve çavdar sapı, mantar gibi) ise, üretim aşamasında doğal olmayan malzemelere göre çok daha az işlem den geçirilerek elde edildiklerinden dolayı bu süreçteki enerji harcamaları ve lokal olarak tedarik edilme imkanları daha fazla olduğu için taşıma aşamasında enerji harcamaları daha az olmaktadır. Bu nitelikleri sayesinde kullanıldıkları yapılarda enerji etkinliğinin sağlanmasını da olumlu etkilemektedir (Tıkansak, 2013:196).

Bunlarla birlikte, yapı malzemelerinin kendi yaşam döngülerini oluşturan her aşamada daha az ve daha verimli kullanması gerekmektedir. Enerji tüketim miktarlarına göre ise,

- Düşük enerji tüketen (low embodied energy),
- Orta enerji tüketen (medium embodied energy) ve
- Yüksek enerji tüketen malzemeler (high embodied energy materials) olmak üzere üç grupta ele alınabilmektedir (Tıkansak, 2013:195) (Çizelge 3.15).

Çizelge 3.15. Malzemelerin üretimi için ihtiyaç duyulan enerji miktarları

Malzemeler	MALZEMELERİN ÜRETİMİ İÇİN İHTİYAÇ DUYULAN ENERJİ MİKTARLARI	
	Yapı Malzemeleri	Enerji Miktarları (kWh/kg)
Düşük Enerji Gerektiren Malzemeler	Kum, Çakıl	0.01
	Ahşap	0.1
	Beton	0.2
	Kireç, Kumtaşı	0.4
	Hafif Beton	0.5
Orta Enerji Gerektiren Malzemeler	Alçı Levha	1.0
	Tuğla	1.2
	Kireç	1.5
	Çimento	2.2
	Cam	6.0
	Porselen	6.1
Yüksek Enerji Gerektiren Malzemeler	Plastikler	10
	Çelik	10
	Kurşun	14
	Çinko	15
	Bakır	16
	Alüminyum	56

Kaynak: (Yalçınkaya, 1995:19; Değirmenci, 2021:59).

Yukarıda bahsedilen tüm yapı malzemelerinin her birinin çevresel etkilerinin tek tek değerlendirilmesi ayrı bir çalışma konusu olabileceği için bu tez çalışması kapsamında strüktürel yapı malzemelerinin mevcut yerleşim dokusu tasarımı üzerindeki çevresel etkileri ve enerji etkinliği değerlendirilmiştir.

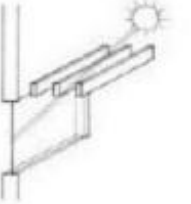
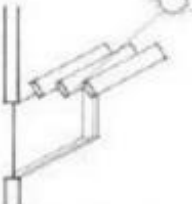
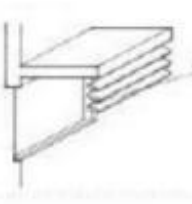
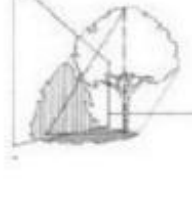
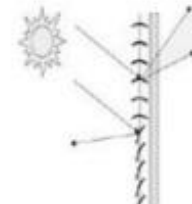
Çatılar: Soğuk ve yağış alan iklim bölgelerinde çatının yüksek eğimli olması ve soğuğa karşı daha iyi izole edilmesi gerekmektedir. Çatının eğiminin belirlenmesinde, yapının bulunduğu enlem göz önünde bulundurularak çatıya konumlandırılacak güneş pilleri ve güneş panellerinin yıllık güneşlenme sürelerine göre belirlenen ve güneş ışınlımından en yüksek derecede faydalanmasını sağlayacak açılar uygulanmalıdır. Sıcak-nemli iklim bölgelerinde çatı boşluklarında oluşan nemlenmeyi önlemek için doğal ventilasyonun etkin bir şekilde kullanılması önem arz etmektedir. Doğal ventilasyonun sağlanması için ise çatıda tasarlanan rüzgar bacalarının kullanılması uygun olmaktadır. Çatı formu da yağışlara uygun bir şekilde eğimli ve güneş kontrolü sağlamak amacıyla geniş saçaklı olarak tasarlanabilmektedir. Sıcak-kuru iklimlerde ise çatı boşluklarında meydana gelen sıcaklık artışının binanın iklimsel konforunu negatif yönde etkilememesi amacıyla düz çatı kullanımı önerilmektedir. Ilımlı-nemli ve ılımlı-kuru iklimlerde de geniş saçaklı ve eğimli çatı formunun kullanılması uygun olmaktadır.

Gölgeleme Elemanları: Doğru gölgeleme elemanı tasarımı, güneşin yaz ayları içindeki konumu, güneş yörünge (sunpath) şemasının dikkate alınmasıyla gölgeleme araçlarına ilişkin boyutsal verilere ulaşılması ve güneşin istenmediği zaman dilimleri doğrultusunda yöne dayalı olarak gölge maskesi uygulaması yapılarak gerçekleştirilebilmektedir. Gölgeleme araçlarının doğru kullanımı bir yandan doğal aydınlatmaya katkı sağlarken, diğer yandan da ısıtmanın istenmediği dönemde soğutmanın sağlanması için tüketilen enerji miktarını azaltmaktadır.

Çeşitli iklim bölgelerinde konumlandırılacak çeşitli kullanım amacına sahip yapı türleri için gölgeleme elemanı tasarımına yönelik genel bilgilerin sunulması olanak dahilinde olmamakla birlikte; öneri niteliğindeki bilgilerin çoğunlukla doğru olduğu görülmektedir. Örneğin;

- Batı ve doğu cephelerde güneşin geliş açısı dikkate alınarak ayarlanabilen dikey gölgeleme aracı, güney cephelerde ise yatay gölgeleme aracının kullanılmasıyla enerji tasarrufu sağlanabilmektedir (Aybek ve Sarı, 2017: 1). Bununla birlikte, batı ve doğu cephelerde bitkiler kullanılarak da gölgeleme sağlanabilmektedir.
- Güney cephelerde doğrudan gelen güneş ışınlarını önlemek için saçak gibi sabit gölgeleme araçları uygulanırken, dolaylı gelen güneş ışınlarına karşı Low-e cam gibi çeşitli teknikler uygulanabilmektedir.
- İstenmeyen güneş ışınları önlenmek istenirken, güneş ışıınımı kriterleri de dikkate alınarak, her iki şartı da sağlayan ışık rafları gibi çözümlere başvurulabilmektedir.
- Saydam yüzeyler ise, hem dış hem de iç gölgeleme araçlarıyla gölgelendirilebilmektedir. Hareketli gölgeleme aracı sabit gölgeleme aracına göre, dış gölgeleme aracı da iç gölgeleme aracına göre işlevsel olarak daha etkili olmaktadır. Bu aşamada her farklı yön için ayrı ayrı gölgelendirme stratejisinin uygulanması gerekmektedir. Ayrıca, hareketli gölgeleme araçları ciddi düzeyde bakım ve onarım gerektirdiği için gölgeleme araçlarının tasarımında sağlamlık ve bakım niteliklerinin de dikkate alınması gerekmektedir.
- Jaluzi, perde gibi iç mekanda bulunan gölgeleme araçları da, güneş ışınlarını camdan geçtikten sonra önlediklerinden dolayı soğutma yükünü azaltmamasına rağmen, kamaşma kontrolü sağladığı için görsel konforun artmasında etkili olmaktadır (Çizelge 3.16).

Çizelge 3.16. Gölgeleme araçlarına yönelik örnekler ve özellikleri

Gölgeleme Araçları Örnekleri ve Özellikleri			
			
• Yatay saçaklar, güney cephelerinde en etkin gölgeleme araçlarıdır	• Duvar civarında hava sirkülasyonu sağlar ve iletimle ısı kazanımını engeller • Manuel ya da otomatik olarak hareket ettirilebilir	• Sabit olanlara göre daha etkindir • Açı, güneş açılarına göre değiştirilebilir	• Düşük açıyla gelen güneş ışınımına engel olurken, manzara açısından problem olabilir
			
• Izgaralar, yatay ve düşey gölgeleme elemanlarının birleşik etkisine sahiptir • Sıcak kuru iklim bölgelerinde çok etkili olabilirler	• Isı absorbe eden camlar, yüzeyine ulaşan ışıının %40'ını absorbe eder	• Düşey elemanlar, doğu ve batı cephelerinde kullanıldıklarında etkilidirler • Manuel ya da otomatik olarak hareket ettirilebilirler	• Bitkiler ve diğer engeller, boyutlarına ve yöne bağlı olarak gölge sağlarlar
			
• İşık rafları, her türlü iklim için kullanılabilir • Yansıtma özelliğinden dolayı gölge sağlarken günışığını içeri yansıtır	• Cam arasında yansıtıcı panellerin olduğu sistemler, ılımlı iklim bölgeleri için uygundur	• Her türlü iklim bölgesi için kullanılabilir • Gölge sağlarken kamaşma problemini de ortadan kaldırır	• Cam arasında lazerle kesilmiş ince panellerin bulunduğu tepe penceresi, sıcak iklimler için uygundur

Kaynak: (Koca, 2006: 50).

3.4. Sürdürülebilir Yerleşim Dokusu Tasarım Parametrelerine Genel Bir Bakış

Yapılar, konumlarına, yüksekliklerine ve aralarında yer alan açık alan mesafeleri doğrultusunda hâkim rüzgâra ve güneş ışınımına karşı barikat görevi görmektedir. Bir yerleşim dokusu tasarlanırken yapının içinde bulunduğu iklimsel bölgenin özelliklerine göre yararlanılması ve korunulması gereken iklim bileşenlerinin öncelikleri tespit edilerek doğru stratejilerin üretilmesi gerekmektedir. Yapıların, yapılaşma yoğunluğunun az olduğu kırsal bölgelere konumlandırılması ile şehir gibi yapılaşma yoğunluğunun çok olduğu bölgelere konumlandırılması enerji etkin tasarım bakımından önemli bir değişiklik oluşturmaktadır. Yapılaşma yoğunluğunun çok olduğu bölgelerde hava sıcaklığı daha yüksek, hava hareket hızı daha az, hava kirlilik oranı daha fazla, hava kirlilik oranının yüksek olması sebebiyle güneş ışınım oranı daha az ve bitki dokusu azaldığı için nem oranı daha düşük olmaktadır. Kırsal bölgelerdeki rüzgâr hızı kentsel bölgelerdekine oranla %25 daha fazla olmasına rağmen yüksek katlı yapıların arasında meydana gelen yerel kanyonlarda olağandışı rüzgâr hızları oluşabilmektedir. Bununla birlikte, yapıların ölçekleri ve birbirleri ile olan ilişkileri, yerleşim dokuları, sokaklar, caddeler ve parklar gibi yeşil alanların da mikroklimayı direkt olarak etkilediğinin dikkate alınarak tasarım yapılması gerekmektedir (Kun, 2005). **Çizelge 3.17'** te farklı iklim bölgelerine göre faydalanılması gereken yerleşim dokusu tasarım parametrelerine yönelik bilgiler gösterilmektedir. Tez çalışması kapsamında örnek olarak seçilen Birgi yerleşim dokusu örneği ise sıcak-nemli iklim bölgesinde yer almakta olup araştırma bu bölge için belirtilen parametrelerin özellikleri doğrultusunda yapılmıştır.

Çizelge 3.17. Çeşitli iklim bölgelerine göre faydalanılacak yerleşim dokusu tasarım parametrelerine ilişkin genel bilgiler

Parametreler	SICAK İKLİM		ILIMAN İKLİM		SOĞUK İKLİM
	SICAK-NEMLİ	SICAK-KURU	ILIMLI-NEMLİ	ILIMLI-KURU	SOĞUK
Yapı Konumu	Vadi sırt kısmı	Vadi	Yamaç üst kısımları	Yamaç alt kısımları	Yamaç alt kısımları
Yapının Yönlendirilmesi	Güneyden 3° Güneydoğu veya Kuzeye bakan konum	Güneyden 18° Güneydoğu konumu	Güneyden 10° Güneydoğuya bakan konum	Güneye 12° açı yapacak şekilde Güneybatı ile Kuzeydoğu arasında konum	Güneyden 22° Güneydoğuya bakan konum
Yapı Formu	• Tek ve zeminden yükseltilmiş, • Hacimler arasında boşluklar oluşturulmuş, serbest düzende uzun ve yüksek form • Boyut: 1:1,7 veya 1:1,3 oran	• Avlulu, kompakt form • Yatayda yayılmış, Az katlı • Boyut: 1:1,3 veya 1:1,6 oran	• Serbest form • Sıcak dönemde rüzgâra açık cepheler • Boyut: 1:1,6 veya 1:2,4 oran	• Kompakt, kareye yakın form • Soğuk dönemde rüzgâra kapalı cepheler • Boyut: 1:1,1 veya 1:1,3 oran	• Kompakt planlı form, • Minimum yüzey alanlı cepheler • Boyut: 1:1,1 veya 1:1,3 oran
Yapı Kabuğu ve Yapı Kabuğunun Optik-Termofiziksel Özellikleri	• Cephe yüzeylerinde güneş ışınumuna karşı yutuculuğu az, yansıtıcılığı yüksek açık renk kullanımı • Düz veya eğimli ve gölgelendirilmiş çatılar, Çift yüzeyli çatı • Yapı kabuğunda ısıtma önceliği • İç bölgedeki ısı konforunun en düşük yapay enerji ile sağlanabilmesi için düşük ağırlıklı ve yüksek yalıtımlı malzeme kullanılmalı	• Cephe yüzeylerinde güneş ışınumuna karşı yutuculuğu az, yansıtıcılığı yüksek açık renk kullanımı • Sıcaklık etkisinin azaltılması için mekânların cepheleri dar, derinlikleri fazla olmalıdır. • Düz veya eğimli ve gölgelendirilmiş çatılar, Çift yüzeyli çatı • Yapı kabuğunda ısıtma önceliği • Isı kazancını ve ısı kaybını en aza indiren ve ısı depolama kapasitesi yüksek olan malzeme kullanılmalı	• Duvar yüzeylerine orta tonlu, çatı yüzeylerinde açık tonlu renk kullanımı • Eğimli veya düz çatı, Tek yüzeyli çatı, Çift yüzeyli çatı • Gölgeleme elemanı kullanımı • Yapı kabuğunda ısıtma önceliği • Sıcak dönemde ısı kazancını, soğuk dönemde ısı kayıplarını azaltmak amacıyla yapı kabuğunun ısı geçirgenlik katsayısı düşük olmalı	• Duvar ve çatıda yalıtım • Ek tasarım (kış bahçesi vs.) • Duvar yüzeylerine orta tonlu, çatı yüzeylerinde açık tonlu renk kullanımı • Eğimli çatı, Tek yüzeyli çatı, Çift yüzeyli çatı • Yapı kabuğunda ısıtma önceliği • Sıcak dönemde ısı kazancını, soğuk dönemde ısı kayıplarını azaltmak amacıyla yapı kabuğunun ısı geçirgenlik katsayısı düşük olmalı	• Saydam yüzey oranı azaltılmış, küçük pencere yapı kabuğu • Güneş alan yüzeylerde orta, almayan yüzeylerde koyu renk kullanımı • Eğimli çatı, Tek yüzeyli çatı • Yapı kabuğunda ısıtma önceliği • Isı kaybını ve yoğunlaşma denetimini sağlamak için ısı geçirgenlik katsayısı düşük olacak şekilde yapı kabuğu kesiti oluşturulmalı
Yapının Yakın Çevresi ile Yapılaşma Düzeni	• Yapılar hava akımı sağlayacak şekilde dağınık ve ayrıntı konumlanmalı • Yapının yakın çevresi kısa ve gölgeli olmalı	• Yapılar dış ortama gölge vermeli • Gölgeyi yaya yolları oluşturulmalı • Işınım etkisini azaltmak için yapı yakın çevresinde ya da avluda yeşil doku kullanılmalı	• Sıcak zamanlarda; rüzgârı yapıya yönlendirecek soğuk zamanlarda ise yapıya rüzgârları engelleyecek şekilde yeşil doku tasarlanmalı • Yapı yakınında yaprak döken ağaç ve çimen kullanımı	• Yapı uzağında; Hâkim rüzgâr etkisini azaltmak için yaprak dökmeyen ağaç kullanılmalı • Yapı yakınında; iğne yapraklı bodur ağaçlar ve sarmaşıklar kullanılmalı	• Caddeler ve sokaklar topografyaya uygun tasarlanmalı • Binalardan uzakta iğne yapraklı ağaçlar, bina yakınlarında alçak gövdeli, yaprak döken ağaçların kullanımı

Kaynak: (Umaroğulları ve Cihangir, 2019: 110).

4. SÜRDÜRÜLEBİLİR YERLEŞİM DOKUSU TASARIM PARAMETRELERİ İLE BİRGİ YERLEŞİM DOKUSU ÖRNEĞİNİN BIM'DE İNCELENMESİNE YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ

Yeni oluşturulacak yerleşim dokularında enerji tüketim miktarlarının azaltılması, öncelikle tasarım parametrelerinin o yer için optimal değerlerinin belirlenerek yapıların bu doğrultuda tasarlanması ile mümkün hale gelebilmektedir. Bu tez çalışması kapsamında İzmir İli, Ödemiş İlçesi, Birgi yerleşim dokusu örneği (sıcak-nemli iklim bölgesi) için o bölgedeki yerleşim dokularından hareketle mevcut bir yerleşim dokusu bölgesi seçilmiştir. Seçilen mevcut dokunun enerji analizleri yapıldıktan sonra, bu yerleşim dokusu için tasarım parametreleri üzerinden alternatifler geliştirilerek enerji tüketimleri bakımından en uygun (optimum) parametre değerlerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Söz konusu yerleşim dokusu örneği için yapılacak yerleşme ve bina ölçeğindeki analizler, bugün tasarım süreçlerinde sıklıkla kullanılmaya başlanılan, kullanıcılara sağladığı yenilikler ve kolaylıklar ile ön plana çıkan BIM tabanlı bir yazılım programı olan “Autodesk Revit Architecture” aracılığıyla yapılmıştır. Geliştirilen alternatifler, Autodesk’in enerji etkin tasarım ve sürdürülebilirliğe yönelik eklentileri olan Insight ve Green Building Studio üzerinden analizler yapılarak değerlendirilmiştir.

4.1. Çalışma Alanının Belirlenmesi ve Alana İlişkin Veriler

Konu ile ilgili literatür taraması ve yapılan önceki çalışmalar araştırıldıktan sonra yapılan incelemeler sonucunda Birgi yerleşim dokusu örneğinde;

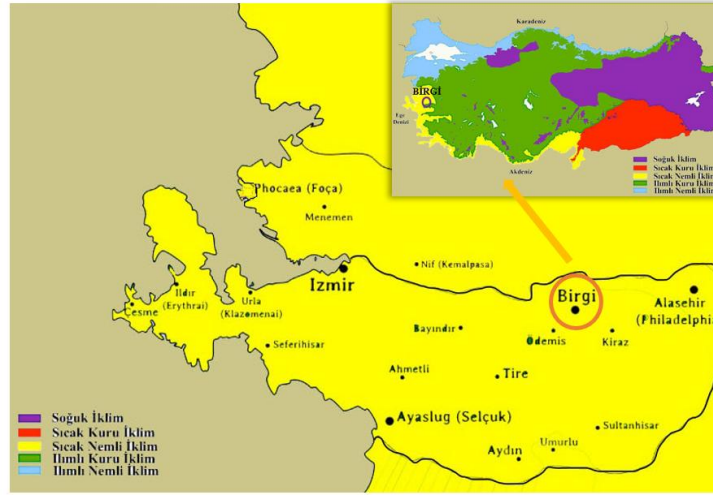
- Mevcut yerleşim dokularının topoğrafya koşullarına uygun olarak tasarlandığı,
- Mevcut yapıların ızgara plan sisteminde konumlandırılarak yapı aralıklarına, birbirlerine göre konumlarına dikkat edildiği ve sokak, meydan vb. boşluklara olanak tanındığı,
- Sokakların farklı ölçülerde, zemin kaplama malzemeleri vb. gibi özellikleri ile tasarlanarak doğal yerleşim dokusunun sağlanmış olduğu,
- Yer yer genişleyip, yer yer daralarak devam eden ve çıkmaz sokakların organik doku özelliği gösterdiği,
- Yapılaşma alanları ile boş alanlar (m^2) parsel bazında kıyaslandığında; yapısal yoğunluk, yapılar arasındaki boş alanlar oranının, büyüklük, yapı

sayısı vb. özelliklerin o bölge için uygun düzeyde olduğu ve bir araya geliş biçiminin ise serbest ya da belirli bir düzene göre olduğu,

- Jeolojik yapıdan kaynaklı bölgede bulunan taş yapı malzemesinin yerel ve yapı boyutlarının optimum ölçülerde olduğu,
- Yapılardaki tasarımlarda, aydınlatma, ısıtma, havalandırma vb. mikroklimatik ortamın sağlanmasında enerjinin en az düzeyde tüketimini sağlayacak düzenlemelerin yapıldığı,
- Yapılaşma alanında yer alan verimli toprakların yeşil alanların içlerine taşınarak değerlendirildiği,
- Mevcut doğal bitki örtüsü, flora, fauna, su alanlarının korunduğu ve bu gibi doğal kaynakların değerlendirilerek geliştirildiği,
- Kişi başına düşen yeşil alan standartlarının olabildiğince arttırıldığı ve yöreye özgü bitki türlerinin araştırılarak, parklar, açık ve kapalı mekânlarda kullanımının sağlandığı gözlemlenerek ve bu veriler dikkate alınarak söz konusu yerleşim dokusu örneği çalışma alanı olarak belirlenmiştir.

4.1.1. Çalışma alanı coğrafi konumu ve topoğrafya özellikleri

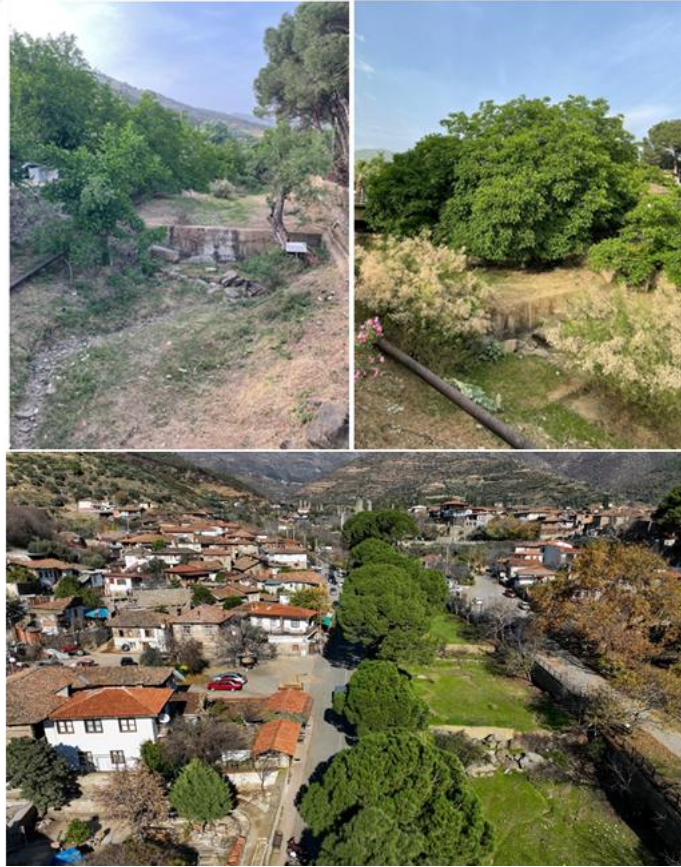
Birgi, Bozdağ'ın güney eteklerinde, tepeler arasında, kuzey-güney doğrultusunda uzanan vadi zincirlerinin üzerinde ve Sarıyar deresinin iki yamacında kurulmuş, İzmir İlinin Ödemiş İlçesine bağlı bir yerleşimdir. Küçük Menderes Ovası'na 180° 'lik bir açı ile yerleşmiş olan Birgi, İzmir İline 110 km, Ödemiş İlçesine ise 8 km mesafede yer almaktadır. Deniz seviyesinden ortalama 390 m yükseklikte olan yerleşim, 38.250° kuzey enlem ve 28.059° doğu boylamında bulunmaktadır. Kuzeybatısında Manisa, kuzeydoğusunda Uşak, güneybatısında Aydın, güneydoğusunda ise Denizli illeri ile çevrilmektedir (Gülhan, 2016: 96) (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Birgi coğrafi konumu

Kaynak: (URL-11).

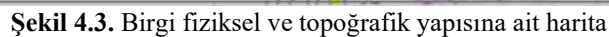
Birgi yerleşim dokusu, doğudan batıya doğru akan Küçük Menderes Nehri ile birleşim sağlayan Birgi Çayı'nın etrafında gelişmiştir. Birgi Çayın'ın, Papaz ve Sarıyar Deresi'nin oluşturduğu iki farklı kolla yerleşim alanının içinden geçmesi, yerleşime hem “su kenti” olma özelliği katmakta hem de söz konusu dereler, doğuda ve batıda iki mahalle olmak üzere yerleşimi derin bir vadi ile ikiye bölmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Birgi çayı (üst) ve Sarıyar deresi (alt)

Kaynak: (E. G. Talu fotoğraf arşivi, 2024; URL-12).

Bununla birlikte, yerleşim alanlarının üzerine konumlandıkları arazi parçasının büyük ölçüde topoğrafya koşullarından etkilenmesi ile şekilsel niteliklerini kazandıkları kabul edilirse yer kabuğunun hareket etmesiyle şekillenen Birgi yerleşim alanının üzerine konumlandığı engebeli arazi yapısının kente büyük ölçüde peyzaj nitelikleri kattığı da görülebilmektedir. Ayrıca Birgi’de topoğrafya, geleneksel konut dokusunun yerleşim dizilişinde, sokak yapılandırmasında, mahalle biçimlenmesinde ve Birgi’nin sınırlarının belirlenmesinde etkili olmuştur (Gülhan, 2016: 100) (Şekil 4.3).



Şekil 4.3'teki haritada sarı renkle gösterilen alanlarda ise eğimin çok dik olmasından dolayı herhangi bir yerleşim alanının bulunmadığı görülmektedir. Tüm bu bilgiler ele alındığında kısaca; Birgi yerleşim alanının oluşmasında Birgi'nin coğrafi konumu ve topoğrafik özelliklerinin yerleşimin kentleşme, ulaşım ve gelişmişlik boyutunu belirleyen önemli bir faktör olduğu söylenebilmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Birgi fiziksel ve topoğrafik yapısı

Kaynak: (E. G. Talu fotoğraf arşivi, 2024; URL-12).

4.1.2. Çalışma alanı mimari özellikleri

Birgi'nin mimari-kültürel-tarihsel kimliği, İzmir II No'lu KTVKK Müdürlüğü son envanter kayıtlarına göre; “208 adet sivil mimarlık, 50 adet anıtsal yapı örneği ve söz konusu yapıların bir bütün halinde içinde bulunduğu kentsel doku” olarak ifade edilmektedir (Gülhan, 2016: 149).

Birgi'nin doğal fiziksel verileri (iklim, coğrafi konum ve topoğrafik koşullar) ile biçimlenen mimari doku analizinde geleneksel kent dokusu ve sivil mimari örnekleri incelendiğinde;

- Şehrin ve yapıların tasarımında topoğrafya ve iklim koşulları büyük ölçüde etkili olmuştur. Birgi'de ticaret bölgesi ile konut bölgesi yerleşim yeri olarak birbirinden ayrılmıştır. Topoğrafya koşullarına göre organik (doğal) olarak biçimlenen dar sokaklar; avlu ve bahçe duvarları ile yapılarla çevrelenerek doğa şartlarına karşı korunaklı bir hale getirilmiştir. Kıvrımlı, dar geleneksel doku ve ızgara sistemiyle oluşturulmuş geometrik formlu sokaklar, burada iki farklı konut örgüsünü oluşturmaktadır. Konutların taş bahçe ve avlu duvarları, bazen kesintisiz bir şekilde yapının duvarı olarak süreklilik sağladığından bu biçimde

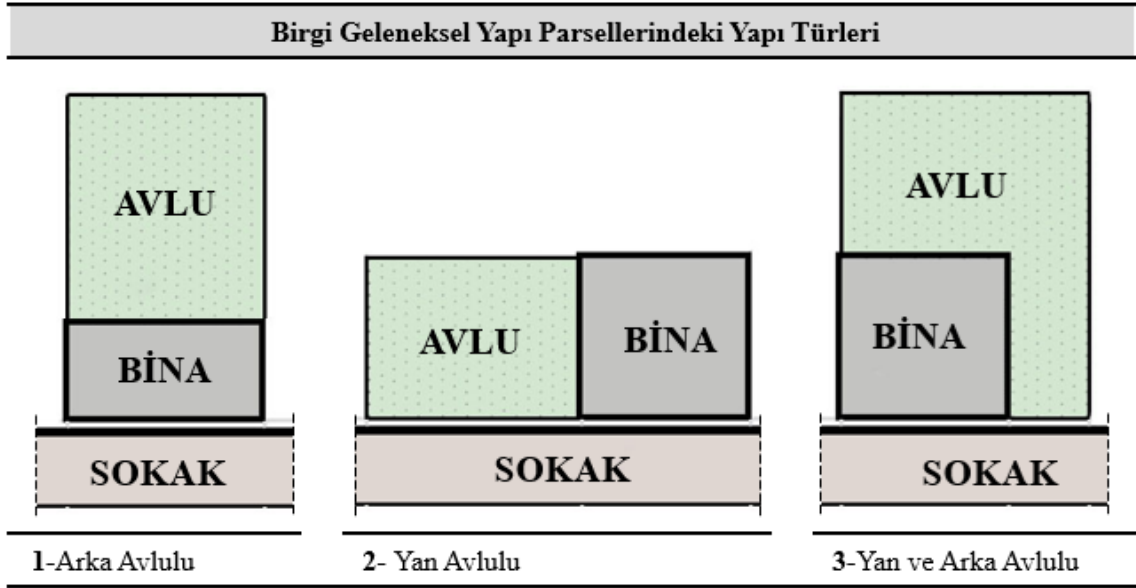
birbirini takip eden duvar örüntüsü bir sokak bütünlüğü ortaya çıkartmaktadır (Altınoluk, 2007: 66). Bununla birlikte, kimi konut yapılarında yer alan çıkmalar sokağa doğru taşma yaparak sokağa gölge ve farklı perspektifler oluşturmaktadır (Gülhan, 2016: 150) (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Birgi geleneksel doku ve izgara sistemi ile oluşturulmuş sokaklar

Kaynak: (E. G. Talu fotoğraf arşivi, 2024).

- Geleneksel yapı parsellerinde;
 - Sokağa cephesi olan arka avluya sahip yapılar (1),
 - Sokağa cephesi olan yan avluya sahip yapılar (2),
 - Sokağa cephesi olan hem yan hem arka avluya sahip yapılar (3) olmak üzere üç tip yapılanma görülmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Birgi geleneksel yapı parsellerindeki yapı türleri

Kaynak: (Gülhan, 2016: 150 alınarak revize edilmiştir).

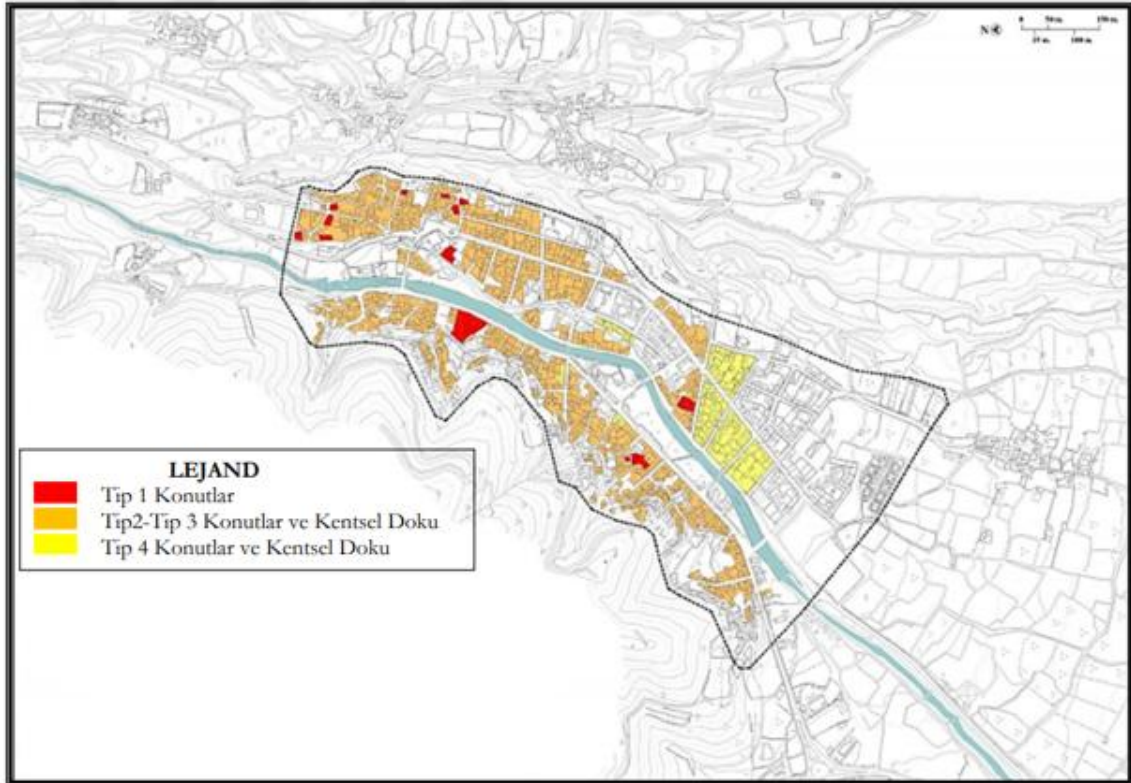
- Bu sivil mimarlık örnekleri olan konut yapılarının şekillenmesinde, yapımında, yapıda, avlu ve bahçe duvarlarında, bazı avlularda, taşlıkta ve sokaklarda yöreye özgün bir malzeme olan ve bölgede kolayca elde edilebilen, şist katmanlarından çıkarılmış *kayrak taşının* kullanıldığı dikkat çekmektedir. İklim şartlarına uygun olarak ve mevcut manzara göz önünde bulundurularak inşa edilen konut yapılarının genellikle alt duvarları ile yamaca ve kuzeye bakan üst kat cepheleri taş, diğer cepheleri ise ahşap karkas arası hımış dolgu olarak yapılmıştır. Yapılarda kullanılan taşın rengi ve örgü tarzı özgündür. Özgün taş duvar örgü tarzı, genellikle mekân listesinde malzeme bakımından bütünlük ve süreklilik göstermekle birlikte sıvasız olarak örülmektedir. Bununla birlikte özgün taş duvar örgü tarzının, korunarak sürdürülmesi ve ileriki dönemlerde yapılacak yeni yapılarda kullanılması bakımından önem taşıdığı söylenebilir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Birgi konutlarında kullanılan kayrak taşı ve örgü tarzı

Kaynak: (E. G. Talu fotoğraf arşivi, 2024).

- Konut yapılarında ise cephe özelliklerindeki değişikliklere göre dört değişik konut tipi tespit edilmiş ve “Geleneksel Batı Anadolu Osmanlı Konut Mimarisine” örnek olarak gösterilen bu konutlar Tip 1-2-3 ve 4 olmak üzere **Şekil 4.8’** te işaretlenerek belirtilmiştir.



Şekil 4.8. Birgi geleneksel konut yapılarının dağılımını gösteren harita

Kaynak: (Diri, 2010:72; Gülhan, 2016: 151).

- **Tip 1 Konut:** Bu tip konut yapıları iki ya da üç katlı olarak inşa edilmiştir. Kat yüksekliğinin fazla olduğu üst katında çatı penceresi bulunmakta olup, geniş çatı saçaklı (saçak genişliği 100-120 cm) olan yapılardır. Bu konut tipleri genellikle 1922 yılında gerçekleşen yangın olayında büyük ölçüde yanmış ve bugün ancak 14 adedi korunarak günümüze kadar ayakta kalabilmiştir.
- **Tip 2 Konut:** Bu tip konut yapıları tek katlı olarak inşa edilen örnekleri olsa da genellikle iki olarak inşa edilmiştir. Tip 1 konut yapıları gibi kat yüksekliğinin fazla olduğu üst katında çatı penceresi bulunmakta olup, geniş çatı saçaklı (saçak genişliği 100-120 cm) olan yapılardır. Bu tip konut yapıları ise yerleşimin hemen hemen her alanında görülmektedir.
- **Tip 3 Konut:** Bu tip konut yapıları 19. yüzyılın sonlarında 1930'lu yıllara kadar deprem ve sel olaylarında yıkılan konutların boş olan parsellerinde Tip 2 geleneksel konut yapısı gibi inşa edilen konut stoğundan oluşmaktadır. Hem tek katlı hem de iki katlı örnekleri bulunan bu yapılarda çatı penceresi ve geniş çatı saçağı (saçak genişliği yaklaşık 60 cm) bulunmamaktadır. Bu tip konut yapıları ise Tip 2 konut yapıları ile birlikte yerleşimin hemen hemen her alanında görülmektedir. Tip 1-2-3 konut yapılarının ahşap karkas arası hımış dolgu tekniğiyle yapılan duvarları sıvanmışken, taş ile yapılan duvarları sıvanmamıştır.
- **Tip 4 Konut:** Bu tip konut yapıları 1922 yılında gerçekleşen yangın olayından sonra halkın tekrar iskân edilebilmesi amacıyla boş olan parsellerde geleneksel konut yapısına benzer nitelikte inşa edilen konut stoğundan oluşmaktadır. Çoğunlukla tekli katlı örnekleri bulunmakla birlikte az sayıda iki katlı örnekleri de bulunan bu yapılarda geniş çatı saçağı (saçak genişliği yaklaşık 30 cm) bulunmamaktadır. Bu konut tipini diğer iç tipten ayıran en önemli özellik fark ise, kimi örneklerinde yapı duvarlarında hımış dolgulu ahşap ve taş yerine tuğla malzemenin kullanılmış ve bütün duvarların sıvanmış olmasıdır (Şekil 4.9 ve Şekil 4.10).



Şekil 4.9. Birgi geleneksel tip 1, 2, 3 (solda) ve tip 4 (sağda) konutu örneği

Kaynak: (E. G. Talu fotoğraf arşivi, 2024).



Şekil 4.10. Birgi geleneksel konut (tip 1, 2, 3 ve 4) ve konak (Çakırağa konağı) yapılarına örnekler

Kaynak: (URL-12).

- Buradaki geleneksel bu konut yapıları, büyük veya küçük mutlaka bir avlusu ya da bahçesi olan, kendi içine dönük bir mekân düzenlemesine göre inşa edilmiştir. Konutlar, “insan ölçüsüne” göre tasarlanmış dengeli oranlara sahip olup, doğa ile bütünleşmiştir. Çatılar, bazı yapılarda yukarı doğru eğimli olarak

inşa edilmiştir. Çatıların bu şekilde inşa edilmesi, yapısal bir karakter olmasının yanı sıra sokakta biriken sıcak hava sirkülasyonunu da sağlamaktadır (Altınoluk, 2007:73) (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Birgi geleneksel konutlarında yukarı doğru eğimli inşa edilen çatılara örnekler

Kaynak: (E. G. Talu fotoğraf arşivi, 2024; Diri, 2010:141).

4.2. Çalışma Alanı İçerisinde Seçilen Yerleşim Dokusu ve Referans Binalar İçin Mevcut Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi

Tez çalışması kapsamında seçilen yerleşim dokusu ve referans binalar için yerleşme ve bina ölçeğinde mevcut tasarım parametrelerine ait veriler, gerekli kurumlar ve mal sahibi ile görüşmeler sağlanarak elde edilmiştir. Enerji tüketim miktarlarının minimum düzeye indirilmesini amaçlayan bu parametrelerin seçilen çalışma alanı ve referans binalara yönelik optimum değerlerinin belirlenebilmesi için elde edilen veriler, BIM programı aracılığıyla sisteme girilerek analizler yapılmış ve daha sonra analiz sonuçları baz alınarak simülasyon yöntemi ile tekrar hesaplamalar yapılmıştır. Ülkemizde mevcut konut stoğunun sayısal verileri örnek konut ve yerleşim dokularını betimlemede yeterli düzeyde olmadığı için Birgi’de sıklıkla rastlanılan yerleşim dokuları ve konut yapıları incelenerek yaygın olarak kullanılanlar örnek olarak ele alınmıştır. Bu nedenle, bu doğrultuda referans olarak ele alınan yerleşim dokusu ve binalara ait tasarım parametrelerinin o bölge için optimum değerlerinin belirlenmesine yönelik alternatifler geliştirilmiştir. Yerleşim dokusunu betimleyen konut yapıları ise örnek binalar olarak ele alınmıştır. Söz konusu tasarım parametrelerine ait alternatifler geliştirilirken kabul edilen ve kullanılan veriler ayrıntılı bir şekilde bu bölümde açıklanmıştır.

4.2.1. İklimsel konfor koşullarına ilişkin parametreler

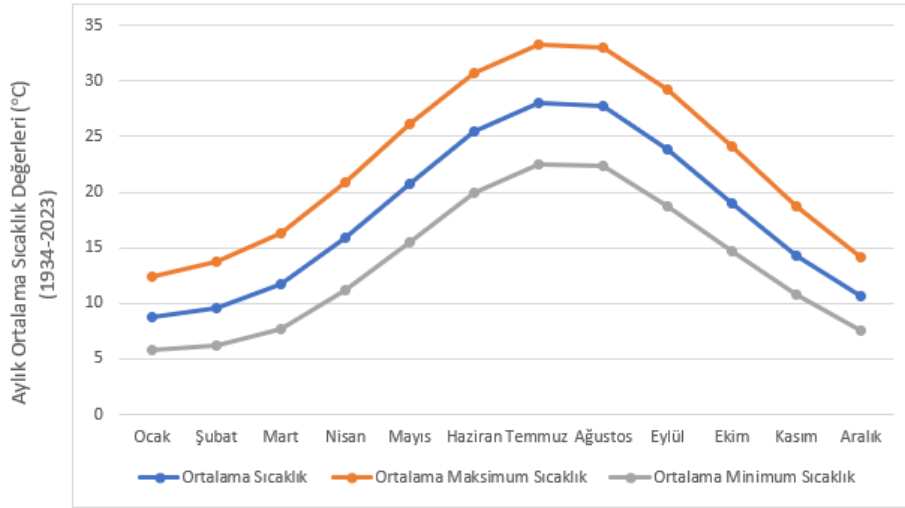
Birgi, yapılan araştırmalarda Ülkemizin sıcak-nemli iklim kuşağının karakteristik niteliklerini temsil etmekle birlikte, hala yürürlükte bulunan TS-825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standardında yer alan ısıtma derece gün bölgelerine göre 1. Bölge içerisinde bulunmaktadır (TS 825, 2013: 52). İzmir ilinin Ödemiş ilçesine bağlı Birgi yerleşim alanı için gerçekleştirilen bu tez kapsamında, iç iklimsel konfor koşullarının sağlanmasında önemli bir paya sahip olan **kullanıcıya ilişkin parametreler**; iklimsel konfor şartları ve yaşama mekânı dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda, ortalama dört kişinin yaşadığı söz konusu referans bina için kullanıcı yoğunluğu kişi başına 0,04 m², aktivite düzeyi 110 W, kişi başına hissedilen ısı kazanımı 73 W, gizli ısı kazanımı 58 W olarak kabul edilmiştir. Kullanıcı giysi tipi ise, soğutma istenen dönemde 0,50 clo, ısıtma istenen dönemde 1,00 clo olarak kabul edilmiştir (TÜİK, 2024; ASHRE, 2017).

İç mekân iklimine yönelik **iç iklimsel parametreler**; soğutma istenen dönemde iç hava sıcaklığı 21°C, ayar sıcaklığı 32°C; ısıtma istenen dönemde iç hava sıcaklığı 23°C, ayar sıcaklığı 13°C kabul edilmiştir (T.C. Resmi Gazetesi, 2010). Soğutma istenen dönem için doğal havalandırmanın çalışır durumda olacağı kabul edilerek yaşama mekanlarında kişi başına düşen en düşük hava miktarı 10 L/s olarak alınmıştır (Atalay, 2018: 9).

4.2.2. Fiziksel ve dış çevre koşullarına ilişkin parametreler

Yerleşim alanlarında enerji tüketim miktarları iklimsel değişikliklere dayalı olarak farklılık göstermektedir. Tez çalışmasında kullanılan iklim verilerini ise Revit Architecture programının, projenin konumu işaretlendikten sonra, belirlenen proje konumuna en yakın hava istasyonundan sistem üzerinden alınan veriler oluşturmaktadır. Revit programı iklimsel veriler hususunda oldukça geniş bir veritabanı sistemi sahiptir ve çoğu bölgenin iklimsel verilerine konum girilerek ulaşılabilir. Ancak, güncel haliyle manuel olarak dışarıdan sisteme iklim verileri girdisi yapılamamaktadır. İzmir ili, Ödemiş ilçesi, Birgi yerleşim dokusu için gerçekleştirilen bu tez çalışmasında GBS_06M12_02_274043 adlı hava istasyonundan sistem üzerinden alınan iklim verileri kullanılmıştır. Sistemde tanımlı iklimsel veriler, soğutma - ısıtma derece günleri, yıllık güneş ışınlamı ve güneşlenme şiddeti değerleri, kuru termometre sıcaklık değerleri, yıllık hâkim rüzgâr yönü ve hızı, nemlilik gibi gereken bütün verileri kapsamaktadır.

Birgi yerleşim alanı sıcak-nemli iklim bölgesinde yer aldığından; kışları ılık ve yağışlı, yazları ise sıcak ve nemli bir iklim özelliği göstermektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 18,0 °C'dir. Yıllık minimum sıcaklık değerleri genellikle Ocak ayında 8,8 °C, maksimum sıcaklık değerleri ise Temmuz ayında 28 °C olarak gerçekleşmektedir. Ortalama maksimum sıcaklık değeri Temmuz ayında 33,3 °C, minimum sıcaklık değeri Ocak ayında 5,8 °C olmaktadır (Şekil 4.12, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14).



Şekil 4.12. Birgi için 1938-2023 yılları arası aylık ortalama sıcaklık değerleri

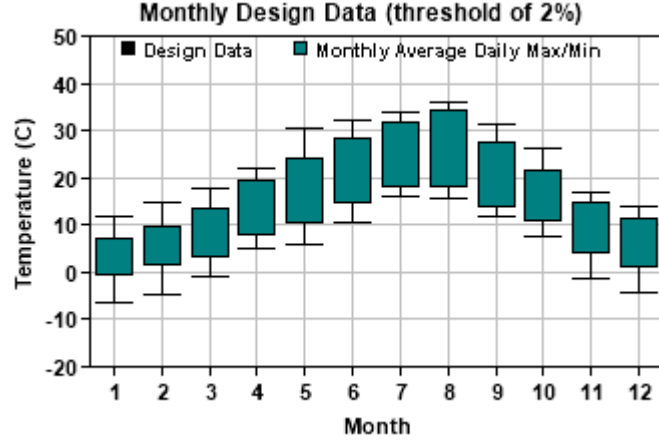
Kaynak: (MGM, 2024).

Çizelge 4.1' de, Birgi'de yerleşim dokusu tasarımında soğutma ve ısıtma için kullanılan kuru ve yaş termometre sıcaklık değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Birgi için soğutma ve ısıtma için ölçülen yıllık kuru ve yaş termometre sıcaklık değerleri

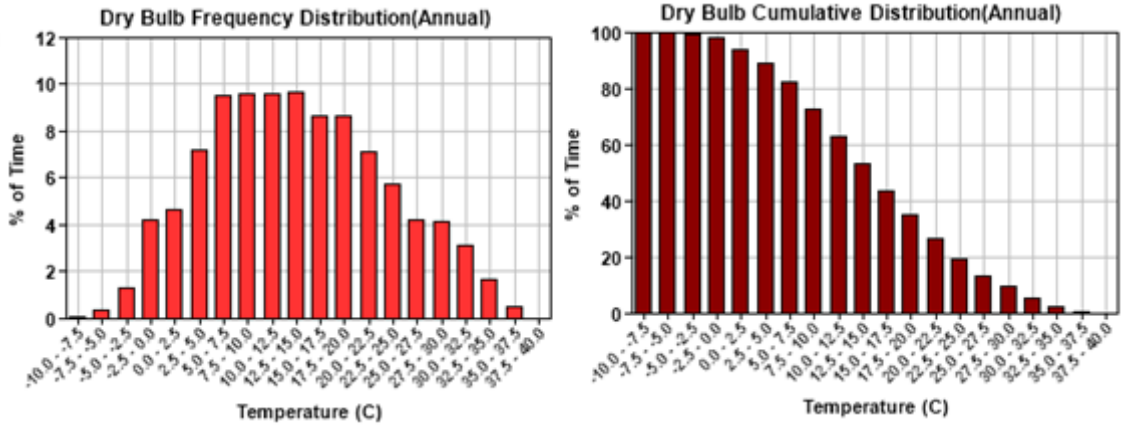
Yıllık Tasarım Koşulları				
Eşik	Soğutma		Isıtma	
	Kuru Termometre(°C)	Yaş Termometre(°C)	Kuru Termometre(°C)	Yaş Termometre(°C)
0.1 %	36.3	20.5	-7.5	-7.6
0.2 %	35.8	21.6	-6.5	-6.9
0.4 %	35.3	20.6	-5.5	-6.0
0.5 %	35.0	20.5	-4.9	-5.9
1 %	33.9	19.9	-3.7	-4.4
2 %	32.6	19.7	-2.3	-3.2
2.5 %	32.1	19.5	-1.9	-2.9
5 %	30.1	19.2	-0.7	-2.1

Kaynak: (Revit yazılımı).



Şekil 4.13. Birgi için aylık tasarım verileri (% 2 eşiği)

Kaynak: (Revit yazılımı).



Şekil 4.14. Birgi için yıllık kuru termometre frekans dağılımı (solda) ve kuru termometre kümülatif dağılımı (sağda)

Kaynak: (Revit yazılımı).

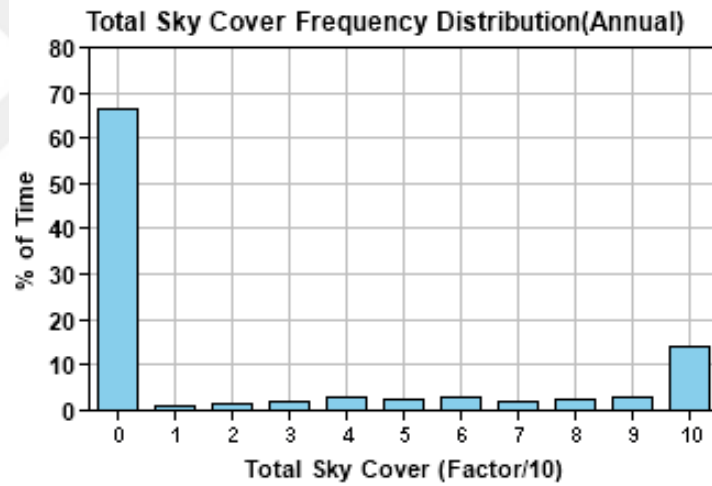
Soğutma ve ısıtma derece günleri; belirli bir zaman diliminde (gün, ay, yıl) dış ortam sıcaklığının hesaba katılarak sıcaklığın ya da soğukluğun şiddetini ölçmeye yaramaktadır. Resmi olarak belirlenmiş bir eşik sıcaklık değeri bulunmamakla beraber yapı sektörü enerji yönetim pratiklerinde eşik sıcaklık değeri 22 °C olarak alınmaktadır. Soğutma ve ısıtma derece günlerinin toplamı kullanılarak binaların ısıtılması ya da soğutulması için gereken enerji gereksinimi hesaplanabilmektedir (MGM, 2024). Çizelge 4.2’de Birgi için kullanılan soğutma ve ısıtma derece günleri eşik sıcaklık değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Birgi için soğutma ve ısıtma derece günleri eşik sıcaklık değerleri

Soğutma Derecesi Günü		Isıtma Derecesi Günü	
<u>Eşik</u>	<u>Değer</u>	<u>Eşik</u>	<u>Değer</u>
18.3 °C	699	18.3 °C	2075
21.1 °C	377	15.6 °C	1469
23.9 °C	137	12.8 °C	949
26.7 °C	20	10 °C	546

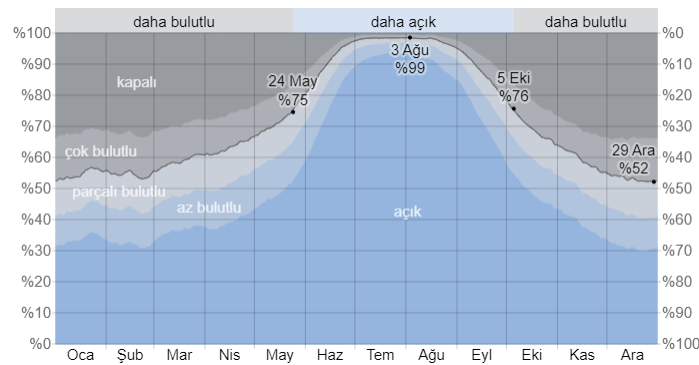
Kaynak: (Revit yazılımı).

Birgi’ de yılın gökyüzünün daha açık olduğu zaman Mayıs ayı sonlarında başlamakta ve 4 ay boyunca devam edip Ekim ayının başlarında sona ermektedir. Yılın en açık ayı Temmuz ayı olup, bu ay boyunca gökyüzü %99 oranında çoğunlukla açık olmaktadır. En bulutlu ayı ise Aralık ayı olup, bu ay boyunca gökyüzü %47 oranında çoğunlukla kapalı ve bulutlu olmaktadır (MGM, 2024) (Şekil 4.15 ve Şekil 4.16).



Şekil 4.15. Birgi için yıllık toplam gökyüzü örtüsü frekans dağılımı

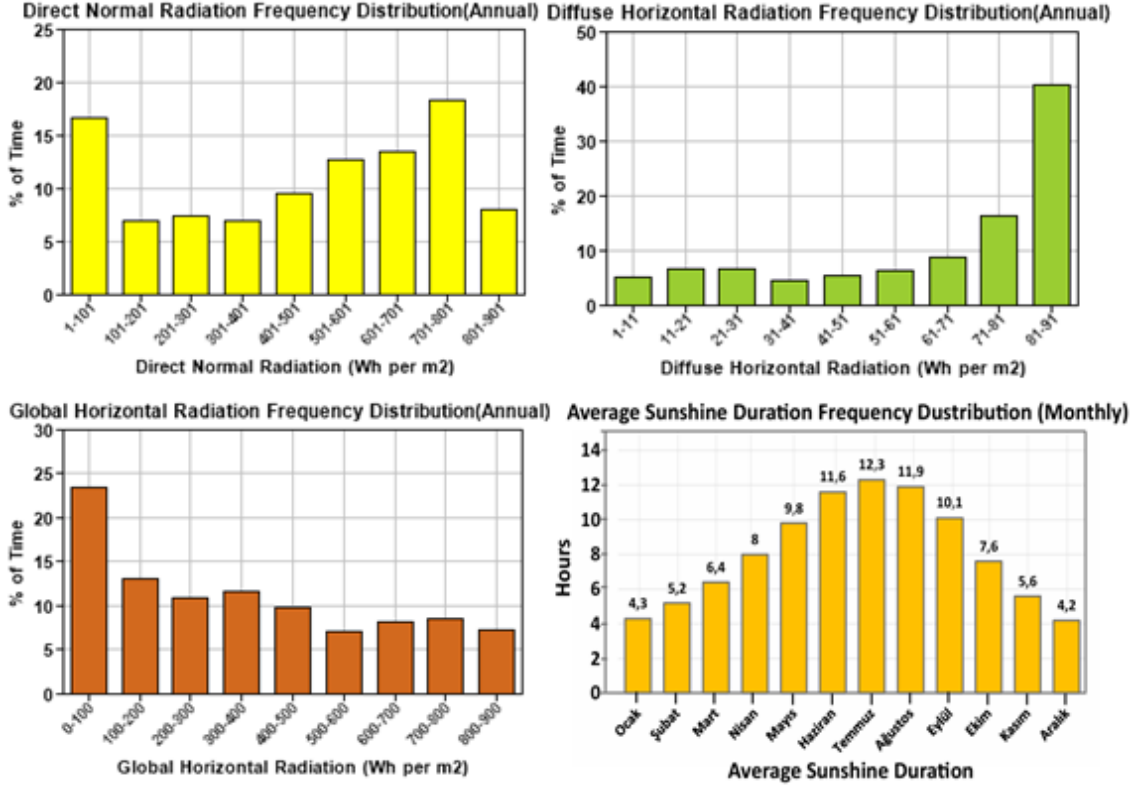
Kaynak: (Revit yazılımı).



Şekil 4.16. Birgi için yıllık bulutluluk oranı

Kaynak: (URL-13).

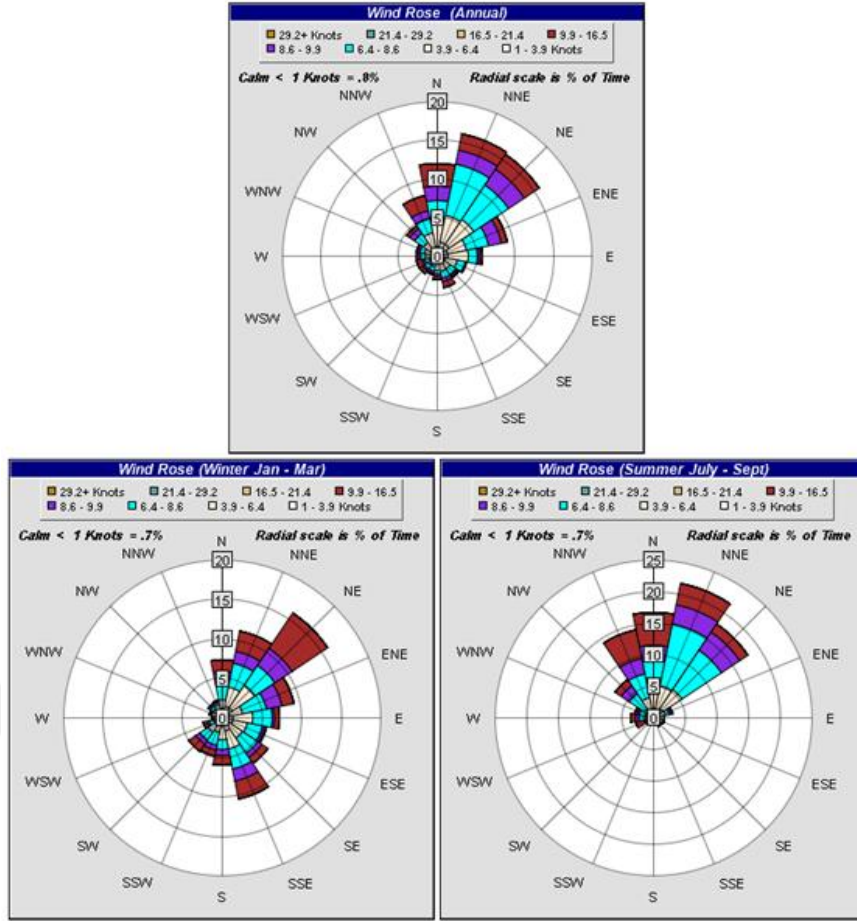
Birgi’de yılın ortalama 300 günü güneşli ve yüksek güneş ışınlımı altında geçmektedir. Yaz aylarında güneşlenme süresi 12 saate kadar ulaşabilmektedir. Ortalama 1500-1600 kwh/m2 güneşlenme radyasyonu (ışınlımı) gerçekleşmektedir. Yaz dönemlerinde ise bu ışınlım miktarı 1750 kwh/m2-yıla ulaşabilmektedir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Birgi için yıllık doğrudan normal ışınlım (sol üst), dağınık yatay ışınlım (sağ üst), küresel yatay ışınlım (sol alt) ve aylık ortalama güneşlenme süresi (sağ alt) frekans dağılımı

Kaynak: (Revit yazılımı).

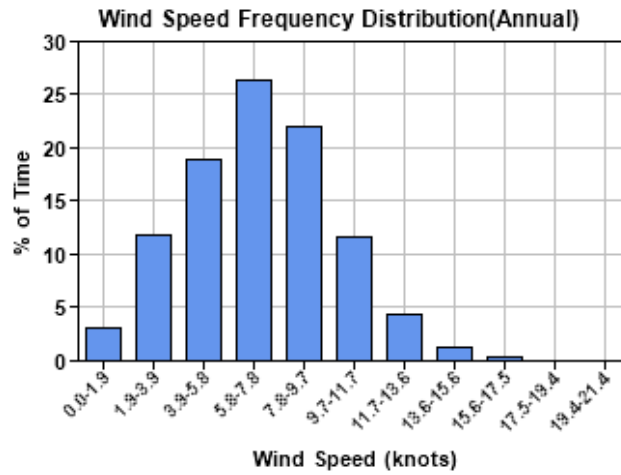
Birgi’de iklimi etkileyen diğer bir faktör olan rüzgarın Revit yazılımı ve MGM’den alınan verileri incelendiğinde hakim rüzgar yönünün kuzeydoğu, ısıtmaya ihtiyaç olmayan dönemde kuzey ve kuzeydoğu; ısıtmaya ihtiyaç olan dönemde ise kuzeydoğu ve güneydoğu rüzgarlarının etken olduğu görülmektedir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Birgi için rüzgâr diyagramı

Kaynak: (Revit yazılımı).

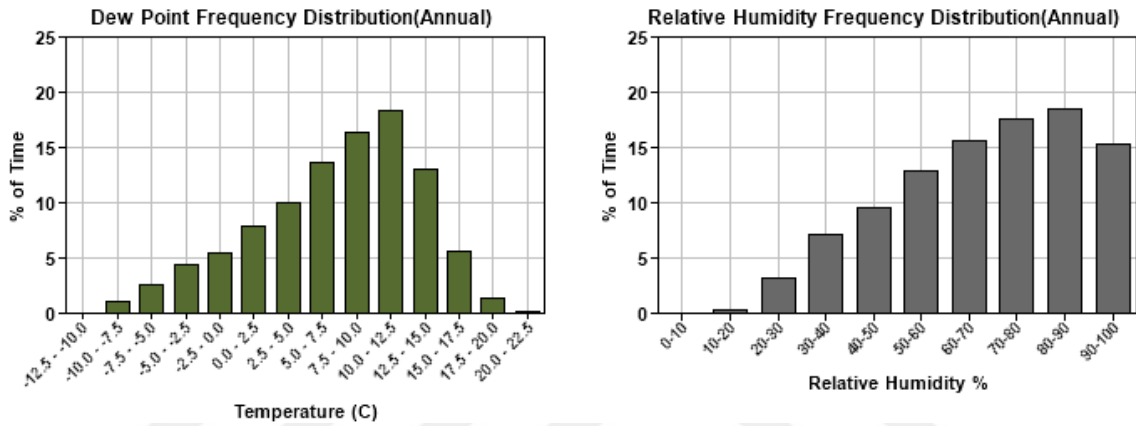
Yılın daha rüzgarlı olan döneminde rüzgar hızı ortalama 11,1 km/s olmaktadır. Yılın en rüzgarlı ayı Temmuz ayı olup, bu dönemde ortalama saatlik rüzgar hızı 12,6 km/s; en sakin ayı Mayıs ayı olup, ortalama saatlik rüzgar hızı 9,7 km/s olmaktadır (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Birgi için rüzgâr hızı frekans dağılımı

Kaynak: (Revit yazılımı).

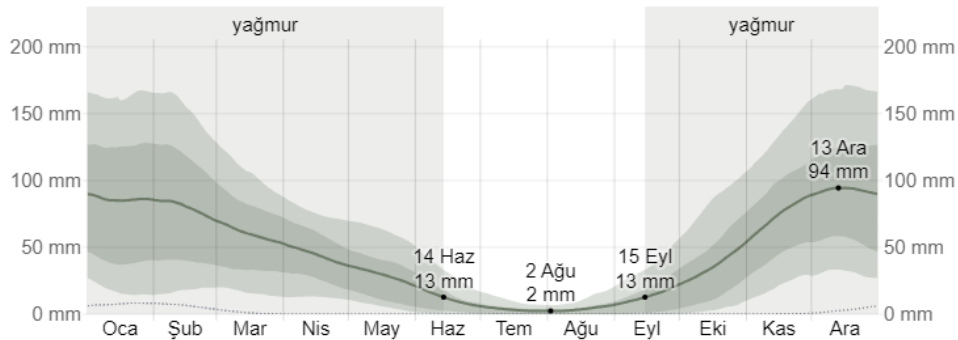
Birgi'nin nemlilik düzeyine bakıldığında; nem rahatlık seviyeleri için çiğlenme noktasının baz alındığı görülmektedir. Çiğlenme noktası, terin vücuttan buharlaşıp buharlaşmayacağını ve bu sayede vücudu serinletip serinletmeyeceğini etkilemektedir. Düşük çiğlenme noktası seviyesi daha kuru bir hissedilmesine, yüksek çiğlenme noktası seviyesi daha nemli hissedilmesini sağlamaktadır. Birgi'de ise nemlilik düzeyinin basık, dayanılmaz ya da bunaltıcı olduğu dönemlerdeki yüzdesiyle ölçülen, hissedilen nem oranı yıl içinde önemli boyutta değişiklik göstermemekte ve tüm yıl içinde %1 seviyesinin %1 artı ya da eksi civarında kalmaktadır (MGM, 2024; Revit yazılımı) (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Birgi için çiğlenme noktası (solda) ve Bağıl nem (sağda) frekans dağılımı

Kaynak: (Revit yazılımı).

Birgi'de yıllık yağış miktarı en yağmurlu dönemde ortalama 94 mm, en az yağmurlu dönemde ise ortalama 3 mm seviyelerinde olmaktadır (MGM, 2024; URL-13) (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Birgi için aylık yağış miktarı

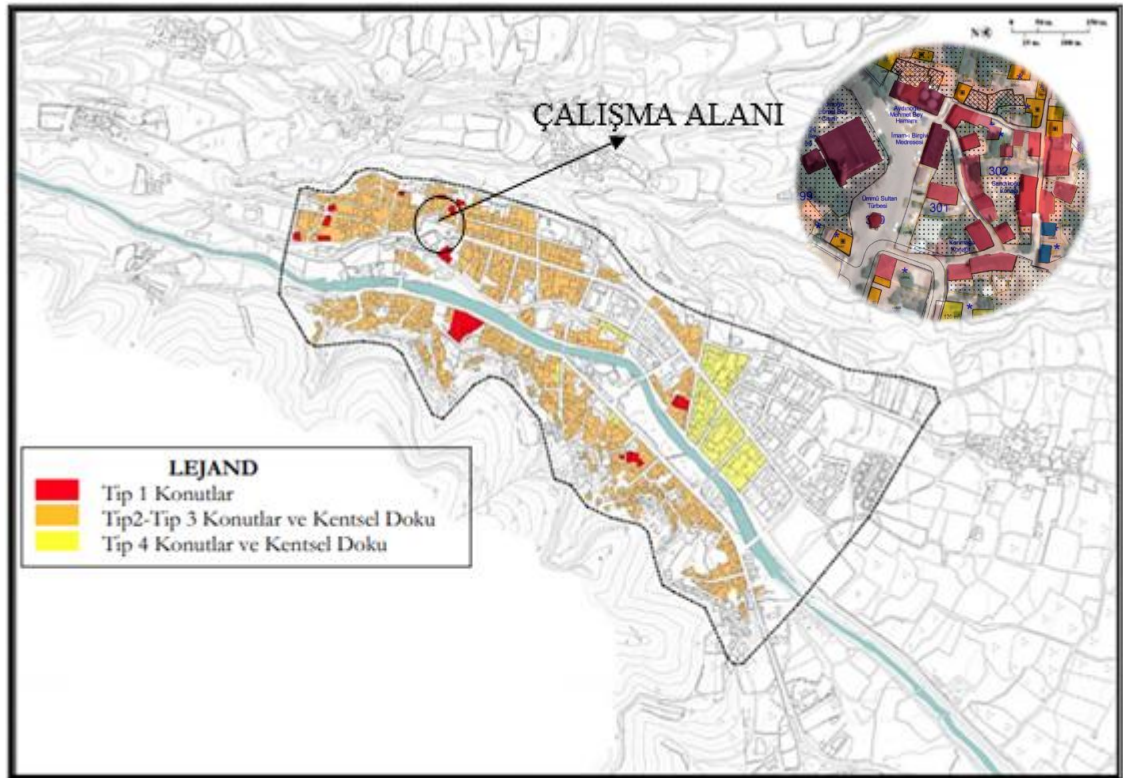
Kaynak: (URL-13).

4.2.3. Referans alınan yerleşme dokusu ve binalar için yapay çevre koşullarına ilişkin parametreler

Referans alınan yerleşme dokusu ve binalar için belirlenen ve kabul edilen yapay (yapma) çevre koşullarına yönelik tasarım parametreleri aşağıda açıklanmıştır:

Topoğrafik koşullar (Yer)

Seçilen çalışma alanında analiz edilen yerleşme dokusu, bina yükseklikleri ve alanları birbirinden farklı olan farklı bina türlerinin değişik mesafelerde konumlanarak toplam 32 adet binanın bir araya gelmesiyle oluşmaktadır (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Birgi içinde seçilen çalışma alanı

Kaynak: (Diri, 2010:72).

Yerleşme dokusunda cami, medrese, hamam gibi anıtsal yapılar, geleneksel konut yapıları ve mimari özellikli sivil yapılar bulunmakta olup, bu yapılar dar kıvrımlı ve ızgara sistemiyle oluşmuş geometrik sokakların yer aldığı oldukça eğimli bir yerey (arazi) parçası üzerinde konumlanmaktadır (Şekil 4.23 ve Şekil 4.24). Çalışmada İzmir ili, Ödemiş ilçesi, Birgi yerleşkesi içinde seçilen yerleşim dokusu esas alındığı için yapılan tüm alternatiflerde yerey parçası 38,25 enlem, 28,06 boylam koordinatlarında ve denizden yüksekliği 390 m'dir.

Çalışma alanında yer alan yapıların birbirine göre konumu ve yapılar arasındaki mesafe, yapı yüksekliklerinin yapı aralıklarına oranı olarak tanımlanan H/W oranına göre tespit edilmiştir. Referans yerleşim dokusuna bakıldığında yapıların 1,2 ve 3 katlı, ortalama kat yüksekliklerinin 2,50m, ortalama bina yüksekliklerinin 2,50-7,50m arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 4.27). Yapılar genellikle birbirine bitişik nizamda konumlandırıldığından yapılar arasındaki mesafenin sokak genişlikleri ile sağlandığı, sokak genişliklerinin ise 2-7m arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, yapıların yönelimine bakıldığında, yapılar eğimli arazi yapısına uygun olarak kademeli bir şekilde kuzey-güney yönünde yönelim sağlanarak konumlandırılmıştır (Şekil 4.25, Şekil 4.26 ve Şekil 4.27).



Şekil 4.25. Referans yerleşim dokusunda yapılaşma şekli, yapıların yönelimi ve sokak genişlikleri
Kaynak: (URL-14).



Şekil 4.26. Referans yerleşim dokusunda yapılaşma şeklinin 3D görünümü



Şekil 4.27. Referans yerleşim dokusundan görüntüler

Kaynak: (Talu, E. G. fotoğraf arşivi, 2024).

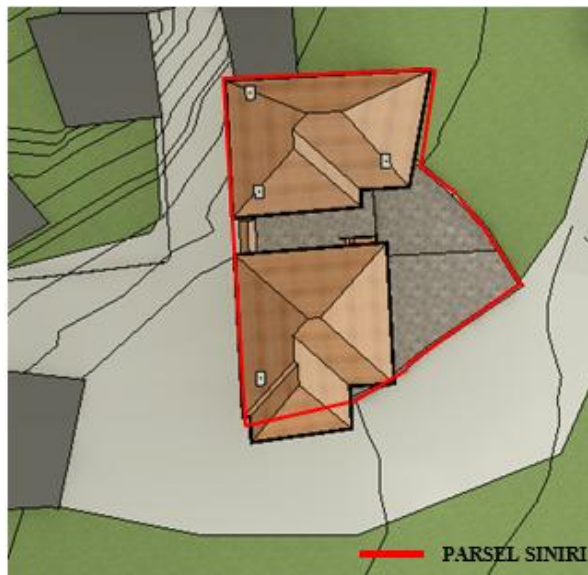
Referans binaların formları

Çalışmada referans binalar kararlaştırılırken Birgi yerleşkesinde görülen plan tipleri temel alınmıştır. Çalışma alanında yer alan konut yapıları incelendiğinde kare ve dikdörtgen yapıda bina formlarının olduğu görülmektedir. Dolayısıyla çalışma alanındaki bu bina formları aynı zamanda yerleşim dokusunun da formunu oluşturmaktadır. Seçilen yerleşme dokusunun en güneyinde yer alan binalar referans binalar olarak seçilmiştir ve 2 adet konut tipi referans bina ele alınmıştır (Şekil 4.28 ve Şekil 4.29).



Şekil 4.28. Referans binaların yerleşim dokusu içindeki konumu

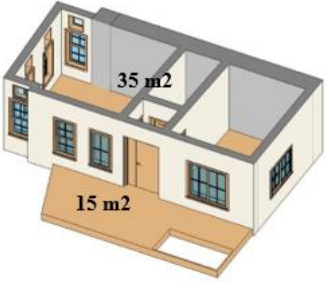
Kaynak: (URL-14).



Şekil 4.29. Referans binalara ait vaziyet planı

Analizlerin gerçekleştirileceği bu referans binalardan *birincisi*, bodrum + zemin + 1. kat olmak üzere 3 kattan oluşmakta olup; bodrum katta kiler; zemin katta oda; 1. katta oturma odası, yatak odası, ıslak hacim ve hayat mahalleri bulunmaktadır. Toplam 3 kattan oluşan bu bina, 80 m²'lik bir modülden oluşmaktadır ve 15 m²'lik bölümü sirkülasyon alanına 65 m²'lik bölümü yaşama alanlarına ayrılmıştır. Bina yüksekliği ise 6,78m'dir (Çizelge 4.3).

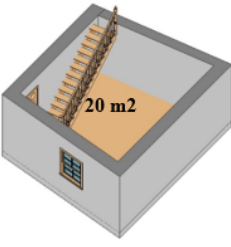
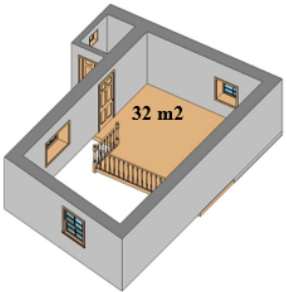
Çizelge 4.3. Birinci referans binanın plan tipleri ve ölçüleri

1.Referans Bina	Bodrum Kat Planı (-1.78 kotu)	Zemin Kat Planı (0.00 kotu)	1.Kat Planı (+2.30 kotu)
Kat Planları			
M ²	15 m ²	15 m ²	50 m ²

Kaynak: (Keskin B. arşivinden alınarak oluşturulmuştur).

İkinci referans bina, bodrum + zemin kat olmak üzere 2 kattan oluşmakta olup; bodrum katta oturma odası; zemin katta mutfak mahalleri bulunmaktadır. Toplam 2 kattan oluşan bu bina 52 m²'lik bir modülden oluşmaktadır ve 3,5 m²'lik bölümü sirkülasyon alanına, 48,5m²'lik bölümü yaşama alanlarına ayrılmıştır. Bina yüksekliği ise 5,20m'dir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. İkinci referans binanın plan tipleri ve ölçüleri

2.Referans Bina	Bodrum Kat Planı (-2.50 kotu)	Zemin Kat Planı (+0.20 kotu)
Kat Planları		
M ²	20 m ²	32 m ²

Kaynak: (Keskin B. arşivinden alınarak oluşturulmuştur).

Referans alınan bu iki bina iki ayrı parsel üzerinde bulunmakta olup kullanıcılar tarafından birlikte kullanılmaktadır. Bu binalar kararlaştırılırken yapı formları, planda yapı genişliğinin yapı derinliğine oranı olarak ifade edilen biçim faktörüne dayalı olarak kare ve dikdörtgen taban alanına sahip plan tipleri üzerinden belirlenmiştir (Çizelge 4.5, Çizelge 4.6, Şekil 4.30 ve Şekil 4.31).

Çizelge 4.5. Referans binalara ait kat planları

Referans Binalar	Kat Planları
Bodrum Kat Planı (-1.78 ve -2.50 kotu)	
Zemin Kat Planı (0.00 ve +0.20 kotu)	
1.Kat Planı (+2.30 kotu)	 BANYO HAYAT HOL MEVCUT KİLER MUTFAK ODA OTURMA ODASI OTURMA ODASI 2 AVLU WC YATAK ODASI

Çizelge 4.6. Referans binalara ait kesitler

Referans Binalar	Kesitler
A-A Kesiti	5.00 kotu 500 1. kat planı(2.30 kotu) 230 zemin kat planı(+0.20 kotu) 20 bodrum kat planı (-1.78 kotu) -178
B-B Kesiti	5.00 kotu 500 1. kat planı(2.30 kotu) 230 zemin kat planı(+0.20 kotu) 20 bodrum kat planı (-1.78 kotu) -178
C-C Kesiti	5.00 kotu 500 1. kat planı(2.30 kotu) 230 zemin kat planı(+0.20 kotu) 20 bodrum kat planı (-1.78 kotu) -178
D-D Kesiti	5.00 kotu 500 1. kat planı(2.30 kotu) 230 zemin kat planı(+0.20 kotu) 20 bodrum kat planı (-1.78 kotu) -178



Şekil 4.30. Referans binalara ilişkin 3D görüntüler

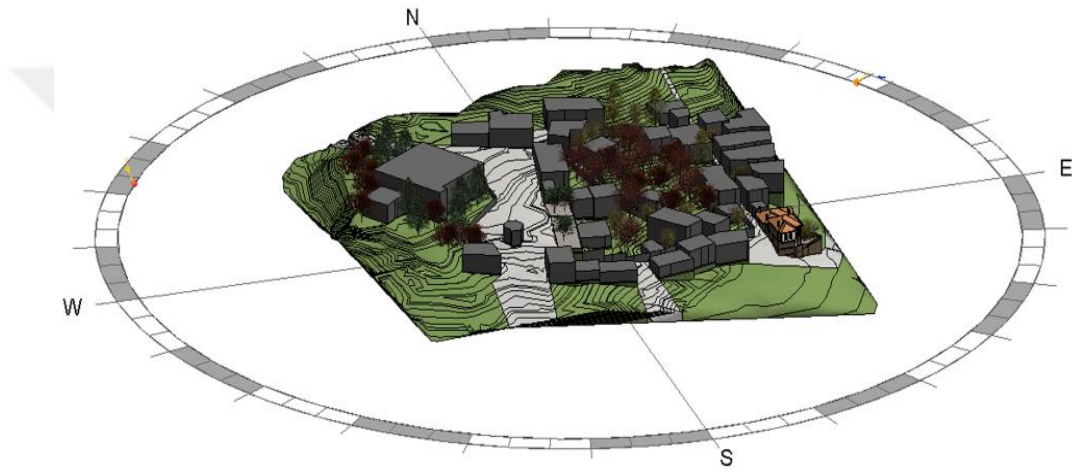


Şekil 4.31. Referans binalara ait görüntüler

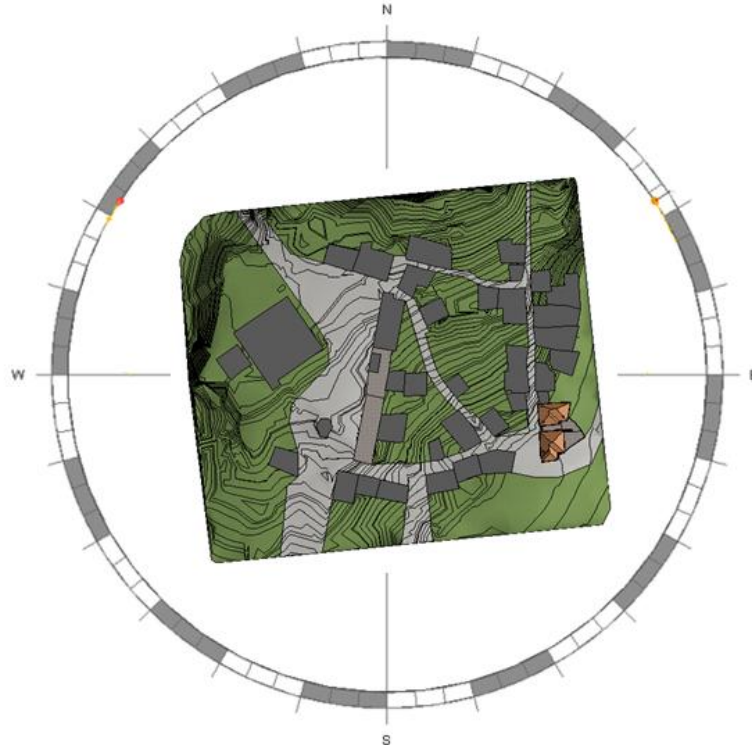
Kaynak: (Talu E. G. Ve Keskin B. fotoğraf arşivi, 2024).

Referans binaların ve yerleşimin yönlendiriliş durumu

Yerleşimlerin ve yapıların yönlendirilme durumlarına göre dış çevre şartlarının yapılar üzerindeki etkileri farklılık gösterdiğinden enerji tüketimlerinin azaltılmasında dış ve fiziksel çevre şartlarının etki seviyesinin belirlenebilmesinde yönlendirilme durumu önem taşımaktadır. Çalışmada ele alınan yerleşim dokusunda ise komşu yapıların, referans binaların giriş cephelerinin yer aldığı sokaklara paralel istikamet doğrultularının esas alınarak yönlendirilme yapıldığı görülmektedir. Yerleşme dokusunun en güneydoğu konumunda bulunan 2 adet yapı referans binalar olarak belirlenmiştir (Şekil 4.32 ve Şekil 4.33).



Şekil 4.32. Yerleşim dokusu ve referans binaların konumlandırılması

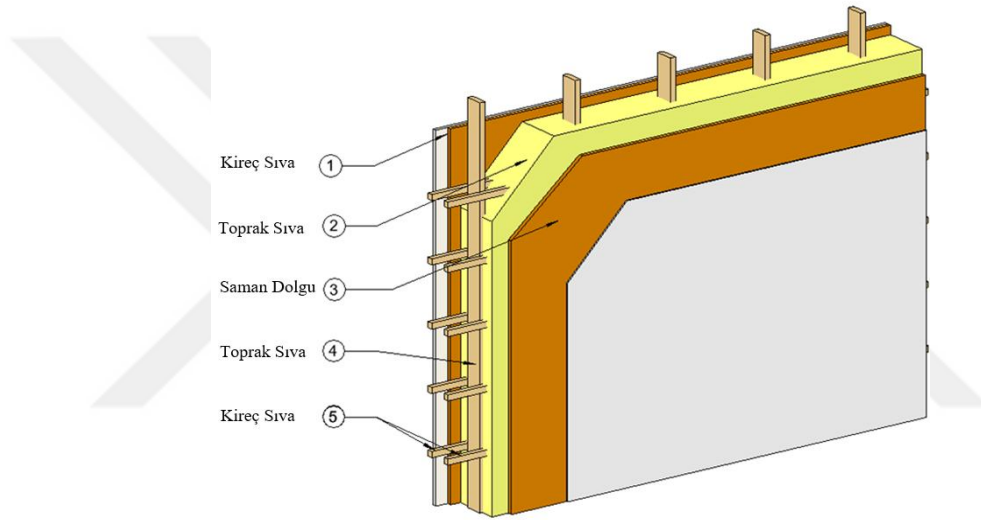


Şekil 4.33. Yerleşim dokusunda referans binaların yönlendiriliş durumu

Referans binaların yapı kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri

Yapı kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri, güneş ışıınımı, hava sıcaklığı, rüzgâr gibi iklimsel bileşenlerin yapı üzerindeki etkilerini ve buna dayalı olarak kaybedilen ve kazanılan ısı miktarının belirlenmesinde önemli olan bir parametredir.

Çalışma kapsamında referans olarak seçilen binaların bodrum katlarında düşey eleman olarak, 50 ve 70 cm’lik sıvalı taş duvar kullanılmış, taş duvarların ön ve arka yüzeylerine 80-150 cm mesafe aralıklarında yatay 12x12 cm’lik ahşap hatıllar kullanılmıştır. Taş duvar ile ahşap duvarın birleşme noktasında, düşey 20x20 cm ahşap düşey direkler bulunmaktadır. Diğer duvarlar 15 cm genişliğinde ahşap taşıyıcılı ahşap duvarlardan oluşmaktadır (Şekil 4.34).



Şekil 4.34. Referans yapılarda kullanılan ahşap duvar katmanları

Kaynak: (Revit yazılımı).

Binaların ara kat döşemelerinde, ahşap kaplamalı 15 cm’lik ahşap döşeme kullanılmıştır. Bodrum kat döşemeleri toprağa oturmaktadır. Toprağa oturan döşemeler kestane ağacından üretilen 20x20 ana taşıyıcılardan oluşan ızgara sistemi üzerine oturtulmuştur.

Çatılar, Birgi yerleşim yerinin geleneksel dokusuna ve iklimsel koşullarına uygun olarak alaturka kiremit kaplı kırma ahşap çatıdan oluşmakta olup, çatıda 1,6 cm yağmur perdesi (su yalıtımı) kullanılmıştır.

Binaların tüm katlarındaki pencere ve kapılar ahşap doğrama olup, pencereler iki kanatlı ve çift camlı olmak üzere ahşap kepenklidir. Havalandırma sistemi olarak ise pencere ve kapılar aracılığı ile gerçekleşen doğal havalandırma sistemi kullanılmıştır.

Tez çalışması kapsamında seçilen yerleşme dokusunda enerji tüketimleri, hesaplanan referans binaların dış kabuğuna yönelik optik ve termofiziksel özellikler, binalarda kullanılan malzeme türleri ve katmanlaşma detayına göre TS 825-Binalarda Isı Yalıtım Kuralları isimli standartta belirtilen toplam ısı iletkenlik katsayısı sınır değerleri esas alınarak oluşturulmuştur (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Referans binalar için tanımlanan katmanlaşma detayları ve U değerleri

Bileşen Adı	Katmanlar	Isıl İletkenlik Katsayısı (W/mK)	Kalınlık (m)	Yoğunluk (kg/m ³)	U değeri (w/m ² K)	Birgi Limit U Değerleri-Ts 825 (w/m ² K)
Dış Duvar ¹ (Taş Duvar)	Sıva (Kireç-çimento harcı)	0,80	0,02	1600	0,864	
	Kayrak taşı	1,046	0,7	2300		
Dış Duvar ² (Taş Duvar)	Sıva (Kireç-çimento harcı)	0,80	0,02	1600	0,503	
	Kayrak taşı	1,046	0,5	2300		
Dış Duvar ³ (Ahşap Duvar)	Kireç sıva	0,7	0,03	1600	2,828	2,60
	Toprak sıva	1	0,035	1042		
	Saman dolgu	0,052	0,15	100		
	Toprak sıva	1	0,035	1042		
	Kireç sıva	0,7	0,03	1600		
İç Duvar (Ahşap Duvar)	Kireç sıva	0,7	0,03	1600	2,828	
	Toprak sıva	1	0,035	1042		
	Saman dolgu	0,052	0,15	100		
	Toprak sıva	1	0,035	1042		
	Kireç sıva	0,7	0,03	1600		
İç Döşeme (Ahşap Döşeme)	Ahşap döşeme kaplaması	0,40	0,03	496	1,56	
	Ahşap döşeme	0,18	0,15	630		
	Ahşap döşeme kaplaması	0,40	0,03	496		
Toprağa Temas Eden Döşeme	Ahşap döşeme kaplaması	0,40	0,03	496	2,93	2,95
	Ahşap döşeme	0,18	0,15	630		
	Ahşap kadronlar arası ısı yalıtım levhası (xps)	0,04	0,04	35		
	Su yalıtımı örtüsü	0,03	0,01	1200		
	Grobeton	1,74	0,2	2000		
	Blokaj	0,70	0,2	1300		
	Toprak zemin	1,65	0,2	2200		
Çatı	Sert ve nefes alabilen yağmur perdesi	0,044	0,016	205	3,37	3,37
	Ahşap Döşeme	0,052	0,1	100		
	Buhar freni	0,23	0,001	700		
	İç destek	0,13	0,016	620		
Pencere	Low-E kaplamalı düz cam	1,00	0,00	-	3,1293	2,07
	Hava boşluğu (argon)	-	0,01	-		
	Low-E kaplamalı düz cam	1,00	0,00	-		
	Ahşap					

Kaynak: (TS 825, 2013).

Referans binaların aktif yapı alt sistemlerine ilişkin parametreler

Aktif yapı alt sistemlerinin seçiminde Revit yazılımı, kullanıcıya belirli birkaç sistem seçeneği sunmasıyla birlikte bu seçenekler farklı olarak manuel bir şekilde sistem seçimleri yapılamamaktadır. Bu çalışma kapsamında ise referans yapılarda aktif yapı alt sistemi olarak ısı pompası kullanılmıştır. Referans yapılarda kullanılan sistem konutlar için Residential 14 SEER/8.3 HSPF Split Packaged Heat Pump olarak seçilerek sisteme girilmiştir. Seçilen aktif alt yapı sisteminin sahip olduğu ayrıntılı özellikler şu şekildedir:

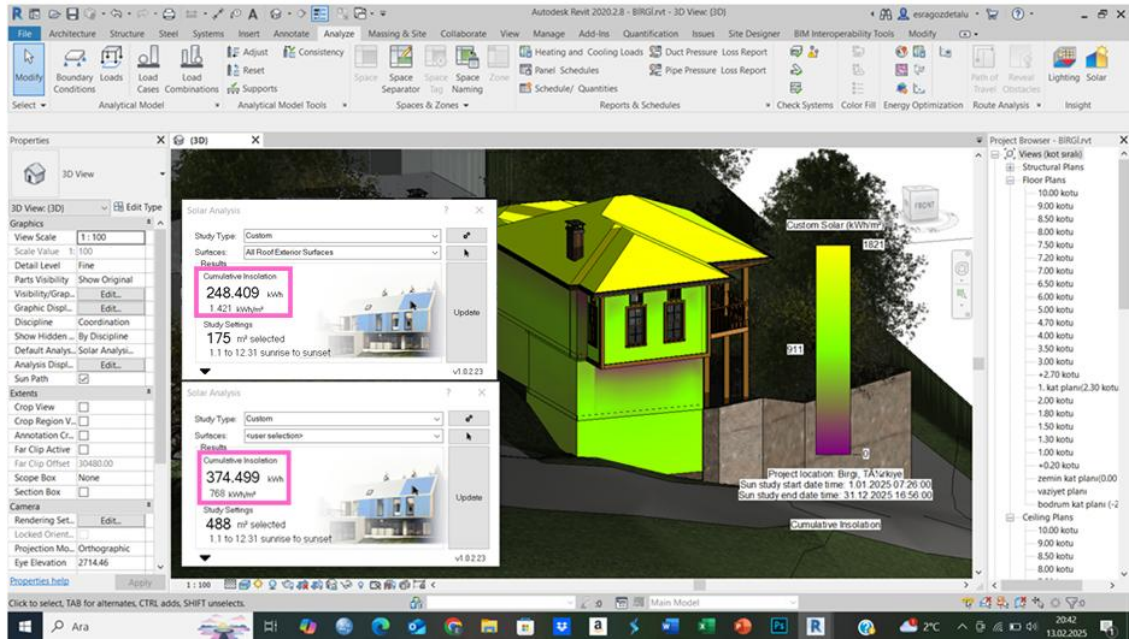
- Dışarıdan aldığı enerji ile düşük sıcaklığa sahip bir ortamdan aldığı ısıyı yüksek sıcaklığa sahip ortama vererek kışın ısıtma, yazın ise soğutma ihtiyacını karşılamaktadır.
- En önemli özelliği performans katsayısıdır. Performans katsayısı ise COP ya da COP_{IP} olarak gösterilmektedir ve bu değer 4 ten büyüktür.
- İç ve dış üniteleri tek bir modül olarak birleştiren bu sistem sadece su borularıyla bağlanarak soğutucu borulara olan gereksinimi ortadan kaldırmaktadır.
- Plakalı ısı eşanjörü, su pompası, genleşme tankı, akış ve basınç sensörü, emniyet ve havalandırma valfleri gibi hidrolik elemanların ünitenin içine uygun bir şekilde yerleştirilmesi ile karbon salınımlarını düşürerek özellikle düşük sıcaklığa sahip ortamda ısıtma performansı sağlamaktadır. EVI fonksiyonu sayesinde en az uygulama aralığı -25°C'ye kadar inebilmektedir.
- Çevre dostudur ve enerji bakımından daha verimlidir. Yüksek verimlilik sayesinde enerji tasarrufu sağlamaktadır.
- Güç kaynağı 220-240V~50 Hz
- A7/W35'te ısıtma kapasitesi (min/max) 3,5/12,0 kW
- A7/W35'te soğutma kapasitesi (min/max) 2,8/10,0 kW
- A7/W35'te güç girişi 2,16 kW
- Nominal güç girişi (max) 4,8 kW
- Soğutucu/dolum ağırlığı R32/1,7 kg
- Maksimum çıkış suyu sıcaklığı 60 °C

4.3. Birgi İçin Seçilen Mevcut Referans Yerleşim Dokusu ve Binalara İlişkin Analizlerin Yapılması ve Analiz Sonuçları

4.3.1. Analizler ve sonuçları

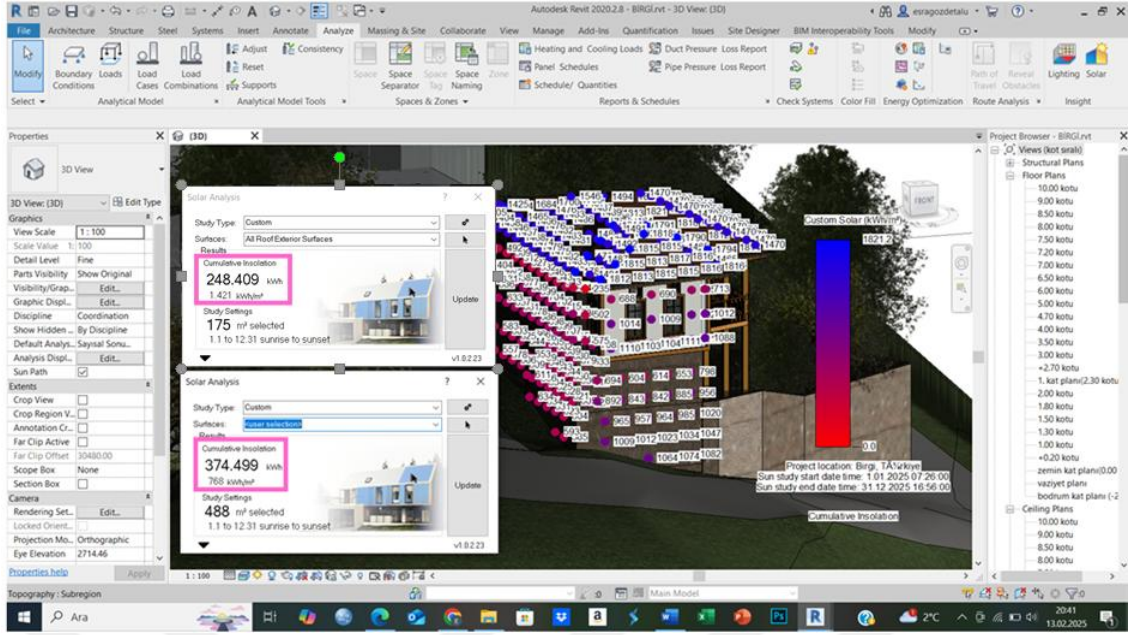
Güneş Işınımı Analizi:

Birgi yerleşim dokusu örneği için seçilen yerleşim dokusuna ve referans binalara ilişkin toplanan tüm veriler sisteme girildikten sonra referans binalar için yıllık gölge ve güneş analizi (01.01.2025-31.12.2025 tarihleri ve 07.26-16.56 saatleri arasında) yapılmıştır. Analiz sonucunda referans binaların bu tarih ve saatlerdeki yıllık kütesel ortalama güneş ışınlımının 374,499 kWh, çatıda 248,409 kWh; binaların geneli incelendiğinde ise güney yönündeki yüzeylerinde bu değerlerin 604-1088 kWh, kuzey yönündeki yüzeylerinde 156-233 kWh, batı yönündeki yüzeylerinde 270-730 kWh, doğu yönündeki yüzeylerinde 374-1014 kWh olduğu görülmektedir (Şekil 4.35 ve Şekil 4.36). Bu değerlerden referans binaların yıllık ortalama enerji tüketiminin 374,499 kWh olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 4.35. Referans binalara ilişkin kütesel gölge ve güneş analizi

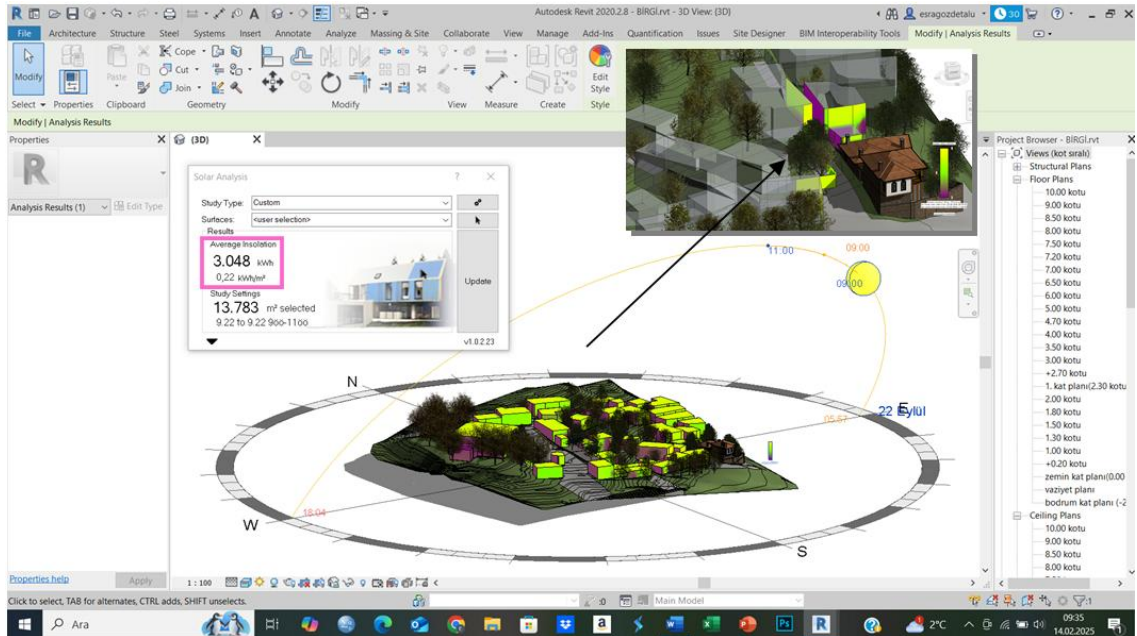
Kaynak: (Revit yazılımı).



Şekil 4.36. Referans binalara ilişkin kütlelesel gölge ve güneş analizi sonuç grafiği

Kaynak: (Revit yazılımı).

Çevre yapıların ve farklı yüzeylerin ışıma erişimine etkisi incelendiğinde (22.09.2025 tarih ve 09:00-11:00 saatleri arasında), çevre yapıların referans binalara olan ortalama güneş ışımasını etkisinin 3,048 kWh ve bu zaman sürecince ortalama enerji kazanımının 3.048×2 (toplam saat)=6,096 kWh olduğu söylenebilmektedir (Şekil 4.37).

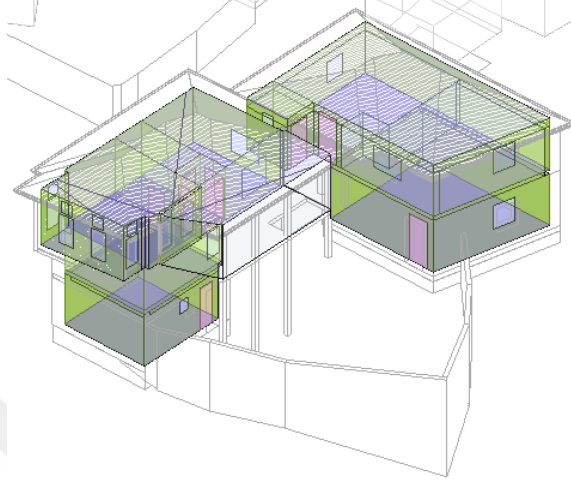


Şekil 4.37. Çevre yapıların ve farklı yüzeylerin referans binalara olan güneş ışımasına etkisi

Kaynak: (Revit yazılımı).

Isıtma ve Soğutma Analizi:

Isıtma ve soğutma analizi değerlerinde kullanıcıya ilişkin parametreler ile iç iklimsel parametreler sisteme tanımladıktan sonra referans binalar için ısıtma ve soğutma analizi yapılmıştır (Şekil 4.38). Analiz sonuçlarına ait veriler **EK A**'da verilmiştir.



Şekil 4.38. Referans binalara ilişkin ısıtma ve soğutma analizi mevcut enerji modülü

Kaynak: (Revit yazılımı).

Yapılan analizler sonucunda referans binaların ısıtma ve soğutma yükleri değerleri incelendiğinde maximum soğutmanın ağustos ayında ve saat 05:00' te, en yüksek toplam soğutma yükünün 1. katta 272,076 W, ısıtma yükünün ise bodrum katta 7,232 W olduğu görülmektedir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Referans binalara ilişkin ısıtma ve soğutma yükleri değerleri

Referans Binalara İlişkin Isıtma ve Soğutma Yükleri Değerleri			
Analiz Sonuçları	Bodrum Kat Planı (-1.78 ve -2.50 kotu)	Zemin Kat Planı (0.00 ve +0.20 kotu)	1. Kat Planı (+2.30 kotu)
Maksimum Toplam Soğutma Yüğü (W)	117,497	171,993	272,076
Maksimum Soğutma Ay ve Saati	Ağustos-05:00	Ağustos-05:00	Ağustos-05:00
Maksimum Soğutma Duyarlı Yüğü (W)	63,497	93,385	147,148
Maksimum Soğutma Gizli Yüğü (W)	54,000	78,608	124,928
Maksimum Soğutma Hava Akımı (L/s)	10,351.8	15,153.1	23,970.7
Maksimum Isıtma Yüğü (W)	7,232	3,319	5,397
Maksimum Isıtma Hava Akımı (L/s)	10,386.8	15,090.9	23,984.2
Soğutma Yüğü Yoğunluğu (W/m ²)	2,831.48	2,285.75	2,839.46
Isıtma Yüğü Yoğunluğu (W/m ²)	174.28	55.06	56.32
Soğutma Alanı/Yüğü (m ² /kW)	0.35	0.35	0.35

Kaynak: (Revit yazılımından alınarak oluşturulmuştur).

Referans binaların ısıtma ve soğutma yüklerini etkileyen yapı bileşenleri detaylı olarak incelendiğinde ise binaların duvarlardan, bodrum katta %-0,54, zemin katta %0,12 ve 1.katta %-0,22; sırasıyla pencerelerden %1,51-0,02-0,05; kapılardan bodrum katta %3,32 ve zemin ile 1.katta %-0,01 soğutma yüklerinden; duvarlardan bodrum katta %88,17, zemin katta %81,93 ve 1.katta %91,83; pencerelerden sırasıyla %51,51-2,59-22,11, kapılardan %6,49-25,46-0 ısıtma yüklerinden etkilendiği görülmektedir. Binaların döşeme ve çatıdan ise %0 etkilendiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Referans binalara ilişkin ısıtma ve soğutma yüklerine etki eden yapı bileşenleri değerleri (%)

Referans Binalara İlişkin Isıtma ve Soğutma Yüklerine Etki Eden Bileşenlerin Yüzde (%) Değerleri			
Yapı Bileşenleri (Soğutma)	Bodrum Kat Planı (-1.78 ve -2.50 kotu)	Zemin Kat Planı (0.00 ve +0.20 kotu)	1. Kat Planı (+2.30 kotu)
Duvar	%-0,54	%0,12	%-0,22
Pencere	%1,51	%0,02	%0,05
Kapı	%3,32	%-0,01	%-0,01
Döşeme-Çatı	%0,00	%0,00	%0,00
Yapı Bileşenleri (Isıtma)	Bodrum Kat Planı (-1.78 ve -2.50 kotu)	Zemin Kat Planı (0.00 ve +0.20 kotu)	1. Kat Planı (+2.30 kotu)
Duvar	%88,17	%81,93	%91,83
Pencere	%51,51	%2,59	%22,11
Kapı	%6,49	%25,46	%0,00
Döşeme-Çatı	%0,00	%0,00	%0,00

Kaynak: (Revit yazılımından alınarak oluşturulmuştur).

Çizelge değerleri genel olarak değerlendirildiğinde ısıtma yüküne en çok etki eden yapı bileşenlerinin duvar ve pencere; soğutma yüküne en çok etki eden yapı bileşenlerinin kapı; çatıdan ise sıfır ısıtma-soğutma gerçekleştiği söylenebilmektedir. Toplam değerler karşılaştırıldığında; yapı bileşenlerinin ısıtma fonksiyonunu soğutma fonksiyonuna oranla daha fazla gerçekleştirdiğini, bunun da binalarda kullanılan yapı bileşenlerinin ısıl iletkenlik katsayı değerlerinin Birgi yerleşim alanının iklim koşulları ile uyumlu olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.10. Referans binalara ilişkin mahal bazında ısıtma ve soğutma yükleri değerleri

Referans Binalara İlişkin Mahal Bazında Isıtma ve Soğutma Yükleri Değerleri					
Katlar	Mahaller	Maksimum Soğutma Yüğü (W)	Soğutma Hava Akımı (L/s)	Maksimum Isıtma Yüğü (W)	Isıtma Hava Akımı (L/s)
Bodrum Kat	Mevcut Kiler	37,583	3,311.2	3,311.2	3,325
	Oda	79,914	7,040.6	4,118	7,061.8
Zemin Kat	Mutfak	64,377	5,671.8	1,784	5,683.5
	Oturma Odası-1	42,831	3,773.5	0	3,685.5
	Wc-1	6,127	539.8	149	540.7
1.Kat	Oturma Odası-2	46,988	4,139.8	2,320	4,130
	Yatak Odası	32,843	2,893.3	1,413	2,903
	Banyo	9,940	875.7	298	876.3
	Wc-2	6,118	539	784	540.7
	Hol	4,062	357.9	0	349.5
	Hayat	48,982	4,315.4	441	4,319.9

Kaynak: (Revit yazılımından alınarak oluşturulmuştur).

Seçilen örnek binaların mahal bazında gösterilen değerleri incelendiğinde ise soğutma yükünün en fazla oda, en az wc 1 mahalinde; ısıtma yükünün en fazla wc 2, en az oturma odası 1 ve hol mahallerinde olduğu görülmektedir. Binaların geneli değerlendirildiğinde kuzey-güney-doğu yönlerinde 1.kata konumlandırılan yatak odası-oturma odası 2-hayat mahallerinin toplamda binalara en fazla ısı kazandıran mahaller olduğu; bodrum kat kuzey yönüne konumlandırılan oda mahalının ise en fazla ısı kaybettiren mahal olduğu söylenebilmektedir (Çizelge 4.10).

Bununla birlikte binaların toplam ısıtma-soğutma yük değerlerine bakıldığında binalara etki eden maksimum toplam soğutma yükünün 1,081,16 W, ısıtma yükünün 1,812,844 W, soğutma yükü kapasitesinin ise 908,655 W olduğu görülmektedir. Bu nedenle, bu yükler karşılaştırıldığında referans alınan binaların ısı kaybının kazancından daha fazla, ısı kazancı kapasitesinin 908,655 W olduğu söylenebilmektedir (Çizelge 4.11).

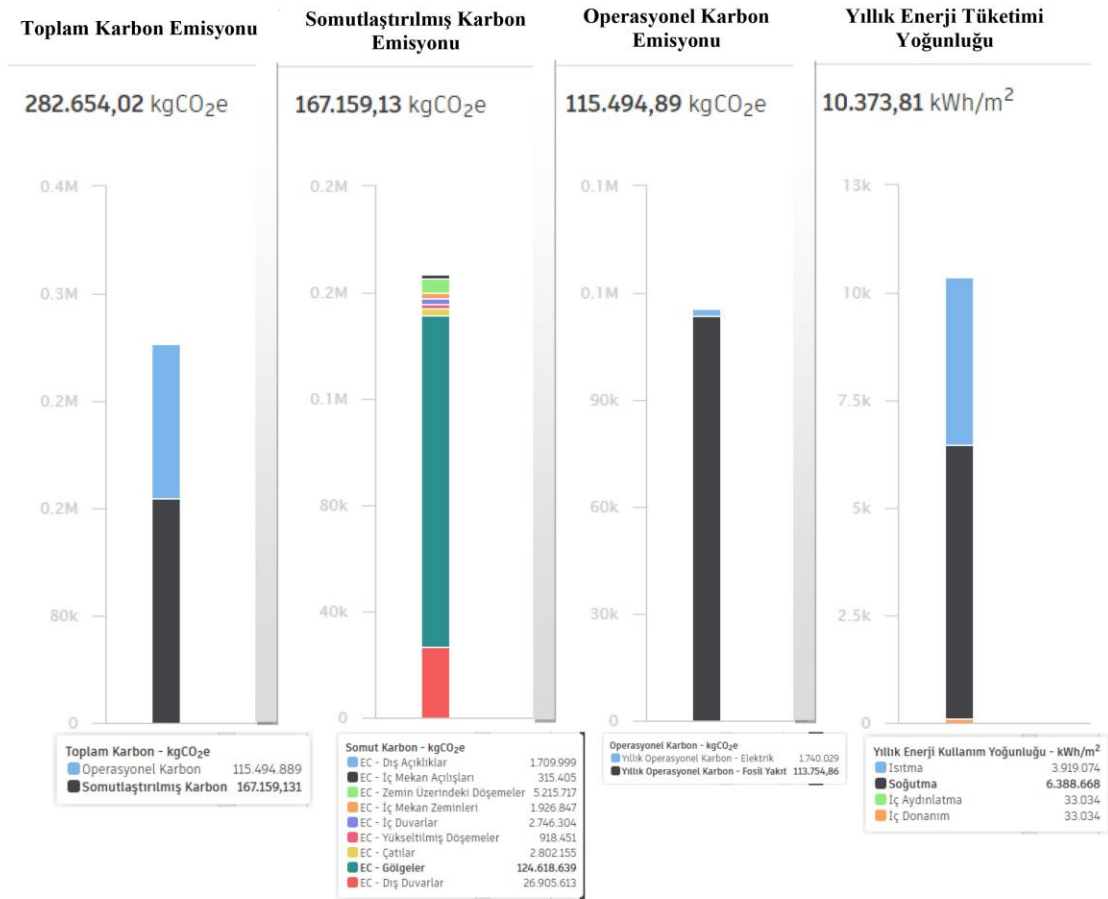
Çizelge 4.11. Referans binalara ilişkin toplam ısıtma ve soğutma yükleri değerleri

Referans Binalara İlişkin Toplam Isıtma ve Soğutma Yükleri Değerleri	
Maksimum Toplam Soğutma Yüğü (W)	1,081,016
Maksimum Soğutma Ay ve Saati	Haziran-05:00
Maksimum Soğutma Duyarlı Yüğü (W)	688,400
Maksimum Soğutma Gizli Yüğü (W)	392,616
Maksimum Soğutma Hava Akımı (L/s)	60,209.2
Maksimum Isıtma Yüğü (W)	1,812,844
Maksimum Isıtma Hava Akımı (L/s)	60,209.2
Soğutma Yüğü Yoğunluğu (W/m ²)	4,494.05
Isıtma Yüğü Yoğunluğu (W/m ²)	7,536.45
Soğutma Alanı/Yüğü (m ² /kW)	0.22
Soğutma Yüğü Kapasitesi (W)	908,655

Kaynak: (Revit yazılımından alınarak oluşturulmuştur).

Karbon Emisyonu ve Enerji Tüketimi Analizi

Güneş ve ısıtma-soğutma analizlerinin ardından karbon emisyonu ve enerji tüketimi analizi de yapılarak referans yerleşim dokusu ve binalara ilişkin analiz verileri elde edilmiştir. Elde edilen veriler sonucunda referans yerleşim dokusunun havaya yaymış olduğu yıllık toplam karbon miktarı 282.654,02 kgCO₂ olarak tespit edilmiştir. Grafik daha detaylı incelendiğinde; yerleşim dokusunda yer alan tüm binaların yaşam döngüsü süresince (somutlaştırılmış) 167.159,13 kgCO₂ miktar, kullanımı süresince (operasyonel) 115.494,89 kgCO₂ miktar karbonu havaya yaydığı belirlenmiştir. Referans alınan binaların ise yıllık enerji tüketim miktarı 10.373,81 kWh/m² olarak gözlemlenmiştir. Yıllık enerji tüketim miktarının ise 3.919,074 kWh/m² ısıtma, 6.388,668 kWh/m² soğutma için harcadığı görülmektedir (Şekil 4.39).



Şekil 4.39. Birgi referans yerleşim dokusu ve binalara ilişkin karbon emisyonu ve yıllık enerji tüketimi grafikleri

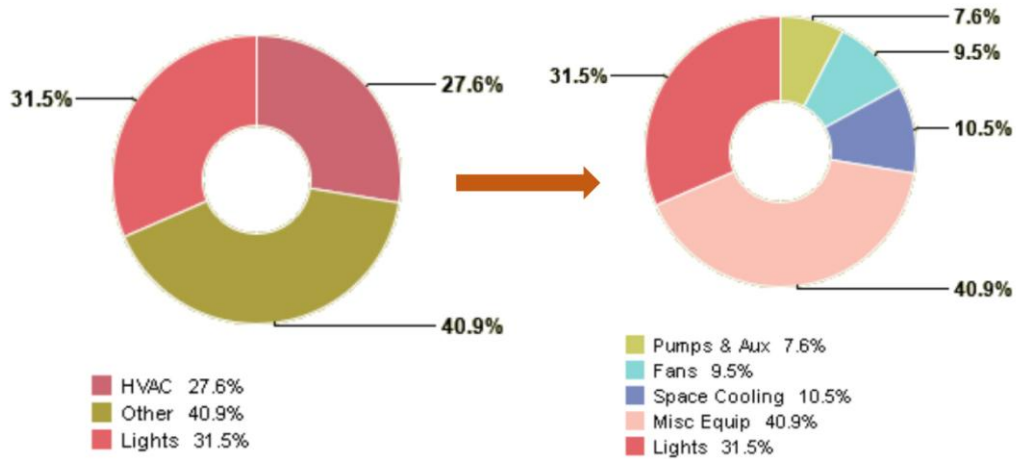
Kaynak: (Revit yazılımı).

Son olarak Birgi referans yerleşim dokusu ve binalara ilişkin enerji tüketimi verileri incelendiğinde, yıllık elektrik tüketiminin %31,5'ini aydınlatmanın, %27,6'sını HVAC sisteminin, %40,9'unu diğer ekipmanların oluşturduğu tespit edilmiştir. HVAC

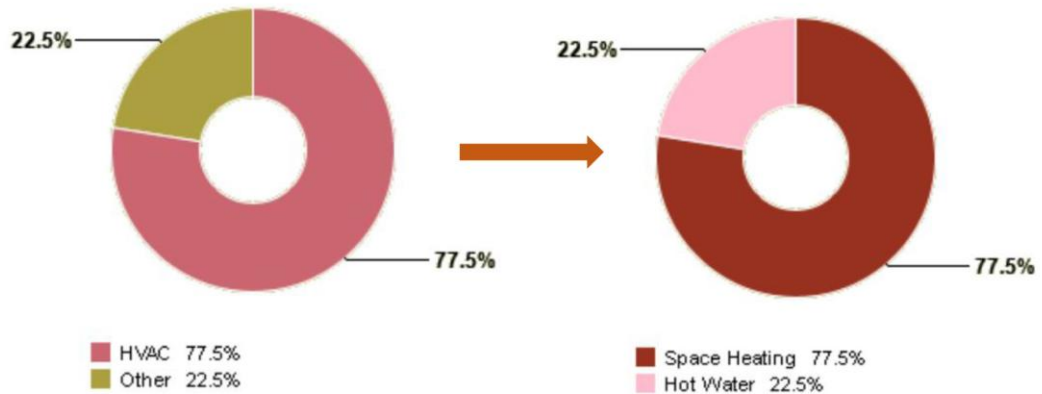
sistemleri içinde yer alan %27,6'lık payın ise %7,6'sını referans binalarda alan ısıtması için kullanılan ısı pompasının, %10,5'ini alan soğutması için kullanılan doğal havalandırma sisteminin oluşturduğu görülmektedir.

Yıllık yakıt tüketimi verilerine bakıldığında, yıllık yakıt tüketiminin %77,5'ini HVAC sisteminin, %22,5'ini de diğer sistemlerin oluşturduğu tespit edilmiştir. HVAC sisteminin tamamının alan ısıtması için kullanıldığı, diğer sistemleri oluşturan %22,5'lik payın ise sıcak su sistemi için kullanıldığı görülmektedir (Şekil 4.40).

Yıllık Elektrik Tüketimi



Yıllık Yakıt Tüketimi



Şekil 4.40. Birgi referans yerleşim dokusu ve binalara ilişkin yıllık elektrik ve yakıt tüketimi grafikleri

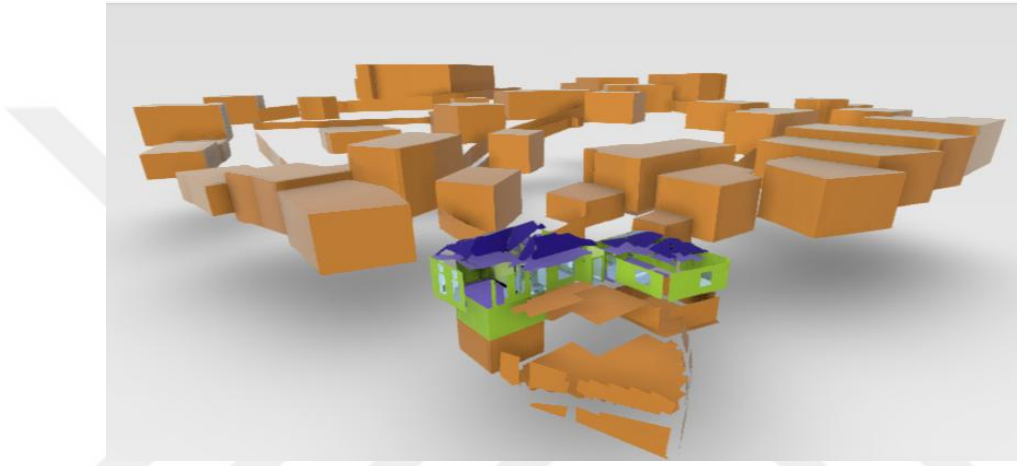
Kaynak: (Revit yazılımı).

Yukarıda belirtilen grafiklerden de anlaşılacağı üzere referans binaların yıllık elektrik tüketimindeki payları karşılaştırıldığında binalarda soğutma için ısıtmaya oranla daha fazla ihtiyaç duyulduğu ve buna bağlı olarak soğutma için daha fazla enerji harcandığı söylenebilmektedir. Yakıt tüketiminde ise HVAC sistemi içerisinde yakıt

tüketimi için kullanılan enerjinin tamamının alan ısıtması için harcadığını söylemek mümkün olmaktadır.

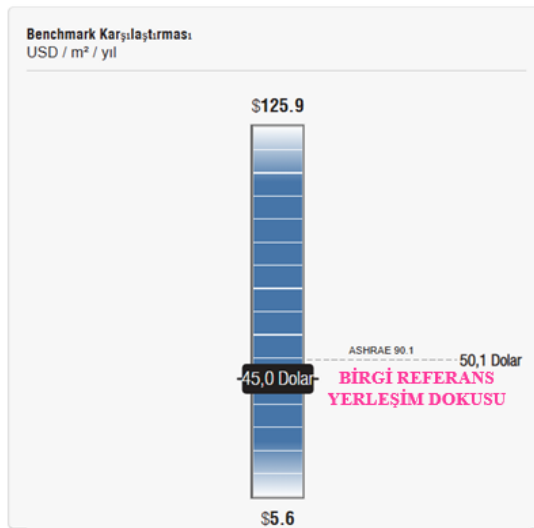
4.3.2. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

Elde edilen tüm verilerle yapılan analizler ışığında Birgi için seçilen referans yerleşim dokusu ve binaların enerji modeli oluşturulmuş ve sonuçlar **Ek B**'de verilmiştir (Şekil 4.41). Analizlerden elde edilen sonuçlarla birlikte Birgi yerleşim dokusu özeline inildiğinde Birgi yerleşim dokusu örneğinin sürdürülebilir yerleşim dokusu standartları arasında olduğu söylenebilmektedir (Şekil 4.42).



Şekil 4.41. Birgi referans yerleşim dokusuna ait enerji modeli

Kaynak: (Revit yazılımı).

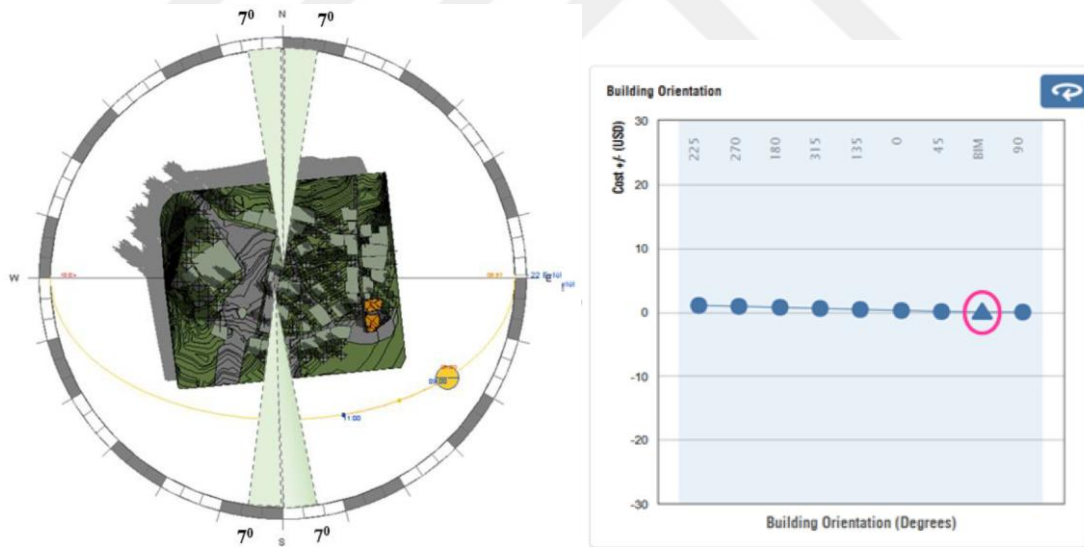


Şekil 4.42. Birgi referans yerleşim dokusunun sürdürülebilir yerleşim dokusu standartlarına göre karşılaştırılması

Kaynak: (Revit yazılımı).

Yapılan gölge ve güneş analizleri sonucunda referans yerleşim dokusunun kütsel ve plansal olarak güneyden güneydoğu yönüne doğru 7^0 olacak şekilde konumlandırıldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.43). Referans binaların kapalı, yarı açık ve açık mekanlarının güneş ışınlamını maksimum seviyede alacak şekilde güney ve doğu yönlerine yerleştirildiği ve yöneliminin de iklimsel niteliklere uygun olarak yapıldığı gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda, gölge analizlerinin sonuçları da değerlendirildiğinde bu mekanların, kullanıcıların yaşama alanlarını avlu ve bahçeyle birlikte fonksiyonel olarak maksimum seviyede kullanıcı konforu sağlayacak şekilde tasarlandığı söylenebilmektedir.

Avlu ve bahçe yerleşiminin güneydoğu yönünde konumlandırıldığı ve bahçede bölgenin iklim özelliklerine dayalı olarak bölgede yetişen ağaç türlerinin bulunduğu görülmektedir. Referans binaları çevreleyen bahçe ve avlunun günlük hava durumuna göre gün içinde sabah güneş aldığı, öğleden sonra gölge oluştuğu gözlemlenmiştir. Aşağıdaki grafiklerde bulunan  işareti referans yerleşim dokusu ve binalar için tespit edilen sayısal sonuç değeri,  işareti BIM sistemlerinde olması istenilen sayısal değeri ifade etmektedir.

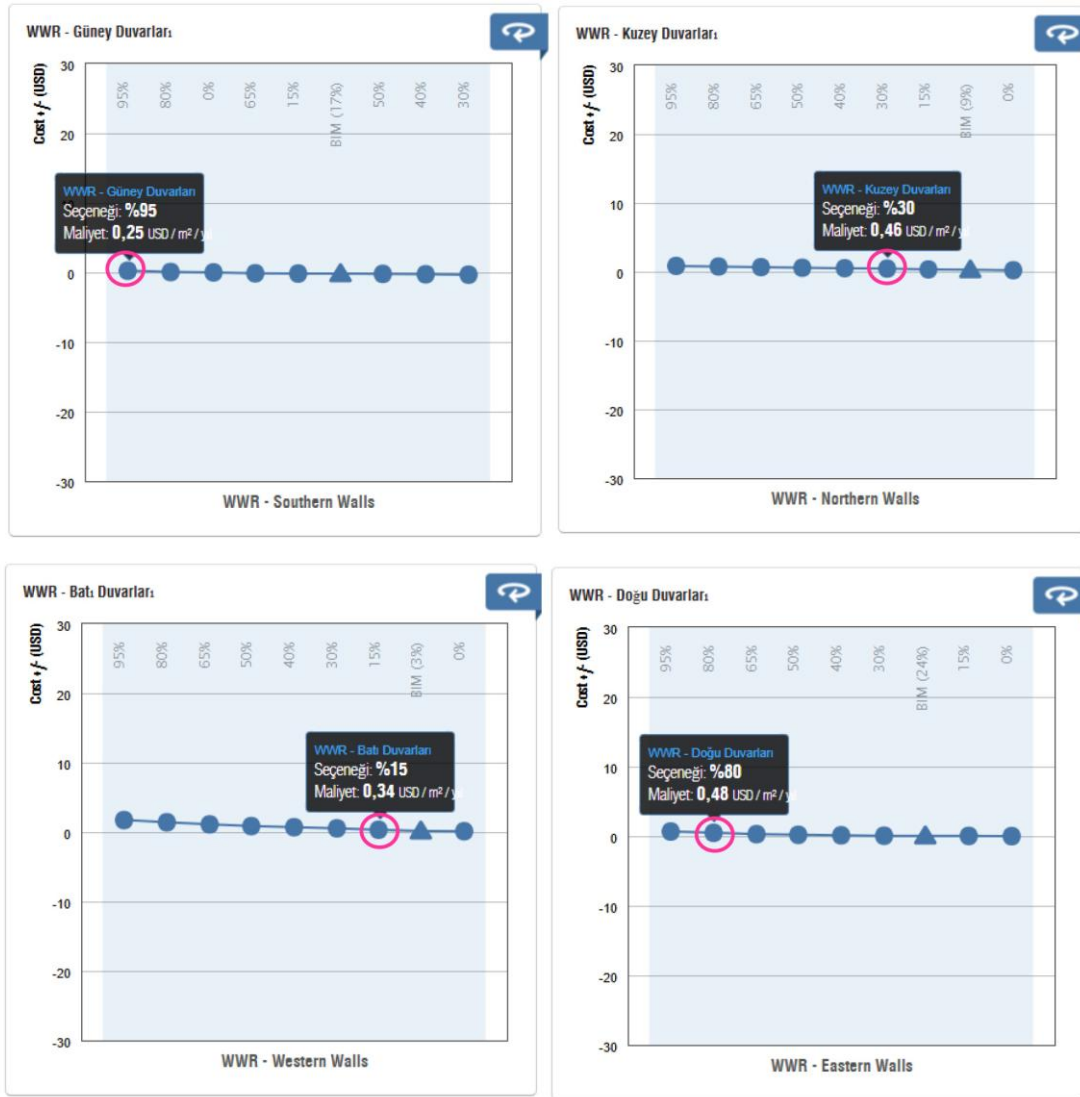


Şekil 4.43. Birgi referans yerleşim dokusu ve binaların yönelim açısı (üstte) ve grafiği (altta)

Kaynak: (Revit yazılımı).

Güneş ışınlamına göre yapılan duvar analizleri sonucunda referans binalarda kullanılan duvarların yönler göre yıllık ısı geçirgenlik oranlarına bakıldığında güney duvarlarının %95, kuzey duvarlarının %30, batı duvarlarının %15 ve doğu duvarlarının %80 oranında ısı geçirdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.44). Bu oranlar karşılaştırıldığında binalara alınan güneş ışınlamının en fazla güney yönündeki, en az batı yönündeki

duvarlardan sağlandığı, güney ve doğu yönündeki duvarlardan ise en fazla ısı kazanımı elde edildiği söylenebilmektedir.

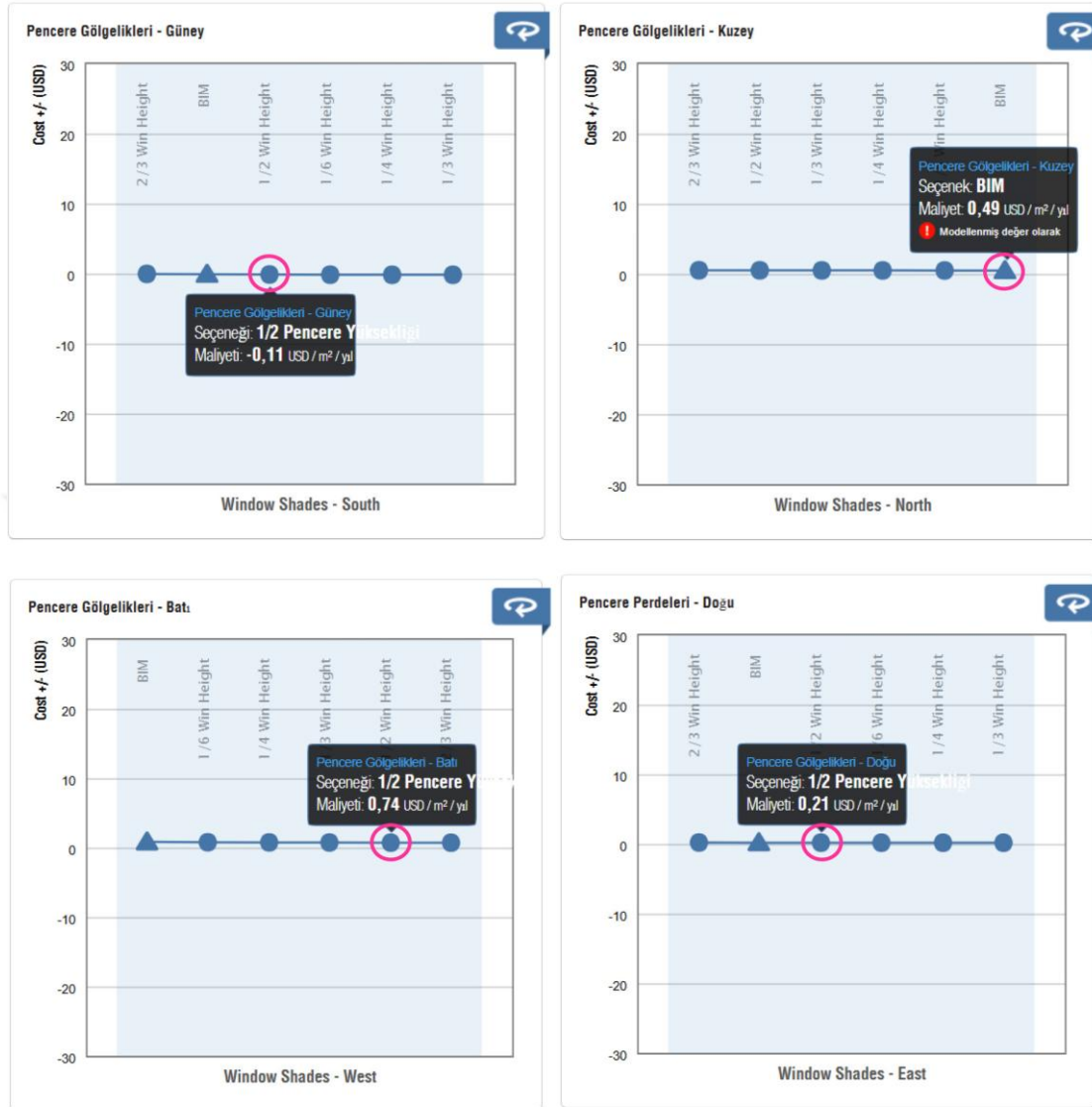


Şekil 4.44. Birgi referans binaların duvarlarına ilişkin ısı geçirgenlik grafiği

Kaynak: (Revit yazılımı).

Referans binalarda kullanılan pencereler farklı ölçülerde olup, genellikle 1/1 ve 1/2 ölçülerinde pencereler kullanılmıştır. Güneş ışınlamı analizi sonucunda çevre yapılarla birlikte binalarda kullanılan pencerelerin referans binalar üzerinde %0-5 oranında gölge sağladığı tespit edilmiştir (Şekil 4.45). Elde edilen grafik verileri ile birlikte, binalarda geleneksel tip ve ölçülerde kullanılan pencere ve açıklıklarının Birgi makroklima iklim koşulları doğrultusunda hâkim rüzgâr akım hızı ve yönü göz önünde bulundurularak rüzgârdan maksimum seviyede doğal havalandırma sağlanacak şekilde yerleştirildiği, iki kanatlı açılış biçimine sahip olan bu pencerelerin açılış biçimine bu yönde karar verilerek tasarlandığı söylenebilmektedir. Yine açılan bu pencere

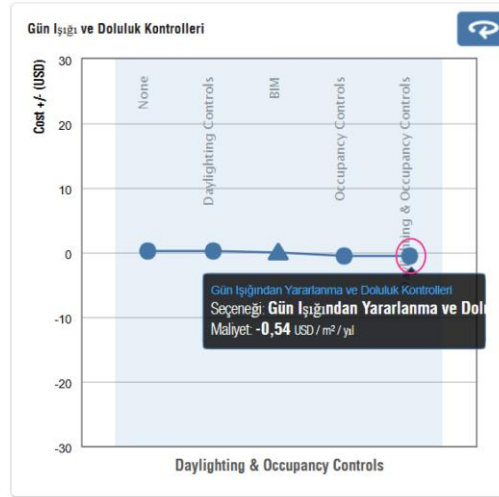
açıklıklarının ve cam türlerinin (Low-e kaplamalı çift cam) gün ışığından maksimum seviyede güneş ışınlamı sağlayacak biçimde binalara yerleştirildiği söylenebilmektedir.



Şekil 4.45. Referans binaların pencerelerine ilişkin gölge oranı grafiği

Kaynak: (Revit yazılımı).

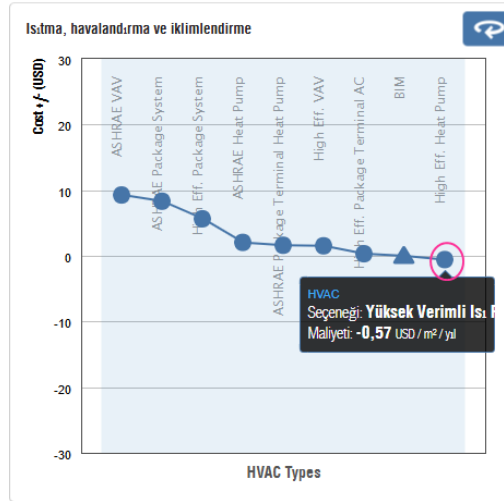
Bununla birlikte, Revit yazılımının kendi analiz imkanlarıyla referans binaların kütsel saydımlık oranı %40 kabul edilerek kütsel gün ışığı ve doluluk analizi yapılmıştır. Analiz sonuç grafiğinden elde edilen verilere göre binaların gün ışığı ve doluluk oranının %0- (-10) arasında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.46). Bu bilgiler ışığında binaların kütsel tasarım ve arazi üzerine konumlandırılışı itibariyle Birgi makroklima iklim koşulları doğrultusunda gün ışığı ve doğal aydınlatmadan maksimum seviyede yarar sağlayacak şekilde kütsel doluluk-boşluk oranına da dikkat edilerek tasarlandığı söylenebilmektedir.



Şekil 4.46. Birgi yerleşim dokusu referans binalara ilişkin gün ışığı ve doluluk grafiği

Kaynak: (Revit yazılımı).

Referans binalar için yapılan ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemi sonuç grafiğine bakıldığında bu binalar için seçilen sistemin (*Residential 14 SEER/8.3 HSPF Split Packaged Heat Pump*) yüksek verimliliğe sahip bir sistem olduğu ve ısıtma değerinin BIM standartlarında ısıtma için istenen değere sahip değerlerde olduğu görülmektedir (Şekil 4.47). Bu veriler doğrultusunda referans binalarda kullanılan ısıtma, soğutma ve havalandırma sisteminin Birgi yerleşim dokusu için uygun nitelikler barındırdığı söylenebilmektedir. Ayrıca binaların kullanım amacına göre ASHRAE VAV standartlarında HVAC için kullanılan enerjinin toplam enerjinin %16-60'ını oluşturduğu kabul edilirse, konutlarda bulunan yaşama mekanlarında kişi başına düşen dış hava miktarının 2,5 L/s olması gerekmektedir. Birgi yerleşim dokusundaki referans binalarda ise yaşama mekanlarında kişi başına düşen dış hava miktarı 10 L/s kabul edildiğinden bu binalar için iç ve dış hava kalitesinin istenilen değerlerde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.47. Birgi referans binalara ilişkin HVAC tipi grafiği

Kaynak: (Revit yazılımı).

Sonuç olarak, yapılan tüm analizlerden elde edilen veriler, mevcut referans yerleşim dokusu ve binalar için tasarım parametre değerlerinin BIM’de istenilen değerlerde olmadığını, ısıtma ve soğutma için harcanan yıllık enerji tüketim miktarlarının en aza indirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle, bu tez çalışması kapsamında elde edilen veriler doğrultusunda referans yerleşim dokusu ve binalara ilişkin eksiklerin tespit edilerek, enerji tüketim miktarlarının azaltılması için simülasyonların gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede, Birgi referans yerleşim dokusu ve binalar için optimum parametreler belirlenerek enerji tüketim miktarlarının en aza indirilmesi sağlanabilecektir.

4.3.3. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ile tespit edilen eksikler ve iyileştirmeler için geliştirilecek tasarım alternatifleri

Birgi yerleşim alanı, 13.04.2012 tarihinde “UNESCO Dünya Mirası Aday Listesine (tentative list)” kabul edilmiştir. Listeye kabul edilmesinde etkili olan en önemli faktör, *yerleşim dokusunun bütünlük ve özgünlüğünün günümüze kadar korunarak ulaşılmış olmasıdır*. Aynı zamanda, Birgi yerleşim alanı korunması gereken kültür varlıkları arasında yer almaktadır. Bu nedenle, tez çalışması kapsamında Birgi özelinde ele alınan referans yerleşim dokusu ve binalarda iyileştirmeler için gerçekleştirilecek simülasyonlarda koruma kuramları da dikkate alınmıştır.

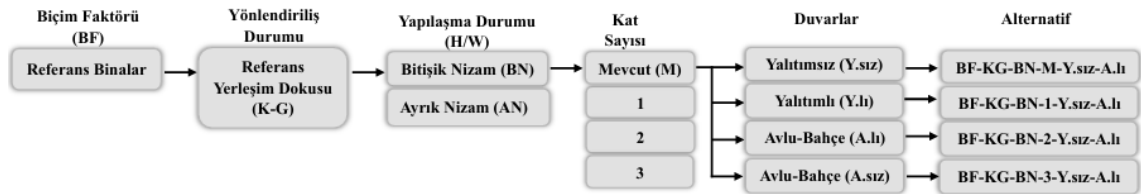
- Yapılan güneş ışınlamı analizi sonuçlarına göre kuzey ve batı yönünde yer alan duvarların en az seviyede güneş ışınlamı aldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, çevre yapıların birbirlerine göre konumu, birbirlerine olan yapı aralıkları ve yapı

yükseklikleri ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle, bu parametreler üzerinde değişiklikler yapılarak güneş ışıınımı bakımından optimum kazanım sağlayacak simülasyonlar gerçekleştirilmiştir.

- Isıtma ve soğutma analizi sonuçlarına göre referans binalarda ısı kaybının kazancından fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, binalarda ısı yalıtım malzemesinin kullanılmaması ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle, referans binaların yapı bileşenlerine (duvar, döşeme, çatı) ısı yalıtım malzemesi eklenerek, ısıtma-soğutma için harcanan toplam enerji miktarını en aza indirmek için simülasyonlar gerçekleştirilmiştir.
- Referans yerleşim dokusunda yol boyunca bulunan yüksek avlu-bahçe duvarlarının yapılara gölgelik sağladığı gözlemlenmiştir. Bu durum, avlu-bahçede gölgelik alanlar oluşturmakla birlikte batı duvarlarının güneş almasını engellemektedir. Bu nedenle, sokaklara paralel doğrultuda yerleştirilen avlu duvarları kaldırılarak referans yerleşim dokusunda en yüksek güneş ışıınımı miktarı için simülasyonlar gerçekleştirilmiştir.
- Yapılan analizler sonucunda referans yerleşim dokusu ve binaların yönlendiriliş durumu BIM standartlarında olması istenilen değer aralığında olduğu için binaların yönelimine ilişkin simülasyonlar tez çalışması kapsamı dışında bırakılmıştır.

İyileştirmeler İçin Geliştirilecek Tasarım Alternatifleri:

Tez çalışması kapsamında, referans yerleşme dokusu ve binalara ilişkin enerji tüketim miktarlarının azaltılmasında etkili olan yerleşim dokusu tasarım parametrelerinin optimizasyonu için gerçekleştirilecek yerleşme dokusu alternatiflerinin kodlanmasına yönelik şema **Şekil 4.48** 'da gösterilmiştir.



Şekil 4.48. Yerleşim dokusu iyileştirmelerine yönelik alternatif kodlarının açıklanması

Referans yerleşim dokusunda iyileştirmeler için biçim faktörü (bina genişliğinin bina derinliğine oranı) referans binalar, yönelimi referans yerleşme dokusu (kuzey-güney) kabul edilmiştir. Yapılaşma durumu (H/W) değerleri ise referans yerleşim dokusu (bitişik nizam) ve çevre yapılardan bazıları kaldırılmak suretiyle ayrık nizam,

evre yapıların kat sayıları 1,2 ve 3 olmak üzere parametreler için değişken değerler kullanılarak oluşturulmuştur. Ayrıca, referans binaların duvarlarına ısı yalıtım malzemesi eklenerek ve yüksek avlu-bahçe duvarları kaldırılarak toplam 32 adet alternatif tanımlanmıştır. Enerji simülasyonları referans yerleşim dokusunda tanımlanan evre yapılar ve referans binalar özelinde gerçekleştirilerek, enerji tüketim miktarları hesaplanmış ve değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, enerji simülasyonları için gerçekleştirilen alternatifler açıklamalı bir şekilde aşağıda verilmiştir.

Alternatif 1 (A1): Referans yerleşim dokusu ve binalar mevcut yapılaşma şekli ile kabul edilerek kat yükseklikleri değiştirilmek suretiyle sırasıyla 2,50m (1 kat), 5,00m (2 kat) ve 7,50m (3 kat) alınarak her bir kat sayısı için ayrı ayrı simülasyonlar gerçekleştirilecektir.

Alternatif 2 (A2): Mevcut referans binaların tasarım parametreleri değiştirilmeden, referans yerleşim dokusunda yer alan evre yapılardan bitişik nizam şeklinde konumlanan yapıların bazıları kaldırılarak yapı aralıkları ayrık nizam olacak şekilde yerleşim sağlamak suretiyle evre yapıların kat yükseklikleri 2,50m (1 kat), 5,00m (2 kat) ve 7,50m (3 kat) alınarak her bir kat yüksekliği için ayrı ayrı simülasyonlar gerçekleştirilecektir.

Alternatif 3 (A3): Referans yerleşim dokusu mevcut yapılaşma şekli ile kabul edilerek referans yapıların duvar, döşeme ve çatı elemanlarına 5cm ısı yalıtım malzemesi XPS eklenmek suretiyle kat yükseklikleri sırasıyla 2,50m (1 kat), 5,00m (2 kat) ve 7,50m (3 kat) alınarak her bir kat sayısı için ayrı ayrı simülasyonlar gerçekleştirilecektir.

Alternatif 4 (A4): Referans yerleşim dokusunda yer alan evre yapılardan bitişik nizam şeklinde konumlanan yapıların bazıları kaldırılarak yapı aralıkları ayrık nizam olacak şekilde yerleşim sağlamak suretiyle referans yapıların duvar, döşeme ve çatı bileşenlerine 5cm ısı yalıtım malzemesi XPS eklendikten sonra kat yükseklikleri sırasıyla 2,50m (1 kat), 5,00m (2 kat) ve 7,50m (3 kat) alınarak her bir kat sayısı için ayrı ayrı simülasyonlar gerçekleştirilecektir.

Alternatif 5 (A5): Referans yerleşim dokusu ve binalar mevcut yapılaşma şekli ile kabul edilerek sokaklara paralel doğrultuda yerleştirilen yüksek avlu-bahçe duvarları kaldırılmak suretiyle sırasıyla 2,50m (1 kat), 5,00m (2 kat) ve 7,50m (3 kat) alınarak her bir kat sayısı için ayrı ayrı simülasyonlar gerçekleştirilecektir.

Alternatif 6 (A6): Mevcut referans binaların tasarım parametreleri değiştirilmeden, referans yerleşim dokusunda yer alan evre yapılardan bitişik nizam

şeklinde konumlanan yapıların bazıları kaldırılarak yapı aralıkları ayırık nizam olacak şekilde yerleşim sağlamak suretiyle sokaklara paralel doğrultuda yerleştirilen yüksek avlu-bahçe duvarları kaldırılarak, çevre yapıların kat yükseklikleri sırasıyla 2,50m (1 kat), 5,00m (2 kat) ve 7,50m (3 kat) alınarak her bir kat sayısı için ayrı ayrı simülasyonlar gerçekleştirilecektir.

Alternatif 7 (A7): Referans yerleşim dokusunda yer alan çevre yapılar mevcut yapılaşma şekli ile kabul edilerek referans yapıların duvar, döşeme ve çatı elemanlarına 5cm ısı yalıtım malzemesi XPS eklendikten sonra sokaklara paralel doğrultuda yerleştirilen yüksek avlu-bahçe duvarları kaldırılarak, çevre yapıların kat yükseklikleri sırasıyla 2,50m (1 kat), 5,00m (2 kat) ve 7,50m (3 kat) alınarak her bir kat sayısı için ayrı ayrı simülasyonlar gerçekleştirilecektir.

Alternatif 8 (A8): Referans yerleşim dokusunda yer alan çevre yapılardan bitişik nizam şeklinde konumlanan yapıların bazıları kaldırılarak yapı aralıkları ayırık nizam olacak şekilde yerleşim sağlamak suretiyle referans yapıların duvar, döşeme ve çatı bileşenlerine 5cm ısı yalıtım malzemesi XPS eklendikten sonra sokaklara paralel doğrultuda yerleştirilen yüksek avlu-bahçe duvarları kaldırılarak, çevre yapıların kat yükseklikleri sırasıyla 2,50m (1 kat), 5,00m (2 kat) ve 7,50m (3 kat) alınarak her bir kat sayısı için ayrı ayrı simülasyonlar gerçekleştirilecektir.

4.4. İyileştirmeler İçin Geliştirilen Tasarım Alternatiflerinde Referans Yerleşim Dokusu ve Binalara İlişkin Enerji Tüketimlerinin Hesaplanması

İyileştirmeler için geliştirilen tasarım alternatifleri, bugün yaygın bir şekilde tasarımcılar tarafından kullanılan bir BIM tabanlı yazılım programı olan Revit Architecture aracılığı ile modellenmiştir. Modellenen tasarım alternatiflerinde enerji tüketimleri üzerinde etkili olabilecek parametreler, alan çalışması sırasında yapılan gözlemler ve Revit programında yapılan analizlerin sonuçları doğrultusunda belirlenerek programa tanımlandıktan sonra, Revit programı ile entegre olarak çalışan Insight ve Green Bulding Studio sistemleri üzerinde enerji analizleri gerçekleştirilmiş ve enerji tüketim miktarları modeller özelinde hesaplanmıştır.

Tez çalışması kapsamında geliştirilen alternatiflerde, referans yerleşim dokusu ve binalar için model başına ısıtma ve soğutma amaçlı enerji tüketim miktarları (kWh/model) ile birlikte enerji kullanım yoğunluğu (EUI) miktarları da esas alınmıştır.

Geliştirilen tüm alternatiflerdeki analizler sonucu ortaya çıkan ısıtma ve soğutma enerji tüketim miktarları ile enerji kullanım yoğunluğu miktarları **Ek C**'de verilmiştir.

4.5. İyileştirmeler İçin Geliştirilen Tasarım Alternatiflerinde Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Enerji analizleri, geliştirilen referans yerleşim dokusundaki referans binalar için gerçekleştirilmiş ve sonuçlar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Geliştirilen yerleşim dokularında, yapılan analizler sonucunda elde edilen enerji tüketim miktarlarına dayalı olarak değerlendirme yapılırken, tek biçim faktörü değeri üzerinden geliştirilen alternatifler, Birgi'nin geleneksel kent dokusuna uygun olarak kendi aralarında mevcut, 1, 2 ve 3 katlı alternatifler şeklinde gruplandırılmıştır. Bu yerleşim dokuları kendi aralarında karşılaştırılırken, aralarında en yüksek enerji tüketim miktarlarına sahip olan alternatifler “*en negatif performans gösteren*”, en düşük enerji tüketim miktarlarına sahip olanlar ise “*en pozitif performans gösteren*” alternatif olarak değerlendirilmiştir.

Geliştirilen alternatifler kapsamında, Birgi'de iyileştirmeler için yapılan enerji analiz sonuçlarında enerji tüketim miktarlarının en aza indirildiği tasarım parametrelerinin en uygun birleşimleri değerlendirilmiştir.

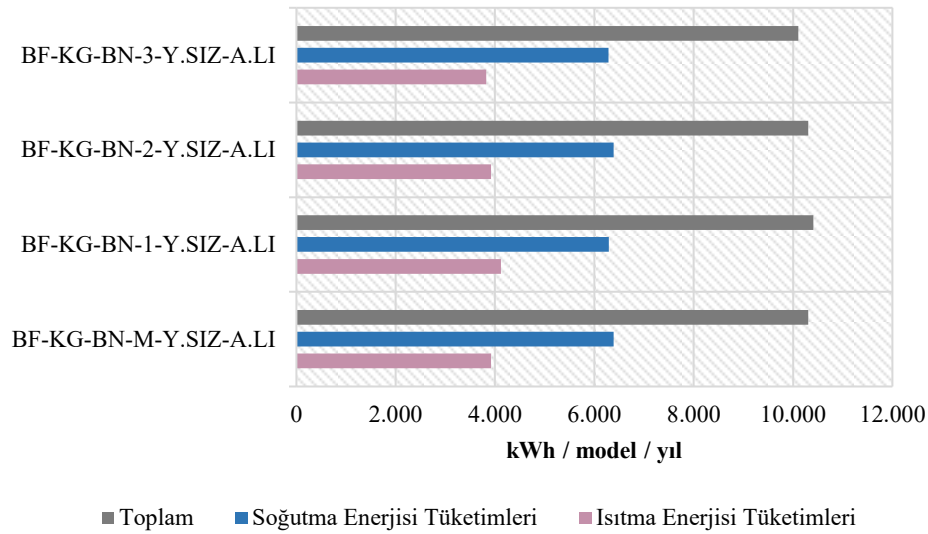
Değerlendirmeler, tek bir biçim faktörü üzerinden kat yükseklikleri değiştirilmek üzere her alternatif kendi içinde gruplandırılarak referans binaların duvar, döşeme ve çatısının yalıtımlı veya yalıtımsız olması ve yüksek avlu duvarlarının olup olmamasına göre kendi aralarında karşılaştırılarak yapılmış olup, yapılan değerlendirmelerde aşağıdaki yöntem takip edilmiştir:

- Toplam enerji tüketim miktarlarına göre alternatifler karşılaştırılarak, toplamda en düşük enerji tüketim miktarına sahip alternatif, en pozitif performans gösteren, en yüksek enerji tüketim miktarına sahip alternatif ise en negatif performans gösteren alternatif olarak kabul edilmiştir.
- Mevcut referans yerleşim dokusu ve binalar üzerinde yapılan analizler sonucu yerleşim dokusuna göre binaların yöneliminin optimum değerde olmasından dolayı yönlenmenin etkisi irdelenmemiştir.
- Geliştirilen yerleşim dokusu alternatiflerinde yapılaşma durumu (H/W) değerlerindeki değişim, bitişik nizam ve ayrık nizam olmak üzere değerlendirilerek yapılmış; yapılan değerlendirmede mevcut durum alternatif değeri baz alınarak, mevcut durum alternatif değerine oranla diğer alternatif

değerlerinin soğutma, ısıtma ve toplam enerji tüketim miktarlarında oluşan azalış ve artışlar, yüzde şeklinde tespit edilerek, azalış ve artış yüzde değerleri Çizelgeler halinde gösterilmiştir. Çizelgelerde azalış değerleri (+), artış değerleri ise (-) yüzde değeri olarak tanımlanmıştır.

- Referans binaların duvar, döşeme ve çatısının yalıtımlı olması durumu ile avlu duvarlarının durumu, yerleşim dokusundaki referans binaların mevcut durumuna göre kıyaslanarak toplamda en yüksek enerji tüketim miktarına sahip alternatif en pozitif performans gösteren, en düşük enerji tüketim miktarına sahip alternatif ise en negatif performans gösteren alternatif olarak kabul edilmiştir.

Alternatif 1 (A1): Alternatifler, mevcut durum baz alınarak toplam enerji tüketim miktarları doğrultusunda kıyaslandığında “BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI” en pozitif performans olarak elde edilirken, “BF-KG-BN-1-Y.SIZ-A.LI” alternatifi en negatif performans olarak elde edilmiştir. “BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI” alternatifi “BF-KG-BN-1-Y.SIZ-A.LI” alternatifine kıyasla ısıtma bakımından %7,2, soğutma bakımından %0,1 daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirirken, toplamda %2,9 daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirmiştir (Şekil 4.49).

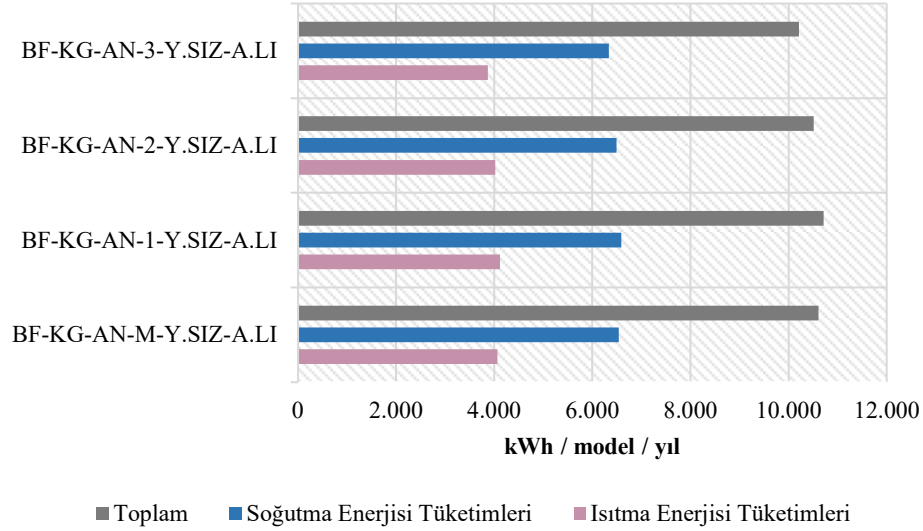


Şekil 4.49. Alternatif 1 (bitişik nizam, yalıtımsız duvar, avlu duvarlı, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) de ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim sonuçları

Kaynak: (Grafikler, sonuçların Revit yazılımı üzerinden alınmasıyla oluşturulmuştur).

Alternatif 2 (A2): Alternatifler, mevcut durum baz alınarak toplam enerji tüketim miktarları doğrultusunda kıyaslandığında “BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.LI” en pozitif performans olarak elde edilirken, “BF-KG-AN-1-Y.SIZ-A.LI” alternatifi en negatif performans olarak elde edilmiştir. “BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.LI” alternatifi “BF-

KG-AN-1-Y.SIZ-A.LI” alternatifine kıyasla ısıtma bakımından %6, soğutma bakımından %3,9 daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirirken, toplamda %4,7 daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirmiştir (Şekil 4.50).



Şekil 4.50. Alternatif 2 (ayrık nizam, yalıtımsız duvar, avlu duvarlı, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) de ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim sonuçları

Kaynak: (Grafikler, sonuçların Revit yazılımı üzerinden alınmasıyla oluşturulmuştur).

Alternatif 1 (bitişik nizam, yalıtımsız duvar, avlu duvarlı, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) alternatifleri ayrık nizam değerlerindeki farklılıklara göre (alternatif 2), mevcut durum alternatif değerleri baz alınarak diğer alternatifler ile karşılaştırıldığında “BF-KG-AN-3-Y.SIZ.A.LI” alternatifinin en düşük toplam enerji tüketimine sahip olduğu görülmektedir. Bu durumda aynı şartlar altında bitişik nizam yapılaşma ayrık nizam yapılaşmaya göre daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirmektedir (Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13).

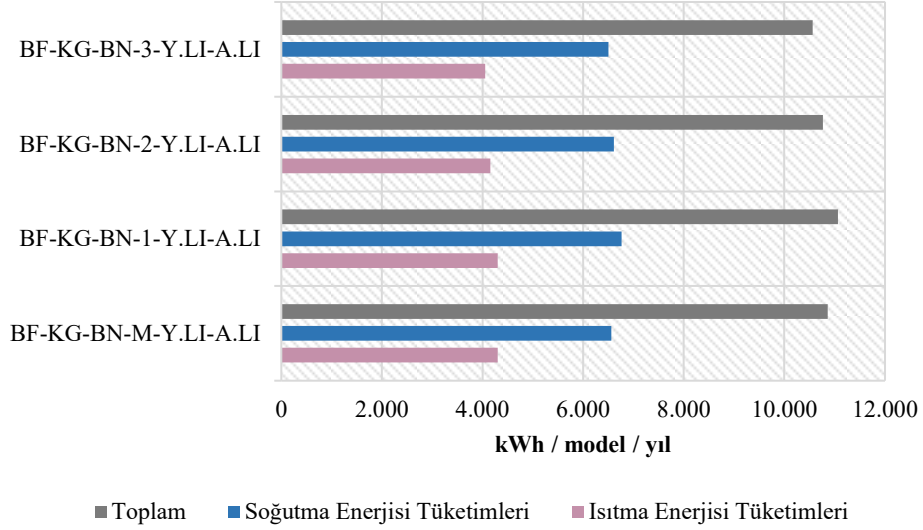
Çizelge 4.12. Yalıtımsız duvar, avlu duvarlı, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yapılaşmaya sahip yerleşim dokusu alternatiflerinde bitişik nizam yapılaşmaya göre azaltım-artım yüzdeleri

Alternatif 1	BF-KG-BN-M-Y.SIZ-A.LI	BF-KG-BN-1-Y.SIZ-A.LI	BF-KG-BN-2-Y.SIZ-A.LI	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI
Isıtma enerjisi tüketimi (kWh/model)	3.919,074	4.118,098	3.918,956	3.820,283
Isıtma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-5,1	-	%2,5
Alternatif 1	BF-KG-BN-M-Y.SIZ-A.LI	BF-KG-BN-1-Y.SIZ-A.LI	BF-KG-BN-2-Y.SIZ-A.LI	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI
Soğutma enerjisi tüketimi (kWh/model)	6.388,668	6.291,242	6.388,239	6.285,587
Soğutma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%1,5	-	%1,6
Alternatif 1	BF-KG-BN-M-Y.SIZ-A.LI	BF-KG-BN-1-Y.SIZ-A.LI	BF-KG-BN-2-Y.SIZ-A.LI	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI
Toplam enerji tüketimi (kWh/model)	10.307,742	10.409,34	10.307,195	10.105,87
Toplam enerji tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-1	-	%2

Çizelge 4.13. Yalıtımsız duvar, avlu duvarlı, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yapılaşmaya sahip yerleşim dokusu alternatiflerinde ayrı nizam yapılaşmaya göre azaltım-artım yüzdeleri

Alternatif 2	BF-KG-AN-M-Y.SIZ-A.LI	BF-KG-AN-1-Y.SIZ-A.LI	BF-KG-AN-2-Y.SIZ-A.LI	BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.LI
Isıtma enerjisi tüketimi (kWh/model)	4.069,074	4.118,215	4.019,074	3.870,399
Isıtma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-1,2	%1,2	%4,9
Alternatif 2	BF-KG-AN-M-Y.SIZ-A.LI	BF-KG-AN-1-Y.SIZ-A.LI	BF-KG-AN-2-Y.SIZ-A.LI	BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.LI
Soğutma enerjisi tüketimi (kWh/model)	6.541,164	6.592,646	6.490,384	6.337,732
Soğutma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-0,8	%0,8	%3,1
Alternatif 2	BF-KG-AN-M-Y.SIZ-A.LI	BF-KG-AN-1-Y.SIZ-A.LI	BF-KG-AN-2-Y.SIZ-A.LI	BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.LI
Toplam enerji tüketimi (kWh/model)	10.610,238	10.710,861	10.509,458	10.208,131
Toplam enerji tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-0,9	%0,9	%3,8

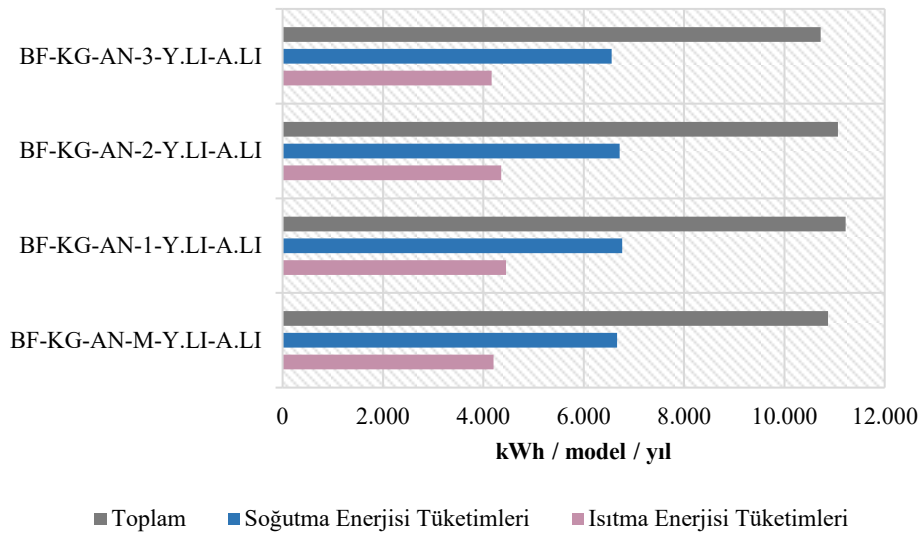
Alternatif 3 (A3): Alternatifler, mevcut durum baz alınarak toplam enerji tüketim miktarları doğrultusunda kıyaslandığında “BF-KG-BN-3-Y.LI-A.LI” en pozitif performans olarak elde edilirken, “BF-KG-BN-1-Y.LI-A.LI” alternatifi en negatif performans olarak elde edilmiştir. “BF-KG-BN-3-Y.LI-A.LI” alternatifi “BF-KG-BN-1-Y.LI-A.LI” alternatifine kıyasla ısıtma bakımından %5,8, soğutma bakımından %3,8 daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirirken, toplamda %4,6 daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirmiştir (Şekil 4.51).



Şekil 4.51. Alternatif 3 (bitişik nizam, yalıtımlı duvar, avlu duvarlı, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) de ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim sonuçları

Kaynak: (Grafikler, sonuçların Revit yazılımı üzerinden alınmasıyla oluşturulmuştur).

Alternatif 4 (A4): Alternatifler, mevcut durum baz alınarak toplam enerji tüketim miktarları doğrultusunda kıyaslandığında “BF-KG-AN-3-Y.LI-A.LI” en pozitif performans olarak elde edilirken, “BF-KG-AN-1-Y.LI-A.LI” alternatifi en negatif performans olarak elde edilmiştir. “BF-KG-AN-3-Y.LI-A.LI” alternatifi “BF-KG-AN-1-Y.LI-A.LI” alternatifine kıyasla ısıtma bakımından %6,4, soğutma bakımından %3,1 daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirirken, toplamda %4,4 daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirmiştir (Şekil 4.52).



Şekil 4.52. Alternatif 4 (ayrık nizam, yalıtımlı duvar, avlu duvarlı, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) de ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim sonuçları

Kaynak: (Grafikler, sonuçların Revit yazılımı üzerinden alınmasıyla oluşturulmuştur).

Alternatif 3 (bitişik nizam, yalıtımlı duvar, avlu duvarlı, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) alternatifleri ayrık nizam değerlerindeki farklılıklara göre (alternatif 4), mevcut durum alternatif değerleri baz alınarak diğer alternatifler ile karşılaştırıldığında “BF-KG-BN-3-Y.LI-A.LI” alternatifinin en düşük toplam enerji tüketimine sahip olduğu görülmektedir. Bu durumda aynı şartlar altında bitişik nizam yapılaşma ayrık nizam yapılaşmaya göre daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirmektedir. 3 katlı ayrık nizam alternatifinde ise bitişik nizama göre ısıtma enerjisi tüketiminin daha düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15).

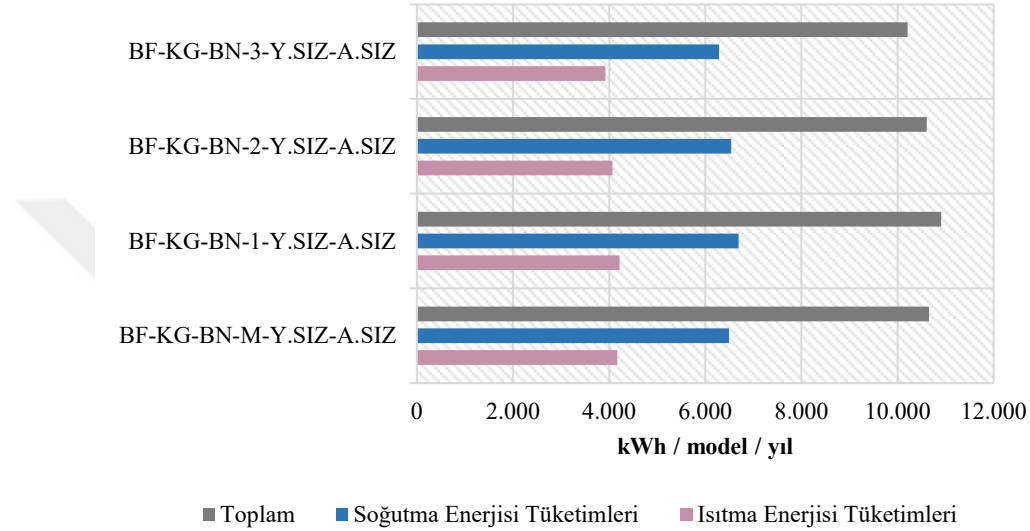
Çizelge 4.14. Yalıtımlı duvar, avlu duvarlı, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yapılaşmaya sahip yerleşim dokusu alternatiflerinde bitişik nizam yapılaşmaya göre azaltım-artım yüzdeleri

Alternatif 3	BF-KG-BN-M-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-1-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-2-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-3-Y.LI-A.LI
Isıtma enerjisi tüketimi (kWh/model)	4.304,327	4.302,928	4.155,161	4.055,882
Isıtma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		-	%3,5	%5,8
Alternatif 3	BF-KG-BN-M-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-1-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-2-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-3-Y.LI-A.LI
Soğutma enerjisi tüketimi (kWh/model)	6.560,262	6.764,033	6.611,662	6.506,375
Soğutma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-3,1	%-0,8	%0,8
Alternatif 3	BF-KG-BN-M-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-1-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-2-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-3-Y.LI-A.LI
Toplam enerji tüketimi (kWh/model)	10.864,589	11.066,961	10.766,823	10.562,257
Toplam enerji tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-1,9	%0,9	%2,8

Çizelge 4.15. Yalıtımlı duvar, avlu duvarlı, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yapılaşmaya sahip yerleşim dokusu alternatiflerinde ayrık nizam yapılaşmaya göre azaltım-artım yüzdeleri

Alternatif 4	BF-KG-AN-M-Y.LI-A.LI	BF-KG-AN-1-Y.LI-A.LI	BF-KG-AN-2-Y.LI-A.LI	BF-KG-AN-3-Y.LI-A.LI
Isıtma enerjisi tüketimi (kWh/model)	4.204,288	4.453,006	4.353,278	4.166,037
Isıtma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-5,9	%-3,5	%0,9
Alternatif 4	BF-KG-AN-M-Y.LI-A.LI	BF-KG-AN-1-Y.LI-A.LI	BF-KG-AN-2-Y.LI-A.LI	BF-KG-AN-3-Y.LI-A.LI
Soğutma enerjisi tüketimi (kWh/model)	6.661,895	6.765,704	6.714,305	6.558,98
Soğutma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-1,6	%-0,8	%1,5
Alternatif 4	BF-KG-AN-M-Y.LI-A.LI	BF-KG-AN-1-Y.LI-A.LI	BF-KG-AN-2-Y.LI-A.LI	BF-KG-AN-3-Y.LI-A.LI
Toplam enerji tüketimi (kWh/model)	10.866,183	11.218,71	11.067,583	10.725,017
Toplam enerji tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-3,2	%-1,9	%1,3

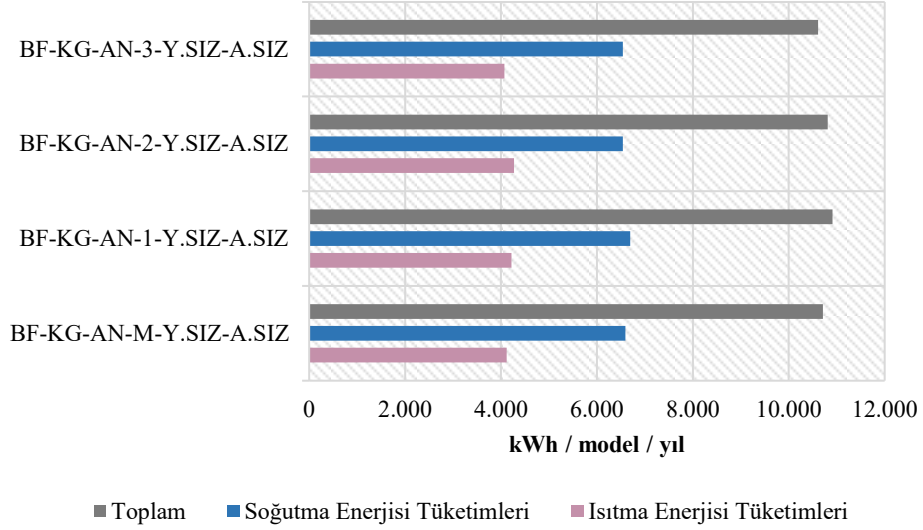
Alternatif 5 (A5): Alternatifler, mevcut durum baz alınarak toplam enerji tüketim miktarları doğrultusunda kıyaslandığında “BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.SIZ” en pozitif performans olarak elde edilirken, “BF-KG-BN-1-Y.SIZ-A.SIZ” alternatifi en negatif performans olarak elde edilmiştir. “BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.SIZ” alternatifi “BF-KG-BN-1-Y.SIZ-A.SIZ” alternatifine kıyasla ısıtma bakımından %7, soğutma bakımından %6,1 daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirirken, toplamda %6,5 daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirmiştir (Şekil 4.53).



Şekil 4.53. Alternatif 5 (bitişik nizam, yalıtımsız duvar, avlu duvarsız, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) de ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim sonuçları

Kaynak: (Grafikler, sonuçların Revit yazılımı üzerinden alınmasıyla oluşturulmuştur).

Alternatif 6 (A6): Alternatifler, mevcut durum baz alınarak toplam enerji tüketim miktarları doğrultusunda kıyaslandığında “BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.SIZ” en pozitif performans olarak elde edilirken, “BF-KG-AN-1-Y.SIZ-A.SIZ” alternatifi en negatif performans olarak elde edilmiştir. “BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.SIZ” alternatifi “BF-KG-AN-1-Y.SIZ-A.SIZ” alternatifine kıyasla ısıtma bakımından %3,5, soğutma bakımından %2,3 daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirirken, toplamda %2,8 daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirmiştir (Şekil 4.54).



Şekil 4.54. Alternatif 6 (ayrık nizam, yalıtımsız duvar, avlu duvarsız, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) de ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim sonuçları

Kaynak: (Grafikler, sonuçların Revit yazılımı üzerinden alınmasıyla oluşturulmuştur).

Alternatif 5 (bitişik nizam, yalıtımsız duvar, avlu duvarsız, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) alternatifleri ayrık nizam değerlerindeki farklılıklara göre (alternatif 6), mevcut durum alternatif değerleri baz alınarak diğer alternatifler ile karşılaştırıldığında “BF-KG-BN-3-Y.SIZ-.A.SIZ” alternatifinin en düşük toplam enerji tüketimine sahip olduğu görülmektedir. Bu durumda aynı şartlar altında bitişik nizam yapılaşma ayrık nizam yapılaşmaya göre daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirmektedir. 3 katlı bitişik nizam alternatifinde ise ayrık nizama göre ısıtma enerjisi tüketiminin daha düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17).

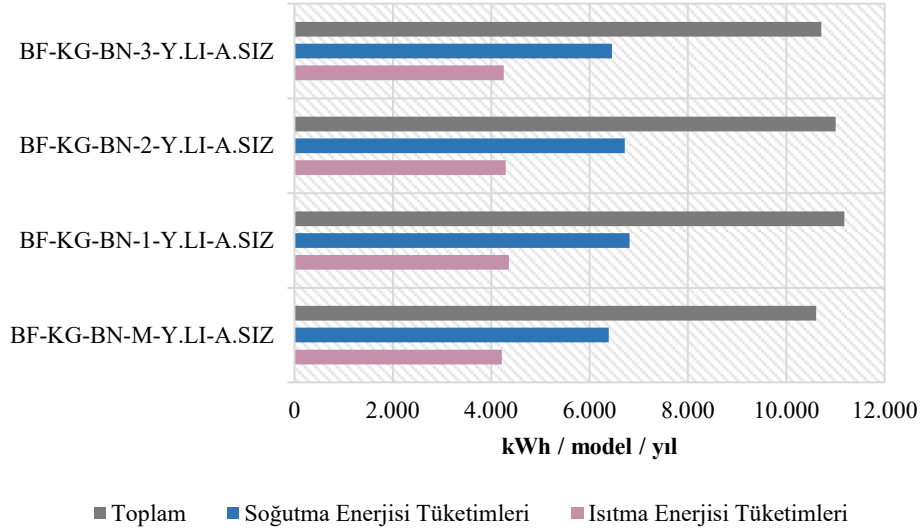
Çizelge 4.16. Yalıtımsız duvar, avlu duvarsız, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yapılaşmaya sahip yerleşim dokusu alternatiflerinde bitişik nizam yapılaşmaya göre azaltım-artım yüzdeleri

Alternatif 5	BF-KG-BN-M-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-BN-1-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-BN-2-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.SIZ
Isıtma enerjisi tüketimi (kWh/model)	4.168,644	4.216,967	4.068,488	3.920,127
Isıtma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-1,2	%2,4	%6
Alternatif 5	BF-KG-BN-M-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-BN-1-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-BN-2-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.SIZ
Soğutma enerjisi tüketimi (kWh/model)	6.489,682	6.693,114	6.539,136	6.285,86
Soğutma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-3,1	%-0,8	%3,1
Alternatif 5	BF-KG-BN-M-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-BN-1-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-BN-2-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.SIZ
Toplam enerji tüketimi (kWh/model)	10.658,326	10.910,081	10.607,624	10.205,987
Toplam enerji tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-2,4	%0,5	%4,2

Çizelge 4.17. Yalıtımsız duvar, avlu duvarsız, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yapılaşmaya sahip yerleşim dokusu alternatiflerinde ayrı nizam yapılaşmaya göre azaltım-artım yüzdeleri

Alternatif 6	BF-KG-AN-M-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-AN-1-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-AN-2-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.SIZ
Isıtma enerjisi tüketimi (kWh/model)	4.118,657	4.216,967	4.268,527	4.070,243
Isıtma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-2,4	%-3,6	%1,2
Alternatif 6	BF-KG-AN-M-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-AN-1-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-AN-2-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.SIZ
Soğutma enerjisi tüketimi (kWh/model)	6.592,49	6.696,273	6.542,88	6.539,097
Soğutma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-1,6	%0,8	%0,8
Alternatif 6	BF-KG-AN-M-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-AN-1-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-AN-2-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.SIZ
Toplam enerji tüketimi (kWh/model)	10.711,147	10.913,24	10.811,407	10.609,34
Toplam enerji tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-1,9	%-0,9	%1

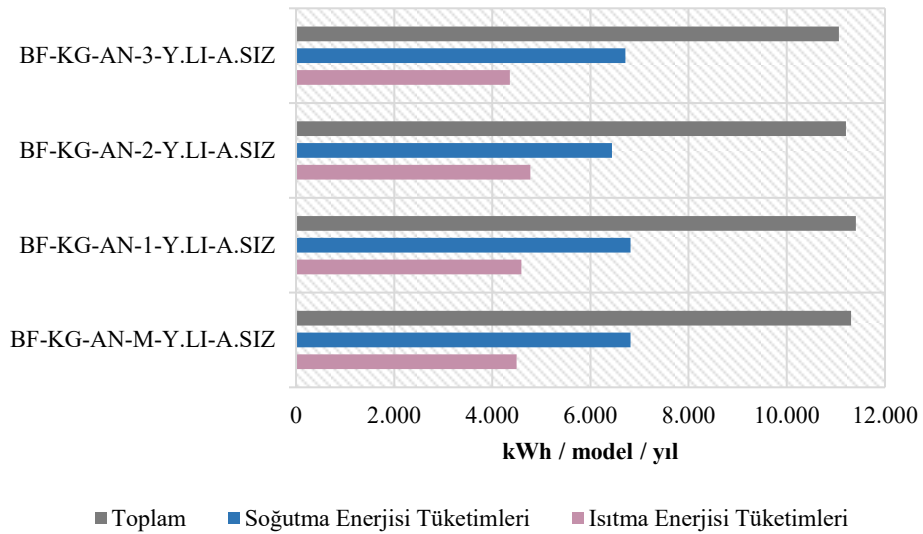
Alternatif 7 (A7): Alternatifler, mevcut durum baz alınarak toplam enerji tüketim miktarları doğrultusunda kıyaslandığında “BF-KG-BN-M-Y.LI-A.SIZ” en pozitif performans olarak elde edilirken, “BF-KG-BN-1-Y.LI-A.SIZ” alternatifi en negatif performans olarak elde edilmiştir. “BF-KG-BN-M-Y.LI-A.SIZ” alternatifi “BF-KG-BN-1-Y.LI-A.SIZ” alternatifine kıyasla ısıtma bakımından %2,4, soğutma bakımından %5,3 daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirirken, toplamda %4,2 daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirmiştir (Şekil 4.55).



Şekil 4.55. Alternatif 7 (bitişik nizam, yalıtımlı duvar, avlu duvarsız, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) de ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim sonuçları

Kaynak: (Grafikler, sonuçların Revit yazılımı üzerinden alınmasıyla oluşturulmuştur).

Alternatif 8 (A8): Alternatifler, mevcut durum baz alınarak toplam enerji tüketim miktarları doğrultusunda kıyaslandığında “BF-KG-AN-3-Y.LI-A.SIZ” en pozitif performans olarak elde edilirken, “BF-KG-AN-1-Y.LI-A.SIZ” alternatifi en negatif performans olarak elde edilmiştir. “BF-KG-AN-3-Y.LI-A.SIZ” alternatifi “BF-KG-AN-1-Y.LI-A.SIZ” alternatifine kıyasla ısıtma bakımından %5,1, soğutma bakımından %1,6 daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirirken, toplamda %3 daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirmiştir (Şekil 4.56).



Şekil 4.56. Alternatif 8 (ayrık nizam, yalıtımlı duvar, avlu duvarsız, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) de ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim sonuçları

Kaynak: (Grafikler, sonuçların Revit yazılımı üzerinden alınmasıyla oluşturulmuştur).

Alternatif 7 (bitişik nizam, yalıtımlı duvar, avlu duvarsız, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yerleşim dokusu) alternatifleri ayrık nizam değerlerindeki farklılıklara göre (alternatif 8), mevcut durum alternatif değerleri baz alınarak diğer alternatifler ile karşılaştırıldığında “BF-KG-AN-3-Y.LI-.A.SIZ” alternatifinin en düşük toplam enerji tüketimine sahip olduğu görülmektedir. Bu durumda aynı şartlar altında bitişik nizam yapılaşma ayrık nizam yapılaşmaya göre daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirmektedir (Çizelge 4.18 ve Çizelge 4.19).

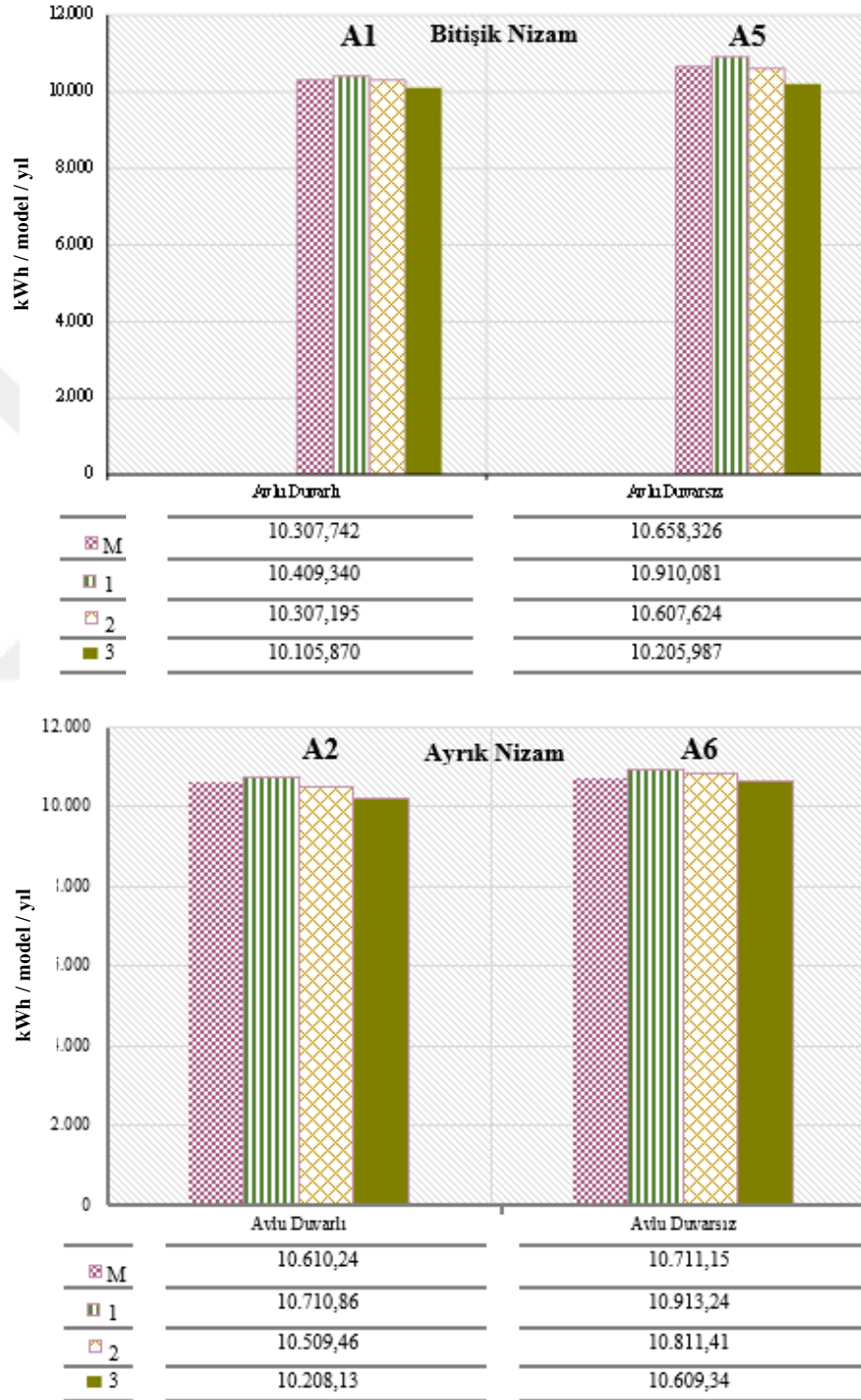
Çizelge 4.18. Yalıtımlı duvar, avlu duvarsız, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yapılaşmaya sahip yerleşim dokusu alternatiflerinde bitişik nizam yapılaşmaya göre azaltım-artım yüzdeleri

Alternatif 7	BF-KG-BN-M-Y.LI-A.SIZ	BF-KG-BN-1-Y.LI-A.SIZ	BF-KG-BN-2-Y.LI-A.SIZ	BF-KG-BN-3-Y.LI-A.SIZ
Isıtma enerjisi tüketimi (kWh/model)	4.218,567	4.361,723	4.292,111	4.255,726
Isıtma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-3,4	%-1,7	%-0,9
Alternatif 7	BF-KG-BN-M-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-1-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-2-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-3-Y.LI-A.LI
Soğutma enerjisi tüketimi (kWh/model)	6.392,49	6.816,054	6.713,372	6.453,764
Soğutma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-6,6	%-5	%-1
Alternatif 7	BF-KG-BN-M-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-1-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-2-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-3-Y.LI-A.LI
Toplam enerji tüketimi (kWh/model)	11.177,777	11.005,483	10.811,407	10.709,49
Toplam enerji tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-5,3	%-3,7	%-0,9

Çizelge 4.19. Yalıtımlı duvar, avlu duvarsız, mevcut, 1, 2 ve 3 katlı yapılaşmaya sahip yerleşim dokusu alternatiflerinde ayrık nizam yapılaşmaya göre azaltım-artım yüzdeleri

Alternatif 8	BF-KG-AN-M-Y.LI-A.SIZ	BF-KG-AN-1-Y.LI-A.SIZ	BF-KG-AN-2-Y.LI-A.SIZ	BF-KG-AN-3-Y.LI-A.SIZ
Isıtma enerjisi tüketimi (kWh/model)	4.493,666	4.591,723	4.772,228	4.355,843
Isıtma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-2,2	%-6,2	%3,1
Alternatif 8	BF-KG-AN-M-Y.LI-A.SIZ	BF-KG-AN-1-Y.LI-A.SIZ	BF-KG-AN-2-Y.LI-A.SIZ	BF-KG-AN-3-Y.LI-A.SIZ
Soğutma enerjisi tüketimi (kWh/model)	6.814,732	6.818,192	6.436,521	6.710,496
Soğutma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-0,1	%5,5	%1,5
Alternatif 8	BF-KG-AN-M-Y.LI-A.SIZ	BF-KG-AN-1-Y.LI-A.SIZ	BF-KG-AN-2-Y.LI-A.SIZ	BF-KG-AN-3-Y.LI-A.SIZ
Toplam enerji tüketimi (kWh/model)	11.308,398	11.409,915	11.208,749	11.066,339
Toplam enerji tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-0,9	%0,9	%2,1

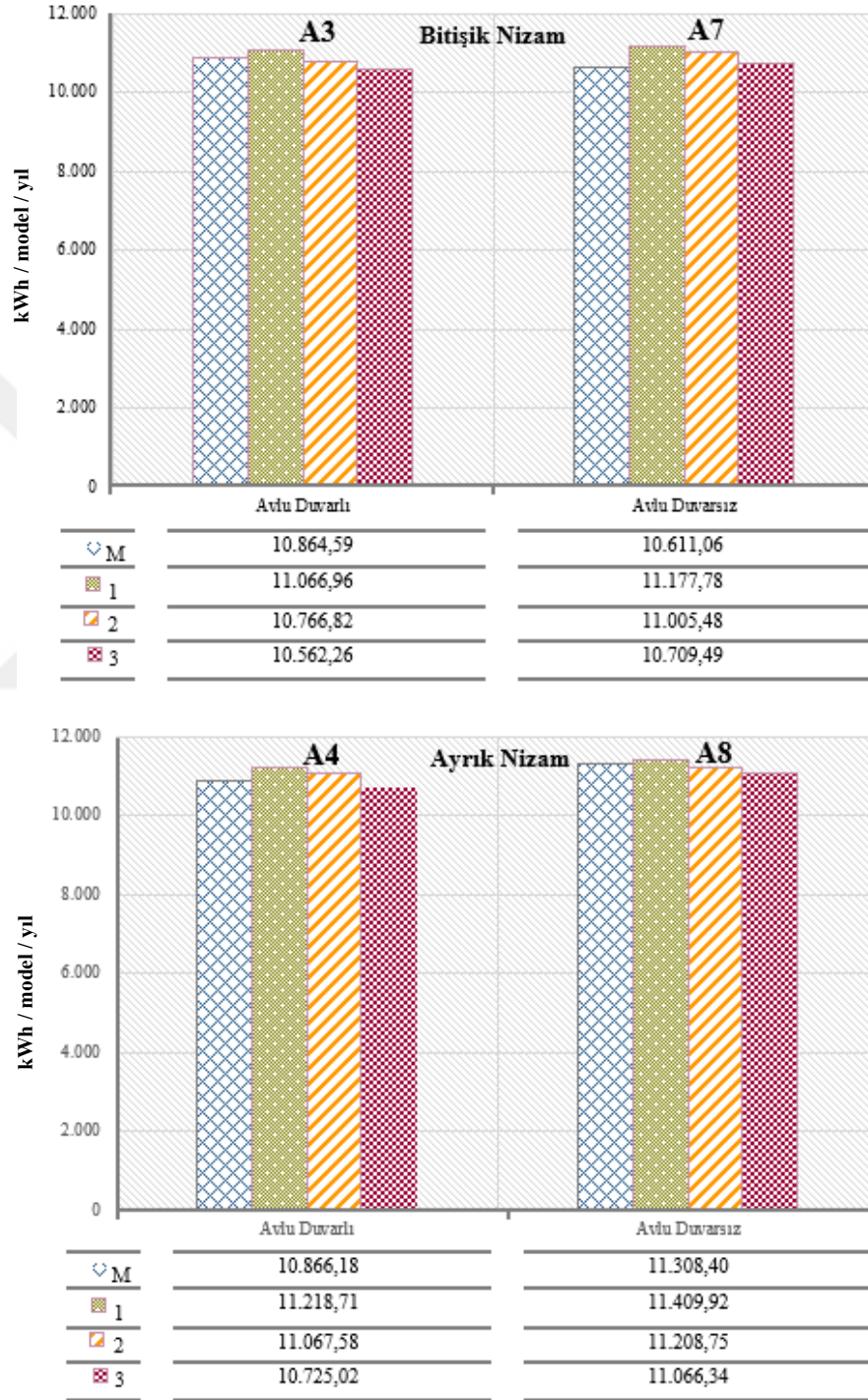
Bitişik ve ayırık nizam yapılaşma gösteren yerleşim dokusu alternatiflerinde referans binaların kabuk katmanında ısı yalıtımı kullanılmamışken çevre yapılarda avlu duvarlarının bulunup bulunmaması durumundaki toplam enerji tüketimleri kıyaslandığında; *3 katlı ve avlu duvarlı* alternatif en pozitif performans gösterirken, *1 katlı ve avlu duvarlı* alternatif en negatif performansı göstermektedir (Şekil 4.57).



Şekil 4.57. Bitişik (üstte) ve ayırık (altta) nizam yerleşim dokusu alternatiflerinde avlu duvarlarının enerji tüketimlerine etkisi

Kaynak: (Grafikler, sonuçların Revit yazılımı üzerinden alınmasıyla oluşturulmuştur).

Bitişik ve ayırık nizam yapılaşma gösteren yerleşim dokusu alternatiflerinde referans binaların kabuk katmanında ısı yalıtımı kullanılmışken çevre yapılarda avlu duvarlarının bulunup bulunmaması durumundaki toplam enerji tüketimleri kıyaslandığında; **3 katlı ve avlu duvarlı** alternatifler en pozitif performans gösterirken, **1 katlı ve avlu duvarsız** alternatifler en negatif performansı göstermektedir (Şekil 4.58).



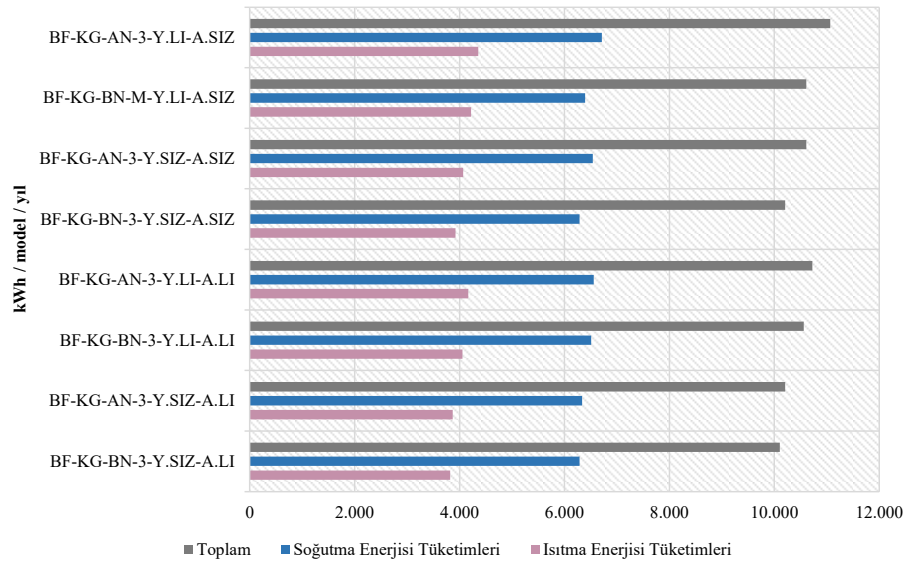
Şekil 4.58. Bitişik (üstte) ve ayırık (altta) nizam yerleşim dokusu alternatiflerinde avlu duvarlarının enerji tüketimlerine etkisi

Kaynak: (Grafikler, sonuçların Revit yazılımı üzerinden alınmasıyla oluşturulmuştur).

4.6. İyileştirmeler İçin Geliştirilen Tasarım Alternatifleri Arasında En Düşük Enerji Tüketim Miktarlarına Sahip Alternatiflerin Belirlenmesi

Yerleşim dokusu tasarım parametrelerinin BIM aracılığı ile incelenmesine yönelik bir model önerisi araştırmasında Birgi özelinde seçilen mevcut yerleşim dokusu üzerinde iyileştirmeler için geliştirilen 32 farklı yerleşim dokusu alternatiflerinden elde edilen analiz sonuçları doğrultusunda “BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI”, “BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.LI”, “BF-KG-BN-3-Y.LI-A.LI”, “BF-KG-AN-3-Y.LI-A.LI”, “BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.SIZ”, “BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.SIZ”, “BF-KG-BN-M-Y.LI-A.SIZ”, “BF-KG-AN-3-Y.LI-A.SIZ” alternatifleri kendi grupları arasında en düşük enerji tüketimi elde edilen alternatifleri göstermektedir. Bu alternatiflerin tamamı tek bir biçim faktörüne ve aynı yönlendiriliş durumuna sahip alternatifler arasındadır ve geneli 3 katlı olan alternatiflerdir.

En pozitif enerji performansı elde edilen 8 adet yerleşim dokusu alternatifi kendi arasında karşılaştırıldığında, toplam enerji tüketim miktarları doğrultusunda “BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI” yerleşim dokusu en pozitif performans gösteren, “BF-KG-AN-3-Y.LI-A.SIZ” yerleşim dokusu ise en negatif performans gösteren alternatif olarak elde edilmiştir. “BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI” alternatifi ile “BF-KG-AN-3-Y.LI-A.SIZ” alternatifi karşılaştırıldığında, en pozitif performans gösteren alternatife göre ısıtma bakımından %10, soğutma bakımından %6,3 ve toplamda %7,8 daha az enerji tüketimi gerçekleştirdiği görülmektedir (Şekil 4.59).



Şekil 4.59. En düşük enerji tüketimine sahip 8 adet yerleşim dokusu alternatiflerinin, soğutma, ısıtma ve toplam enerji tüketim miktarları

Kaynak: (Grafikler, sonuçların Revit yazılımı üzerinden alınmasıyla oluşturulmuştur).

Kat sayısı doğrultusunda en negatif performans gösteren alternatif baz alınarak, enerji tüketim miktarlarının değişimi incelendiğinde, bitişik nizam yerleşimlerde 3 katlı yerleşimlerin mevcut, 1 ve 2 katlı yerleşimlere kıyasla daha düşük enerji tüketimine sahip olduğu görülmektedir. Bitişik nizam yerleşimlerde “BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI” alternatifi, “BF-KG-BN-M-Y.ALI-A.SIZ” alternatifine kıyasla ısıtma bakımından %9,4, soğutma bakımından %1,7 ve toplamda %4,8 daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirmektedir. Ayrık nizam yerleşimlerde ise en pozitif enerji performansına sahip alternatiflerin tamamı 3 katlı olmakla birlikte, “BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.LI” alternatifi, “BF-KG-AN-3-Y.LI-A.SIZ” alternatifine kıyasla ısıtma bakımından %11,1, soğutma bakımından %5,6 ve toplamda %7,8 daha düşük enerji tüketimi gerçekleştirmektedir. Elde edilen bu verilere göre referans binaların döşeme, duvar ve çatı gibi yapı bileşenlerinde ısı yalıtımının kullanılmadığı ve sokak boyunca devam eden avlu duvarlarının bulunması durumunun enerji performansı bakımından daha olumlu olduğu görülmektedir (Çizelge 4.20 ve Çizelge 4.21).

Analizlerden elde edilen verilerde, yapılaşma durumu (H/W) değerlerindeki değişim parametresinin enerji tüketimlerine olan etkisine bakıldığında, bitişik nizam ve ayrık nizam yerleşimler arasında en iyi performans gösteren alternatifler karşılaştırıldığında “BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI” alternatifinin “BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.LI” alternatifine göre ısıtma bakımından %1,3, soğutma bakımından %0,8 ve toplamda %1 daha düşük enerji tüketimine sahip olduğu görülmektedir.

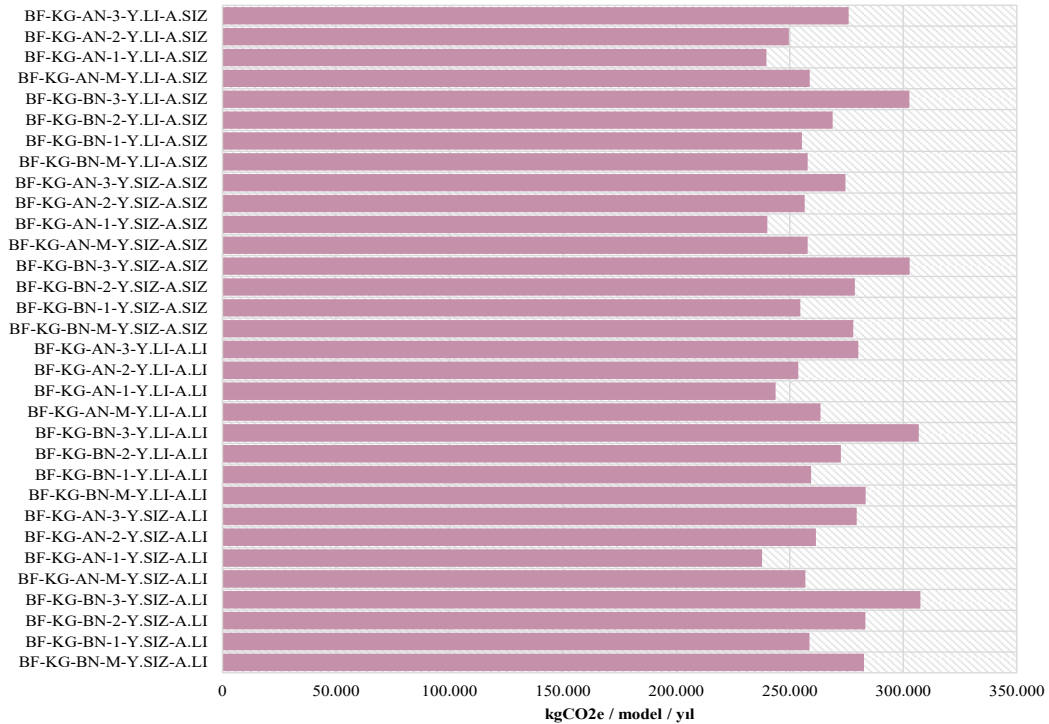
Çizelge 4.20. En olumlu enerji performansı gösteren bitişik nizam yerleşim dokusu alternatiflerinde kat sayısı, yalıtım malzemesi ve avlu duvarları değerlerine göre azaltım yüzdeleri

Alternatif	BF-KG-BN-M-Y.LI-A.SIZ	BF-KG-BN-3-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI
Isıtma enerjisi tüketimi (kWh/model)	4.218,567	4.055,882	3.920,127	3.820,283
Isıtma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%3,9	%7,1	%9,4
Alternatif	BF-KG-BN-M-Y.LI-A.SIZ	BF-KG-BN-3-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI
Soğutma enerjisi tüketimi (kWh/model)	6.392,49	6.506,375	6.285,860	6.285,587
Soğutma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%-1,8	%1,7	%1,7
Alternatif	BF-KG-BN-M-Y.LI-A.SIZ	BF-KG-BN-3-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI
Toplam enerji tüketimi (kWh/model)	10.611,057	10.562,257	10.205,987	10.105,87
Toplam enerji tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%0,5	%3,8	%4,8

Çizelge 4.21. En olumlu enerji performansı gösteren ayrık nizam yerleşim dokusu alternatiflerinde kat sayısı, yalıtım malzemesi ve avlu duvarları değerlerine göre azaltım yüzdeleri

Alternatif	BF-KG-AN-3-Y.LI-A.SIZ	BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-AN-3-Y.LI-A.LI	BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.LI
Isıtma enerjisi tüketimi (kWh/model)	4.355,843	4.070,243	4.166,037	3.870,399
Isıtma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%6,6	%4,4	%11,1
Alternatif	BF-KG-BN-M-Y.LI-A.SIZ	BF-KG-BN-3-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI
Soğutma enerjisi tüketimi (kWh/model)	6.710,496	6.539,097	6.558,98	6.337,732
Soğutma enerjisi tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%2,6	%2,3	%5,6
Alternatif	BF-KG-BN-M-Y.LI-A.SIZ	BF-KG-BN-3-Y.LI-A.LI	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.SIZ	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI
Toplam enerji tüketimi (kWh/model)	11.066,339	10.609,34	10.725,017	10.208,131
Toplam enerji tüketimi azaltım-artım yüzdesi		%4,1	%3,1	%7,8

Tüm bu verilerle birlikte, simüle edilen alternatiflerden elde edilen karbon emisyonu sonuçları incelendiğinde, “BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI” alternatifinin en yüksek karbon emisyonunu, “BF-KG-AN-1-Y.SIZ-A.LI” alternatifinin ise en düşük karbon emisyonunu yaptığı görülmektedir. Bu alternatifler karşılaştırıldığında, en düşük alternatif diğerine göre %22,7 daha az karbon emisyonu yapmaktadır (Şekil 4.60).



Şekil 4.60. Simüle edilen alternatiflerden elde edilen karbon değerleri

Kaynak: (Grafikler, sonuçların Revit yazılımı üzerinden alınmasıyla oluşturulmuştur).

4.7. Yerleşim Dokusu Tasarım Parametreleri Doğrultusunda Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yerleşim dokusu tasarım parametrelerinin BIM aracılığı ile incelenmesi amacı doğrultusunda Birgi özelinde geliştirilen 32 farklı yerleşim dokusunda, tanımlanan referans yerleşim dokusu ve binalar için enerji analizleri gerçekleştirilmiş ve analizlerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tez çalışmasının bu bölümünde, analiz sonuçları doğrultusunda birbirinden farklı yerleşim dokusu tasarımı parametre değerlerinin enerji tüketim miktarlarına olan etkileri değerlendirilmiştir.

Yönlendiriliş Durumu:

Seçilen referans binaların sahip olduğu biçim faktörü değeri doğrultusunda yapılan analiz sonuçlarından elde edilen verilere göre mevcut referans yerleşim dokusunun yönlendiriliş durumu BIM’de olması istenilen değerler arasında yer almaktadır. Kuzey-güney doğrultusunda yönlendirilen referans binalar, geliştirilen tüm alternatiflerde binaların güney ve doğu cephe yüzeylerinde güneş ışınlımından yararlanma oranlarında büyük değişimler meydana getirmektedir. Bu alternatifler arasında en düşük enerji tüketimleri uzun cephenin güney yönüne baktığı cephe yüzeylerinde gerçekleşmektedir. En yüksek enerji tüketimleri ise dar cephenin kuzeye baktığı kuzey-güney doğrultusundaki cephe yüzeylerinde görülmektedir.

H/W Oranı (bitişik-ayrık nizam yapılaşma):

Bina yüksekliğinin sokak genişliğine oranı olarak tanımlanan H/W oranı, yerleşim dokularında güneş ışınlımından fayda sağlamak amacıyla kullanılan en önemli parametrelerden biri olarak görülmektedir. Çalışma kapsamında geliştirilen yerleşim dokusu alternatiflerinde bitişik nizam ve ayrık nizam olmak üzere 2 farklı H/W oranı tanımlanmıştır. Elde edilen analiz sonuçları incelendiğinde, ayrık nizam yapılaşmalarda bitişik nizam yapılaşmalara göre bina aralıkları arttığı için yerleşimlerdeki referans binaların güneş ışınlımından faydalanma olanağı da artmıştır. Bu sayede ısıtma amaçlı enerji tüketimlerinde düşüş gözlenmektedir. Gerçekleştirilen simülasyonlarda Birgi, soğutma öncelikli bir bölgede bulunduğundan H/W oranına dayalı olarak toplam enerji tüketimleri soğutma tüketimleri ile paralel doğrultuda artış ya da azalış göstermektedir. Buna bağlı olarak bitişik nizam yapılaşmaya sahip yerleşim dokularında soğutmada ve toplamda tüketilen enerji miktarlarının ayrık nizam yapılaşmaya göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre çevre yapılar tarafından sağlanan gölgeli alanların oranı arttıkça (bitişik nizam yapılaşmalarda); soğutma ve ısıtma yükünde

azalma gözlenmektedir. Bu anlamda en düşük soğutma yükü bitişik nizam, 3 katlı, referans binaların yapı kabuğunda ısı yalıtımının kullanılmadığı ve avlu duvarlarının bulunduğu yerleşim dokusu alternatifi tarafından sağlanmıştır. “BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI” yerleşim dokusunda simüle edilen referans binaların iki cephesinin 3 katlı komşu yapılarla çevrili ve kuzey cephesinin komşu binaya bitişik olması sayesinde iki cepheden (doğu ve güney) güneş ışıınımı kazancı sağlanmakta ve binaların maruz kaldığı güneş ışıınımı etkisinin azaldığı görülmektedir. Birgi’de geleneksel yerleşim dokusunda dar sokak aralıkları ve bitişik nizam yapı adaları kullanıldığından, çalışmada gerçekleştirilen enerji simülasyonlarından elde edilen sonuçlarda sıcak-nemli iklim bölgesinde sıkışık olan yerleşim dokusu alternatiflerinde yer alan referans binaların daha düşük soğutma enerjisi tüketimine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Kat Sayısı (bina yüksekliği):

Analizlerden elde edilen veriler bina kat sayısı bakımından incelendiğinde, analiz edilen 2 farklı yapılaşmaya sahip yerleşim dokularında, bina kat sayısındaki artış, referans yerleşim dokusu ve binalardaki model başına düşen ısıtma ve soğutma amaçlı enerji tüketimlerinde azalmayı sağlamaktadır. Toplam enerji tüketimlerinin de soğutmaya paralel olarak azaldığı görülmektedir.

Biçim Faktörü:

Çalışmada seçilen referans binalar üzerinden tek bir biçim faktörü tanımlanmış, orta ve arka avluya sahip olan kompakt-geleneksel bir plan tipi seçilmiştir. Tanımlanan biçim faktörünün enerji tüketimlerine olan etkisi incelendiğinde, sahip oldukları kompakt formdan ve geleneksel yapıdan dolayı model başına en düşük enerji tüketim miktarlarını verdiği ve güneş ışıınımından faydalanmada ısı kayıplarını azaltma bakımından avantajlı olduğu görülmektedir. Birgi’de (sıcak-nemli iklim bölgesi) yapı formu daha kompakt bir hal aldıkça iç mekanların dış hava şartlarından daha az etkilendiği ve pasif halde daha konforlu ortamların sağlandığı görülmektedir. Burada kompaktlık algısı; yapıların dış yüzey alanına, avluların konumuna ve avlulara bakan cephe yüzeylerinin aldıkları gölgeli alan miktarına dayalı olarak tanımlanmaktadır.

Yapı Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özellikleri:

Sıcak-nemli iklim bölgelerinde iç mekân konforunun sağlanabilmesi için yapı kabuğunda düşük ağırlıklı ve yüksek yalıtımlı malzeme kullanılarak yapı kabuğunun yüksek ısıl kapasitesine sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle, Birgi’de yapı kabuğu bu niteliklere sahip bölgeye özgü ve sürdürülebilir yapı elemanlarından oluşmaktadır. Ancak çalışmada yapılan incelemede bölgede yapılan yeni yapılaşmalarda yerel

malzemelerin kullanımının göz ardı edilerek üretildiği gözlenmiştir. Bu duruma en iyi örnek olarak konut yapılarının üst kat duvarlarında ahşap malzemeden çok tuğla malzemenin kullanılmaya başlanması söylenebilir.

Referans binalarda geleneksel malzemelerden oluşan yapı kabuğu kullanılarak gerçekleştirilen simülasyonlar karşılaştırıldığında diğer alternatiflere göre daha düşük enerji tüketimine sahip olduğu görülmektedir. Özellikle, sıcak-nemli iklim bölgesi koşullarında öncelikli olarak dikkat edilen soğutma yükü, simülasyonlardan elde edilen sonuçlara göre geleneksel yapı kabuğu katmanlaşmasına sahip referans binalarda daha düşük çıkmıştır. Yapı kabuğunda ısı yalıtımının kullanılmaması ile birlikte sokak boyunca uzanan yüksek avlu duvarlarının kullanılması Birgi yerleşim dokusu için gereken yapı kabuğunun yüksek ısı kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir.

Yapılan çalışmada, elde edilen yapı kabuğuna dayalı olarak oluşan enerji yükleri değerlendirildiğinde geleneksel yapı kabuğu performansına sahip olan malzeme özelliklerine dayalı olarak gerçekleştirilen simülasyonlarda geleneksel yapı kabuğunun alternatif (yalıtımsız ve avlu duvarsız) yapı kabuğuna kıyasla daha olumlu performans gösterdiği gözlenmektedir.

5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Tartışma

Günümüzde doğal kaynakların hızla tükenmesi, her geçen gün yapı stoklarının artması ve bu nedenle çevre koşullarının olumsuz etkilenmesi dikkate alındığında, sürdürülebilir enerji sistemlerinin geliştirilmesi yapı sektörünün yanı sıra her alanda zorunlu bir hale gelmiştir. Artan yapı stokları ile birlikte oluşan yeni yerleşim yerleri dünya çapında gittikçe çok daha yüksek miktarda enerji tüketimi ve yüksek oranda CO2 emisyonu gerçekleştirmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile enerji etkin ve sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarının uygulanması konusunun yapı sektöründe öncelikli olarak ele alınması gerekmektedir. Yapı sektöründe ise, insanın barınma ve konfor gereksinimini karşılayan ve hızla büyüme gösteren birden fazla konutu kapsayan yerleşim yerlerinin bu kapsamda ele alınması önem arz etmektedir. Yapılardaki sürdürülebilir enerji arayışının, öncelikle doğru tasarım kararlarının alınması ile başlayan bir süreç halinde değerlendirilmesi ve sonrasında sürdürülebilirlik için en etkili yöntem olan enerji korunumunun sağlanması gerekmektedir. Bu bağlamda, tasarım aşamasında doğru tasarım kararlarının alınması ve parametrelerin kullanılmasıyla oluşturulacak pasif sistemler, yapılarda enerji korunumunun sağlanması bakımından büyük farkların oluşmasında etkili olmaktadır.

Diğer yandan, geleneksel yöntemlerin eksiklikleri ve yapı sektöründeki teknolojik gelişmeler, BIM (Building Information Modelling) kavramının ortaya çıkmasını sağlamıştır. BIM sağladığı kolaylıklar, koordine çalışabilme özelliği ve tasarım evresinde göz ardı edilen kararları kolaylıkla saptaması ve tasarıma entegrasyonunu mümkün kılmaktadır. Bununla birlikte, mevcut yerleşim alanlarında sonradan yapılacak müdahaleler ve iyileştirmeler sayesinde önceden alınan yanlış kararların düzeltilmesi ile enerji tüketimleri azaltılarak enerji etkin ve sürdürülebilir yerleşim dokuları oluşturulabilmektedir.

Ayrıca, Birgi yerleşim alanının, “UNESCO Dünya Mirası Aday Listesine (tentative list)” listesine kabul edilmesinde etkili olan en önemli faktörün, ***yerleşim dokusunun bütünlük ve özgünlüğünün günümüze kadar korunarak ulaşmış olması*** olduğundan, konu ile ilgili olarak Vedenik Tüzüğü (1964), ICOMOS Tüzükleri, 2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, koruma ve kullanımla ilgili uluslararası çerçeveler taranmıştır. Bu çerçevede, mevcut doku ve yapıların korunarak

kullanılması önem taşımaktadır. 2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu ve Venedik Tüzüğü'nün ise temel ilkelerden ödün vermeden sosyo-kültürel sürdürülebilirliğin küresel ölçekte kabul gördüğü bir yaklaşım olduğu görülmektedir.

Bununla birlikte, çalışmada örnek yerleşim alanı olarak Birgi'nin seçilmesinin temel nedeni, bölgenin sahip olduğu geleneksel yerleşim dokusunun, pasif enerji sistemleri açısından uzun yıllardır iklime uyumlu çözümler sunmuş olmasıdır. Birgi, sıcak-nemli iklim kuşağında yer almasına rağmen, tarihsel süreçte geliştirdiği yerleşim biçimi, yapı formları ve sokak dokusu sayesinde doğal havalandırma, gölgeleme ve ısı kontrolü gibi pasif stratejileri başarılı bir şekilde uygulayabilmiştir.

Birgi yerleşim alanının tercih edilmesinin nedenleri ise aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- **Geleneksel konut örneklerinin korunmuş olması:** Birgi'nin tarihi dokusunu büyük ölçüde koruyarak günümüze ulaşmış nadir yerleşimlerden biri olması, pasif enerji stratejilerinin tarihsel bağlamda nasıl işlediğini analiz etmeye olanak sağlamaktadır.
- **İklime uyumlu yerleşim karakteri:** Yapıların yönlenmesi, sokak genişlikleri, bina yükseklikleri gibi parametrelerin, bölgenin iklim koşullarına uygun olarak şekillenmiş olması modern tasarımlar için model olabilecek değerli veriler sunmaktadır.
- **Kültürel ve mimari zenginlik:** Osmanlı ve erken Cumhuriyet dönemi mimarisine ait özgün örnekler içeren Birgi, sürdürülebilir mimarlık açısından zengin bir laboratuvar görevi görmektedir.
- **Kırsal doku üzerinden kentsel sorunlara çözüm arayışı:** Kentsel alanlarda yaşanan enerji verimliliği sorunlarına kırsal ve geleneksel örneklerden yola çıkarak çözümler üretebilmek adına Birgi gibi yerleşimler önemli bir referans niteliği taşımaktadır.
- **Yapı stoğu üzerinden modernleştirme potansiyeli:** Mevcut yapıların BIM destekli analizlerle enerji performanslarının iyileştirilmesi, Birgi gibi yerleşimlerde seçilen mevcut dokuya ve yapıya müdahale içeren simülasyonlar, yeni tasarımlara bilgi sağlamak ve sürdürülebilir dönüşüm projeleri açısından yol gösterici olabilmektedir.

Bu nedenlerle Birgi, hem geleneksel yapı sistemlerinin enerji etkinliği açısından değerlendirilmesi hem de BIM destekli sürdürülebilir yerleşim senaryolarının oluşturulması açısından ideal bir örnek alan olarak seçilmiştir.

Bu bağlamda çalışma kapsamında, yerleşim dokusu tasarım parametreleri Birgi özelinde BIM aracılığı ile incelenerek, enerji tüketimlerinin en aza indirilmesi ile Birgi için optimum tasarım parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun yanı sıra, son yıllarda sağladığı yenilikler ve kolaylıklarla gittikçe önem kazanan BIM kavramının, enerji alanındaki etkinliği araştırılmıştır. Yapılan araştırma sayesinde, geleneksel Birgi konutlarının, uzun seneler boyunca geliştirdikleri pasif sistemlerin kullanılmasıyla aktif sistemlere gereksinim duymadan konforlu mekanlar oluşturdukları görülmüştür. Bunun aksine, son yıllarda kentleşmenin hızla artması neticesinde genellikle iklimsel koşullar dikkate alınmadan yapılar yapılmakta ve iklimsel konfor şartlarını sağlamak için de aktif enerji sistemlerine daha fazla gereksinim duyulmaktadır. Bu nedenle, çalışmada pasif tasarım yerleşim dokusu parametrelerinin enerji konusundaki önemi ve etkileri vurgulanmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler, doğru analizlerin yapılması ile alınan doğru karar ve uygulanan iyileştirmelerle oluşturulacak tasarımların, enerji etkin ve düşük enerji tüketimine sahip, kaynakları etkin kullanan yerleşim dokularının oluşturulmasında önemli bir role sahip olduğunu, geleneksel doku üzerinde bazı eklemeler ve bazı çıkarımlar yapıldığında enerji performansı açısından uygun çözümlere ulaşılabileceğini göstermektedir. Böylece, hem Birgi hem de diğer yeni yerleşimlerde tasarımcılara yol gösterici nitelikte olabilecek teknik verilerin elde edilmesi amaçlanmıştır.

5.1. Sonuç ve öneriler

Çalışmada, Birgi yerleşim alanı için sıklıkla kullanılan yerleşim dokuları doğrultusunda farklı yerleşim dokusu alternatifleri oluşturulmuştur. Tasarım parametrelerini oluşturan yerleşme ölçeğindeki tasarım parametrelerinden yönlendiriliş durumu sabit, diğerleri değişken değerler olarak sisteme tanımlanırken, bina ölçeğindeki tasarım parametreleri için sabit değerler tanımlanmıştır. Bununla birlikte, kullanıcıya, iklime ve aktif bina alt yapı sistemlerine ilişkin parametreler de dikkate alınmıştır. Bitişik nizam yapılaşma gösteren alternatif yerleşim dokularında 38 adet bina, ayrık nizam yapılaşma gösteren alternatif yerleşim dokularında ise 28 adet bina bulunmakta ve en güneydoğusunda bulunan 2 adet konut yapısı referans bina olarak kabul edilmiştir. Binalar, mevcut binalar üzerinden seçildiği için tek bir biçim faktörü değerine sahip sıkça görülen bina formları belirlenmiştir. Mevcut yerleşim dokusu üzerinden gerekli analizler yapılarak, analiz sonuçlarına göre referans yerleşim dokusu

için eksikler tespit edilmiş, eksikler doğrultusunda farklı yerleşim dokusu alternatifleri geliştirilmiştir. Alternatif yerleşim dokularının geliştirilmesine yonelik sürece dayalı olarak, kat sayısı (1, 2 ve 3), H/W (bitişik ve ayırık nizam) ve yonlendiriliş durumuna (KG) göre 32 farklı yerleşim dokusu alternatifi oluşturulmuştur.

Geliştirilen yerleşim dokuları simülasyon yoluyla analiz edilerek, model başına düşen soğutma, ısıtma ve toplam enerji tüketim miktarları baz alınarak değerlendirilmiştir. Simülasyonlar, BIM tabanlı bir program olan Revit Architecture ve onun uzantısı olup enerji hesaplarını yapan Insight 360 ile Green Building Studio programları kullanılarak gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır (Ek C).

Simülasyonlardan elde edilen analiz sonuçlarına göre belirlenen tek biçim faktörü ve kare plana sahip bu alternatifler bina kat sayısı bakımından incelendiğinde, 3 katlı evre yapılar mevcut, 1 ve 2 katlı yapılara göre model başına soğutma, ısıtma ve toplam enerji tüketimlerinde daha düşük enerji tüketimleri gerçekleştirmiştir. Yonlendiriliş durumuna göre incelendiğinde, mevcut referans yerleşim dokusu üzerinden yapılan analiz sonuçları doğrultusunda en iyi yonlendiriliş yönünün KG doğrultusunda ve yonlendiriliş açısının istenilen değerler arasında olduğu belirlenmiştir. Yerleşim dokusunu tanımlayan en önemli ölçüsel parametre olan H/W oranına göre, en küçük sokak genişliğine sahip olan bitişik nizam yapılaşma gösteren alternatifler en düşük enerji tüketimlerini göstermektedir. Değerler büyüyüp ayırık nizam yapılaşma gösterdiğinde sokak genişliğine dayalı olarak enerji tüketimleri de yükselmektedir. Binalarda ısı yalıtım malzemesinin kullanılması durumu incelendiğinde, yalıtım malzemesinin kullanılmadığı ve sokak boyunca devam eden yüksek avlu duvarlarının tasarıma dahil edildiği alternatiflerin enerji tüketimlerinin daha düşük olması geleneksel tasarım yaklaşımının bölge için daha uyumlu olduğunu göstermektedir. Ayrıca, çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda sıcak-nemli iklim bölgesinde soğutma ihtiyacı duyulan dönemin daha uzun sürmesine dayalı olarak soğutma enerjisinin toplam enerji tüketim miktarı üzerine güneş ve ısıtma enerjilerine oranla daha fazla etkili olduğu görülmektedir. Buna göre, enerjinin etkin kullanımının sağlanması için güneş ışıınımı kazancının yerleşim biçimiyle en uygun hale getirilerek pasif soğutma etkisinin güçlendirilmesi ve soğutma enerjisi tüketimini azaltma doğrultusunda tasarımların geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu çerçevede Birgi referans yerleşim dokusu ve binalarda enerji performansının artırılması için geleneksel doku üzerinde yapılacak müdahaleler için geliştirilen alternatifler ve yapılacak müdahaleler koruma bakımından ele alındığında;

- Geleneksel yapılara yenilenebilir enerji sistemleri gibi eklemeler yapılırken binaların özgün dokusuna zarar vermeyecek şekilde tasarlanmasının mimari yapıyı bozmadığı görülmektedir.
- BIM teknolojisiyle yapılan enerji analizlerinin bilimsel dayanaklı karar alma süreçleri olduğu için geliştirilen alternatiflerin bilimsel ve estetik verilerle sınırlı kalması koruma restorasyon kararları açısından uyumlu gözükmemektedir.
- Geleneksel yapıların kat sayısının korunarak enerji performansının iyileştirilmesi, Birgi'deki kültür varlıklarının korunması, özgünlüğünün ve tarihi değerinin korunarak yaşatılması açısından uyum göstermektedir.
- Gölgeleme elemanlarının iyileştirilmesi, pasif soğutma stratejileri gibi müdahaleler ise uygun projelendirme ile kurula sunularak uygulanabilir.
- Yerleşim dokusunun bitişik nizamdan ayırık nizama dönüştürülmesi önerisinin ise koruma amaçlı imar planları dikkate alınarak sit alanları içinde olmaması halinde uygulanabileceği görülmektedir.
- Yapı kabuğundaki geleneksel malzemenin tamamen modern malzemelerle değiştirilmesi tarihsel katmanlı yapı kabuğuna zarar vereceğinden yalıtım malzemesinin eklenmesi bu değerleri korumaya yönelik uygun bir müdahale olmadığı söylenebilir. Diğer yandan gelişen teknoloji, bu tür müdahalelerin yapıların özgün niteliklerini bozmadan yapılabilmesini mümkün kılmaktadır.

Birgi'nin geleneksel dokusu dikkate alınarak çalışmada, binalar arasındaki mesafenin artırılması, çalışmada ele alınan haliyle bitişik nizam yapılaşmadan, ayırık nizam yapılaşmanın tercih edilmesiyle %8,5 oranına kadar soğutma enerjisi tüketiminde artış elde edilmesine neden olmuştur. Buradan hareketle, bitişik nizam yapıların sunduğu dar sokak genişliklerinin enerji tasarrufu açısından avantaj sağlarken, ayırık nizam ve geniş açık alanların soğutma enerjisi ihtiyacını artırdığı görülmektedir. Bu nedenle, ayırık nizam yapılaşma geleneksel yerleşim mantığından uzaklaşmakta ve soğutma yükünü ise artırmaktadır. Bitişik nizam yapılaşmada referans binalarda ısı yalıtım malzemesinin kullanılmaması ve yüksek avlu duvarlarının sokak boyunca devam ettiği durumda çevre yapıların kat sayılarının artırılmasıyla (3 kat) %1,6 oranına kadar soğutma enerjisi tüketimini düşürmek mümkün olmuştur. Ancak, doğal yalıtım

özellikleri modern hafif yapı malzemeleriyle değiştirildiğinde, özellikle sıcaklık kontrolü açısından enerji performansının düştüğü görülmektedir. Özellikle ısı yalıtımı olmayan ancak avlu duvarlarıyla desteklenen geleneksel sistemler daha düşük enerji tüketimi göstermektedir. Ayrıca, geleneksel yapıların doğal havalandırma, avlu kullanımı ve kalın duvarlarla iç mekânda serinlik sağlayarak enerji tüketiminde düşüş elde ettiği de görülmektedir. Bununla birlikte, geleneksel yapılarda 1 ve 2 katlı yapılaşma görülmekte iken, aynı yerleşim karakterinin korunarak kat sayısının 3'e çıkarılmasının, diğer alternatiflere kıyasla %5,6 oranına kadar daha düşük soğutma, %7,8 oranına kadar daha düşük toplam enerjisi tüketimi sağladığı tespit edilmiştir. Ayrık nizam yapılaşmanın tercih edilmesiyle ise %11,1 oranına kadar ısıtma enerjisinde düşüş sağlandığı gözlenmiştir. Tüm bu veriler ışığında geliştirilen alternatiflerde yaşam döngüsü evresinde tüketilen (50 yıllık) elektrik ve yakıt değerleri incelendiğinde, %23,5 oranına kadar daha düşük elektrik tüketimi, %31,4 oranına kadar daha düşük yakıt tüketimi elde etmek mümkün olmuştur. Yıllık enerji kullanımı yoğunluğunda da %24,5 oranına kadar düşüş sağlanmıştır. Ancak konuyla ilgili yapılan çalışmalar araştırıldığında bu değerlerin ülkeler arasında değişiklik gösterdiği görülmektedir (Atmaca ve Atmaca, 2015:419-420, EK D).

Çalışma kapsamında önerilen model, parametrik bir ele alış biçimiyle küresel boyutta birincil toplam enerji tüketiminin %75 inden sorumlu olan mevcut konut yapılarının en uygun kombinasyonlarla enerji tüketim miktarlarının düşürülerek BIM aracılığıyla mevcut yerleşim dokuları için optimum tasarım parametrelerinin belirlenmesine odaklanmıştır. Sonuç olarak, bu çerçevede dijital karşılaştırmalar incelendiğinde, geleneksel Birgi yerleşim dokusu ve konutları örneği üzerinden aktarılan yerleşim dokusu ve yapı formu, yerleşim dokusunu tanımlayan pasif tasarım parametrelerinin enerji tüketimlerinde ne derece etkin sonuçlar elde edilebileceğini göstermiştir. Yapılan değerlendirmelerde ve karşılaştırmalarda, sıcak-nemli iklim bölgesinde yer alan Birgi'de bulunan mevcut yapılar için dikkat edilmesi gereken konular, geleneksel konut yapılarının gösterdikleri termal performansa dayalı olarak açıklanmıştır. Çalışma kapsamında tanımlanan parametrelerin tasarımcılara sıcak-nemli iklim bölgesinde mevcut yapılar ve yeni tasarlanacak yapılar üzerinde yapı formu ve yerleşim dokusu parametreleri bakımından yol göstermesi amaçlanmıştır. Elde edilen verilerden çıkarım yapıldığı üzere, mevcut tasarımlar üzerinden gerekli analizlerin yapılarak, eksikliklerin belirlenmesi ve belirlenen eksiklikler üzerinden iyileştirmeler için simülasyonların gerçekleştirilmesi ile yapılar daha az enerji tüketerek daha konforlu

ortamlar sunabilmekte ve daha az karbon emisyonu yapılabilir. Bu bağlamda göz önüne alınması gereken nokta, iklime ilişkin verilerin en doğru şekilde analiz edilmesi ve yapılar üzerinde yapılan iyileştirmelerin çevre şartlarına uyumlu olarak uygulanmasıdır.

Bu nedenle, bölge için iklimsel verilere ve çevre şartlarına uyumlu, aynı zamanda yenilenebilir kaynaklardan yararlanan aktif sistemlerin de tasarıma dahil edildiği uygulamaların yapılması önerilmektedir. Geleneksel yapı karakteri korunarak çatıya entegre edilecek güneş panelleri ve yağmur suyu toplama sistemleri ile enerji tasarrufu sağlanabilecektir. Cephelerde kullanılan çıkmalar, saçaklar ve ahşap kepenk gibi elemanların tasarıma dahil edilmesi ise güneş kontrolü açısından optimize edilerek daha etkili hale getirilebilecektir. Bu kapsamda, çalışmayı takiben elde edilen verilerle sıcak-nemli iklim bölgesinde yer alan Birgi yerleşimi için yenilenebilir enerji kaynaklarının da tasarıma entegre edildiği yeni bir yerleşim dokusu modelinin geliştirilmesi önerilmektedir. Bu sayede, hem günümüzdeki mevcut yerleşim dokularında hem de gelecekte yeni tasarlanacak yerleşim dokularında kullanıcılara ve doğaya saygılı yapay çevrelerin oluşturulmasıyla sürdürülebilir ortamlar tasarlanabilecektir. Ayrıca çalışma, enerji verimliliği bağlamında BIM teknolojisi ile yapılan analizlerin, geleneksel mimariye saygılı müdahaleler yoluyla sürdürülebilirlik hedeflerine nasıl katkı sağlayabileceğini ortaya koymaktadır.

Bu nedenle, Birgi örneğinde enerji verimliliği amaçlı müdahalelerin, koruma mevzuatının ve geleneksel mimariye müdahale ilkelerinin gerektirdiği hassasiyetle ele alınması gerekmektedir. Venedik Tüzüğü ve 2863 sayılı Koruma Kanunu, tarihî ve kültürel değerlerin korunmasını zorunlu kılarken, BIM destekli simülasyonlar da sürdürülebilir ve enerji verimli çözümlerin geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. Sosyo-kültürel bağlamda yerel halkın katılımı ve geleneksel yaşam biçiminin gözetilmesi, sürdürülebilirlik çalışmalarının başarısı için hayati öneme sahip olmaktadır. Böylece, Birgi’de bir yandan tarihî doku korunurken diğer yandan enerji tüketimi minimize edilerek çevresel sürdürülebilirlik sağlanmış olacaktır.

KAYNAKÇA

- Abrishami, S., Goulding, J. S., Rahimian, F. P., & Ganah, A. (2014). Integration of BIM and generative design to exploit AEC conceptual design innovation. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 19, 350–359. <http://www.itcon.org/2014/21>
- Ağca, B. (2002). Dünya sürdürülebilir kalkınma zirvesi. *Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi*, 7, 45–58.
- Aktan, C. C. (Ed.). (2002). *Yoksullukla mücadele stratejileri*. Hak-İş Federasyonu Yayını.
- Alaybaşı, N. (2003). *Sıcak kuru iklim bölgelerinde enerji korunumu açısından bina dış kabuğu alternatiflerinin bina formuna bağlı olarak belirlenmesi* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Alhusban, M., Al-Bizri, S., Danso-Amoako, M., & Gaterell, M. (2017). Procurement route and building information modelling (BIM) implementation effect on sustainable higher education refurbishment projects. In A. Elmualim & A. A. Rahman (Eds.), *Sustainability in construction and civil engineering* (pp. 111–120). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-50346-2_8
- Altınoluk, Ü. (2007). *Birgi geleneksel kent dokusu*. Ege Yayınları.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2017). *ASHRAE standard 55: Thermal environmental conditions for human occupancy*.
- Aouad, G., Lee, A., & Wu, S. (2005). From 3D to nD modelling. *Journal of Information Technology in Construction*, 10, 15–16. <https://www.itcon.org/2005/2>
- Arauz, O., & Gallego, K. (2022). *The relation between level of development, information exchanges, and life cycle analysis in BIM-based projects* (Master's thesis, Jönköping University). Jönköping University.
- Asımgil, B. (2016). Kaynakların korunumunda sürdürülebilir teknolojik yaklaşımlar ve mimari forma etkisi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 32, 28–39.
- Asia-Pacific Councils. (1997). *Moving sustainable development from agenda to action*. Asia-Pacific Council News, January–March.
- Atalay, D. (2018). Avrupa ve Amerikan standartlarına göre bina konfor havalandırması sistemlerinde kullanıcılara sağlanması gereken taze hava miktarlarının karşılaştırılması. *Türkiye Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi*, 115, 1–15. <https://www.ttmd.org.tr/upload/files/88104Dergi-Eki-115-1-1.pdf>
- Atıl, A., Gülgün, B., & Yörük, İ. (2005). Sürdürülebilir kentler ve peyzaj mimarlığı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(2), 215–226.
- Atmaca, A. (2016). Life-cycle assessment and cost analysis of residential buildings in southeast of Turkey: Part 2 – A case study. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 21, 925–942.
- Atmaca, A. (2020). *Sürdürülebilir mimarlık ve yeşil binalar* [Kurum içi ders notu]. Hasan Kalyoncu Üniversitesi.
- Atmaca, A., & Atmaca, H. (2015). Life cycle energy (LCEA) and carbon dioxide emissions (LCCO2A) assessment of two residential buildings in Gaziantep, Turkey. *Energy and Buildings*, 102, 417–431.
- Autodesk. (2019). *Designing and building better with BIM*. <https://www.autodesk.com/solutions/bim>

- Aydın, M. A. (2019). *Enerji harcamalarının azaltılmasını hedefleyen yerleşme dokusu tasarım parametrelerinin BIM aracılığı ile optimizasyonu* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=611336>
- Azhar, S., Brown, J., & Farooqui, R. (2009). BIM-based sustainability analysis: An evaluation of building performance analysis software. *Proceedings of the 45th ASC Annual Conference*, Gainesville, FL, United States.
- Baer, A., Eastman, C., & Henrion, M. (1979). Geometrical modeling: A survey. *Computer Aided Design*, 11(5), 253–272.
- Barlish, K., & Sullivan, K. (2012). How to measure the benefits of BIM—A case study approach. *Automation in Construction*, 24, 149–159.
- Barnes, P., & Davies, N. (2014). *BIM in principle and in practice*. ICE Publishing.
- Baumgart, B. G. (1972). *Winged edge polyhedron representation* (Technical Report No. CS-320). Stanford Artificial Intelligence Laboratory.
- Bayraç, H. N. (2009). Küresel enerji politikaları ve Türkiye: Petrol ve doğal gaz kaynakları açısından bir karşılaştırma. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 115–142.
- Bayram, F. (2001). Sürdürülebilir kentsel gelişme: Araçlar, yaklaşımlar ve Türkiye. In *Cevat Geray'a armağan* (pp. 251–265). Mülkiyeliler Birliği Yayınları.
- Beazley, S., Heffernan, E., & McCarthy, T. J. (2017). Enhancing energy efficiency in residential buildings through the use of BIM: The case for embedding parameters during design. *Energy Procedia*, 121, 57–64.
- Bedrick, J. (2008, August). Organizing the development of a building information model. *AECbytes*. <http://m.aecpe.com/08-08-20MPS.pdf>
- Beetz, J., van Berlo, L., de Laat, R., & Bonsma, P. (2011). Advances in the development and application of an open source model server for building information. In *Proceedings of the CIP W78 Conference (BIMserver 1.1 beta)* (pp. 123–134). Nice, France.
- Bergin, M. (2012). A brief history of BIM. *ArchDaily*. <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>
- Berköz, E. (1995). *Enerji etkin konut ve yerleşme tasarımı*. TÜBİTAK.
- Bernstein, P. G., & Jezyk, M. (2014). Model and measurement: Changing design value with simulation, analysis, and outcomes. In *Building information modeling: BIM in current and future practice* (pp. 79–94). Wiley.
- Bew, M., & Richards, M. (2008). Bew-Richards BIM maturity model. *BuildingSMART Construct IT Autumn Members Meeting*, Brighton, UK.
- Beyaztaş, H. (2021). Yerinde dönüşüm bağlamında kent dokusu ve enerji tüketimi ilişkisinin incelenmesi: Kadıköy vaka çalışması. *The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication – TOJDAC*, 11(1), 162–181.
- BI BIM Building Information Modeling. (2011). *A report for the Government Construction Client Group Building Information Modeling (BIM) Working Party strategy paper*. UK: Author.
- Birleşmiş Milletler. (1992a). Çevre ve kalkınma konferansı: Rio bildirgesi, ilke 1.
- Birleşmiş Milletler. (1992b). Çevre ve kalkınma konferansı: Gündem 21 (ss. 11–13).
- Bozlağan, R. (2005). Sürdürülebilir gelişme düşüncesinin tarihsel arka planı. *Dergipark*, (50), 1011–1028.

- Braid, I. C. (1973). Designing with volumes [Technical report]. Computer Aided Design Group, University of Cambridge Computer Laboratory.
- Brebbia, R., Martin-Duque, L., & Wadhwa, W. (2002). *The sustainable city II: Urban regeneration and sustainability*. WIT Press.
- BSI. (2013). PAS 1192-2:2013. British Standards Institution. <https://shop.bsigroup.com/ProductDetail?pid=000000000030281435>
- Chapin III, F. S., Torn, M. S., & Tateno, M. (1996). Principles of ecosystem sustainability. *American Naturalist*, 148(6), 1016–1037.
- Chen, D., & Chen, H. W. (2013). Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901–2010. *Environmental Development*, 6, 69–79.
- Ciravoğlu, A. (2006). *Sürdürülebilirlik düşüncesi – mimarlık etkileşimine alternatif bir bakış: ‘yer’in çevre bilincine etkisi* (Doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi). Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. (Tez No: 180548).
- Czmoch, I., & Pekala, A. (2014). Traditional design versus BIM based design. In *Book title* (pp. 210–215). Elsevier.
- Dallasega, P., Marengo, E., Nutt, W., Rescic, L., Matt, D., & Rauch, E. (2015). Design of a framework for supporting the execution-management of small and medium sized projects in the AEC-industry. In *Proceedings of the 4th International Workshop on Design in Civil and Environmental Engineering*. Taipei, Taiwan.
- Değirmenci, N. E. (2021). *Çevresel sürdürülebilirlik bağlamında mevcut konut tasarımlarının incelenmesi ve bir model önerisi; Malatya ili örneği* (Doktora tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi). Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. (Tez No: 677170).
- Diri, F. (2010). *Construction techniques of traditional Birgi houses* (Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi). Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. (Tez No: 269389).
- Dixon, W. (2010). *The impacts of construction and the built environment*. Wilmott-Dixon Group. <http://dspace.ucas.edu.ps:80/handle/123456789/423>
- Dörter, C. H. (1994). *Konutlarda ısıtma enerjisi korunumu amaçlı mimari tasarıma yön verici ilkelerin ve çözümlerin belirlenmesinde bir yaklaşım araştırması* (Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi). Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/TezSorguSonuc.aspx?TezNo=39467>
- Eastman, C. (1976). General purpose building description systems. *Computer Aided Design*, 8(1), 17–26.
- Eastman, C. (1989). Why we are here and where we are going: The evolution of CAD (Graduate School of Architecture and Urban Planning Design and Computation Series, Report No. 1).
- Eastman, C. (1999). *Building product models: Computer environments supporting design and construction*. CRC Press.
- Eastman, C. M. (1975). The use of computers instead of drawings in building design. *AIA Journal*, 63.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. Wiley.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc.

- Edwards, B. (2001). Global perspectives: Learning from the other side: Green architecture. *Architectural Design*, 40(3–4), 3–4.
- EeBGuideProject. (2012). *Operational guidance for life cycle assessment studies of the Energy Efficient Buildings Initiative*. <https://www.eebguide.eu/>
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı [ETKB]. (2017). Denge çizelgeleri. <http://www.eigm.gov.tr>
- Engelbart, D. C. (1962). *Augmenting human intellect: A conceptual framework*. Stanford Research Institute.
- Erdemir, İ. (2014). *Sıcak-kuru iklim bölgelerinde enerji korunumu-yerleşme dokusu-form etkileşimi: Geleneksel Diyarbakır evleri örneği* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi). Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/TezSorguSonuc.aspx?TezNo=356003>
- Ertürk, H. (1996). Sürdürülebilir kentler. *Yeni Türkiye Habitat II Özel Sayısı*, 2(8), 174–178. Ankara: Yeni Türkiye Medya Hizmetleri.
- Evans, M. (1980). *Housing, climate and comfort* (1st ed.). The Architectural Press Limited.London.
- Farr, D. (2008). *Sustainable urbanism: Urban design with nature*. John Wiley & Sons.
- Foster, P. (2001). The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Reviews*, 55(1–2), 73–106. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(01\)00056-3](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(01)00056-3)
- Fu, C., Aouad, G., Lee, A., Mashall-Ponting, A., & Wu, S. (2006). IFC model viewer to support nD model application. *Automation in Construction*, 15(2), 178–185.
- Garbie, İ. (2016). *Sustainability in manufacturing enterprises: Concepts, analysis and assessments for Endüstri 4.0*. Springer International Publishing.
- Gigante, M. (2019). Building energy modeling: The future of sustainability. G2. <https://www.g2.com/articles/building-energy-modeling-bem-sustainability>
- Givoni, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design*. John Wiley & Sons.
- Goulding, J. R., Lewis, O. J., & Steemers, T. C. (1992). *Energy conscious design: A primer for architects*. London: Batsford.
- Grabowski, H., & Eigner, M. (1979). Semantic data-model requirements and realization with a relational data-structure. *Computer-Aided Design*, 11(3), 158–168.
- Gülhan, D. (2016). *Sürdürülebilir kent ve kentsel kimlik örnekler: Birgi ve Bergama* (Doktora tezi, Ankara Üniversitesi). Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/TezSorguSonuc.aspx?TezNo=430431>
- Günel, Ö. (2004). *Sürdürülebilir bina tasarımında iklim verilerinin değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi). Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/TezSorguSonuc.aspx?TezNo=152231>
- Gürsel, I., Sarıyıldız, S., Akın, Ö., & Stouffs, R. (2009). Modeling and visualization of lifecycle building performance assessment. *Advanced Engineering Informatics*, 23(4), 396–417. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2009.06.010>
- Haagenrud, S., Björkhaug, L., Wix, J., Trinius, W., & Huovila, P. (2008). EU project STAND-INN integration of standards for sustainable construction into business processes using BIM/IFC. *ECPPM 2008 eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction* (pp. 487–495).

- Hams, T. (1994). Local environmental policies and strategies after Rio. In J. Agyeman & B. Evans (Eds.), *Local environmental policies and strategies* (pp. 23–46). Longman. (Local Economic and Social Strategy Series).
- HKU Architecture. (2002). Sustainable architecture and building design. <http://www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain.htm>
- Hoşkara, E. (2007). *Ülkesel koşullara uygun sürdürülebilir yapım için stratejik yönetim modeli* (Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi). Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/TezSorguSonuc.aspx?TezNo=222018>
- ISO. (2006). *ISO 14040: Environmental management—Life cycle assessment—Principles and framework* (2016 update). ISO. <https://doi.org/jtr>
- IUCN, UNEP, & WWF. (1991). *Caring for the earth: A strategy for sustainable living* [Report]. The World Conservation Union (IUCN), United Nations Environment Programme (UNEP), & World Wide Fund for Nature (WWF).
- İnce, H., & Erdem, N. (2020). Bir imar adasındaki binaların oluşturduğu gölgelerin konum bakımından incelenmesi: Trakya Bölgesi örneği. *Geomatik Dergisi*, 5(1), 58–71.
- Karaca, M., & Varol, Ç. (2012). Konut alanlarında enerji etkinliği: Toplu Konut İdaresi Başkanlığı (TOKİ) Toplu Konut Projeleri üzerine eleştirel bir değerlendirme. *METU Journal of Faculty of Architecture*, 29(2), 127–141.
- Karaoğlu, G. (2020). *Mimari tasarımda BIM* (Yüksek lisans tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi). Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/TezSorguSonuc.aspx?TezNo=633007>
- Karataş, İ. (2018). *Danışmanlık hizmetlerinde yapı bilgi modelleme (Building Information System-BIM) sisteminin uygulanabilirliğinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi). Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/TezSorguSonuc.aspx?TezNo=507904>
- Kayıhan, K. S. (2006). *Sürdürülebilir mimarlığın yarı nemli Marmara ikliminde tasarlanacak temel eğitim binalarında irdelenmesi ve bir yöntem önerisi* (Doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi). Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/TezSorguSonuc.aspx?TezNo=182762>
- Keleş, R. (1998). *Kentbilim terimleri sözlüğü* (2. baskı). İmge Kitabevi.
- Keskin, B. (2024). Arşivi. [Kişisel iletişim].
- Keskin, B. (2024). Fotoğraf arşivi. [Kişisel iletişim].
- Khosrowshahi, F., & Arayıcı, Y. (2012). Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19(6), 610–635. <https://doi.org/10.1108/09699981211277531>
- Kılıç, S. (2012). Sürdürülebilir kalkınma anlayışının ekonomik boyutuna ekolojik bir yaklaşım. *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 47(0), 201–226.
- Koca, Ö. (2006). *Sıcak kuru ve sıcak nemli iklim bölgelerinde enerji etkin yerleşme ve bina tasarım ilkelerinin belirlenmesine yönelik yaklaşım* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi). Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/TezSorguSonuc.aspx?TezNo=172102>
- Kocabaş, A. (2011). *Düşük karbonlu kentleşme: Türkiye'nin gündemi ve yerel ölçekteki adımlar*. KBAM, Kentsel Bölgesel Araştırmalar Ağı.
- Koçlar Oral, G. (1998). *Enerji korunumunu hedefleyen bina tasarımında gazbeton uygulamaları* (Proje No. 793 Sonuç Raporu). İstanbul Teknik Üniversitesi.

- Koçlar Oral, G. (2003). *Environmental control studio* [Ders notları]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi.
- Koutsogiannis, A. (2019). Building information modeling: The future of construction. <https://www.letsbuild.com/blog/bim-maturity-levels>
- Krygiel, E., Nies, B., & McDowell, S. (2008). Green BIM-successful sustainable design with building information modeling. In *Green BIM* (pp. 178–195, 215–218). Indiana: Wiley Publishing, Inc.
- Kun, F. (2005). *Turizm amaçlı yapıların iklimle dengeli tasarımı kapsamında soğutma yükü açısından değerlendirilmesi (Kuşadası örneği)* (Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi). Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/TezSorguSonuc.aspx?TezNo=168496>
- Küçük, M., & Güneş, G. (2013). Sivil toplum kuruluşları ve çevresel sürdürülebilirlik. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 5(2), 298-311.
- Kymmell, W. (2008). *Building information modelling: Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulation*. McGraw-Hill.
- Lamarca, C., Qüense, J., & Henriquez, C. (2018). Thermal comfort and urban canyons morphology in coastal temperate climate, Concepción, Chile. *Urban Climate*, 23, 159–172.
- Latiffi, A. A., Brahim, J., Mohd, S., & Fathi, M. S. (2015). Building information modeling (BIM): Exploring level of development (LOD) in construction projects. *Applied Mechanics and Materials*, 773–774, 933–937. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.773-774.933>
- İçinkaya, A. (1995). *Yapı malzemesi ve çevre etkileşimi* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=46332>
- Lechner, N. (2015). *Heating, cooling, lighting: Sustainable design methods for architects* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Lee, A., Wu, S., Aouad, G., Cooper, R., & Tah, J. (2005). *nD modelling roadmap: A vision for nD-enabled construction* (Rapor). University of Salford. <http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/35972/>
- Leite, F., Akcamete, A., Akinci, B., Atasoy, G., & Kiziltas, S. (2011). Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models. *Automation in Construction*, 20(5), 601–609. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.11.027>
- Liu, S., Xie, B., Tivendal, L., & Liu, C. (2015). Critical barriers to BIM implementation in the AEC industry. *International Journal of Marketing Studies*, 7(5), 123–132.
- Maile, T., Fischer, M., & Bazjanac, V. (2007). *Building energy performance simulation tools - A life-cycle and interoperable perspective*. Stanford University.
- McGraw-Hill Construction. (2008). *SmartMarket report on building information modelling: Transforming design and construction to achieve greater industry productivity*.
- Meex, E., Hollberg, A., Knapen, E., Hildebrand, L., & Verbeeck, G. (2018). Requirements for applying LCA-based environmental impact assessment tools in the early stages of building design. *Building and Environment*, 133, 228–236. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.016>
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü [MGM]. (2023). *Meteoroloji Genel Müdürlüğü resmi sitesi*. <https://www.mgm.gov.tr>

- Meteoroloji Genel Müdürlüğü [MGM]. (2024). *Meteoroloji Genel Müdürlüğü resmi sitesi*. <https://www.mgm.gov.tr>
- Miettinen, R., & Paavola, S. (2014). Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. *Automation in Construction*, 43, 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009>
- Mitchell, D. (2012). 5D: Creating cost certainty and better buildings. In *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction - Proceedings of the European Conference on Product and Process Modelling 2012* (pp. 253–258). CRC Press.
- Nijkamp, P., & Pepping, G. (1998). A meta-analytical evaluation of sustainable city initiatives. *Urban Studies*, 35(8), 1481–1500. <https://doi.org/10.1080/0042098984240>
- Oktay, B. (2005). *A model for measuring the sustainability of historic urban quarters: Comparative case studies of Kyrenia and Famagusta in North Cyprus* (Doktora tezi, Eastern Mediterranean University, Famagusta, North Cyprus).
- Oral, G. K. (2006). Ekolojik yaklaşımda iklimle dengeli yapı tasarımı. *21 Dergisi*, 47, 100–114.
- Oral, G. K. (2010). Güneş enerjisi ve yapı. *Diyarbakır Bülteni*, (1), 8–20.
- Orhon, İ., Küçükdoğan, M. Ş., Ok, V., vd. (1985). *Toplu konut işletmesi I: Proje planlama - tasarım el kitabı* (CI/SfB 81; UDC: 69.00:728.1).
- Orhon, İ., vd. (1988). *Toplu konut işletmesi proje planlama tasarım el kitabı*. Ankara: TÜBİTAK YAE.
- Osello, A. (2012). *The future of drawing with BIM for engineers and architects*. Computer Science. <https://www.semanticscholar.org/paper/Ilfuturo-del-disegno-con-il-BIM-per-Ingegneri-e-%2FOsello/d2fdf357ed7c0cac0eb09c1070d48b9e4865cf5a>
- Ovalı, P. K. (2009). *Türkiye iklim bölgeleri bağlamında ekolojik tasarım parametreleri sistematığının oluşturulması* (Doktora tezi, Trakya Üniversitesi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=244933>
- Özçuhadar, T. (2007). *Sürdürülebilir çevre için enerji etkin tasarımın yaşam döngüsü sürecinde incelenmesi* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=222135>
- Özdemir, B. B. (2005). *Sürdürülebilir çevre için binaların enerji etkin pasif sistemler olarak tasarlanması* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=185943>
- Özler, M. E. (2003). *Akıllı binalarda enerji etkin tasarım parametreleri* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=142887>
- Özmehmet, E. (2005). *Sürdürülebilir mimarlık bağlamında Akdeniz iklim tipi için bir bina modeli önerisi* (Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=202717>
- Özorhon, B. (2018). *BIM (Yapı Bilgi Modellemesi)*. Abaküs Kitap.
- Pierce, J. T. (1992). Progress and the biosphere: The dialectics of sustainable development. *The Canadian Geographer*, 36(4), 306–320.
- Pittel, K. (2002). *Sustainability and endogenous growth*. Edward Elgar.
- Portal on Sustainability. (2002). Retrieved from <http://www.aventis-forum.uni-muenchen.de/links/index.html>
- Pro-Agenda 21 Commission. (1997, March 5). *Agenda 21 Rio: Special edition Rio + 5*.

- Reddy, K. P. (2011). *BIM for building owners and developers: Making a business case for using BIM on projects*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. https://uacg.bg/filebank/att_10831.pdf
- Renda, Y. (1995). Sürdürülebilir turizm. *Bilim ve Teknik Dergisi*, (332), 48–51.
- Richards, M. (2010). *Building information management: A standard framework and guide to BS 1192*. BSI Standards.
- Rosenlund, H. (2000). Climatic design of buildings using passive techniques. *Building Issues*, 10(1). Lund University, Switzerland.
- Schlueter, A., & Thesseling, F. (2009). Building information model based energy/exergy performance assessment in early design. *Automation in Construction*, 18(2), 153–163. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.07.003>
- Seo, S., Tucker, S., & Newton, P. (2007). Automated material selection and environmental assessment in the context of 3D building modelling. *Journal of Green Building*, 2(2), 51–61. <https://doi.org/10.3992/jgb.2.2.51>
- Sinclair, D. (2012). *BIM overlay to the RIBA outline plan of work*. London, UK: RIBA.
- Smith, P. (2014). BIM & the 5D project cost manager. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 475–484.
- Soust-Verdaguer, B., Llatas, C., & García-Martínez, A. (2017). Critical review of BIM-based LCA method to buildings. *Energy and Buildings*, 136, 110–120. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.009>
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- Succar, B. (2010). Building information modelling maturity matrix. In *Handbook of research on building information modeling and construction informatics: Concepts and technologies* (p. 50). ChangeAgents AEC.
- Succar, B., Sher, W., & Williams, A. (2012). Measuring BIM performance: Five metrics. *Architectural Engineering and Design Management*, 8(2), 120–142. <https://doi.org/10.1080/17452007.2012.659506>
- Sunikka, M. (2003). Sustainable housing policies for the existing housing stock in Europe. *Open House International*, 28(1), 4–11.
- Sürdürülebilir bir gelecek için bağımlılık bildirisi. (1993). *Mimarlık Dergisi*, 253, 17.
- T.C. Resmi Gazete. (2010). *Binalarda enerji performansını ulusal hesaplama yöntemine dair tebliğ* (No. YİG/2010-02), 27778. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/12/20101207M1-1.htm>
- Talu, E. G. (2020). *Sürdürülebilirlik kapsamında yapı enformasyon modelleme: “A” konutu örneği üzerinden çözümleme ve çıkarımlar* (Yüksek lisans tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=619075>
- Talu, E. G. (2024). *Fotoğraf arşivi*.
- Talu, E. G., & Altınoluk, Ü. (2023). Sürdürülebilirlik kapsamında yapı enformasyon modelleme (BIM) ile güneş ve gölge analizleri: ‘A’ konutu örneği. *Modular Journal*, 6(1), 1–17. <https://doi.org/10.59389/modular.1194823>

- Tan, S. (2021). *Türk inşaat sektöründe BIM uygulamalarının yaygın kullanılmamasına neden olan faktörlerin belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=647457>
- The American Institute of Architects. (2007). *Integrated project delivery: A guide*. AIA California Council.
- The American Institute of Architects. (2013). *Level of development specification for building information model*. <https://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/08/2013-LOD-Specification.pdf>
- Tıkansak, T. E. (2013). Konutlarda enerji etkinliği. *Iconarp*, 190–200.
- Tıkansak, T. E., ve diğerleri. (2017). Geri kazanılmış malzeme kullanımının sürdürülebilirlik açısından önemi. *Türk Bilim Araştırma Vakfı*, 43–50.
- Tokuç, A. (2005). *İzmir'de enerji etkin konut yapıları için tasarım kriterleri* (Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=169129>
- Tönük, S. (2001). *Bina tasarımında ekoloji*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi.
- TS 825. (2013). *Binalarda ısı yalıtım kuralları standardı*. Türk Standartları Enstitüsü.
- Tuğcu, C. T. (2006). Çevre ekonomisine teorik bir yaklaşım: Sürdürülebilirlik kavramının üretim fonksiyonuna dahil edilebilirliği. Erişim adresi: <http://www.geocities.com/ceteristr/ttugcu3.doc>
- Tunalı, S. (2012). *Enerji simülasyon metodlarının bina tasarım sürecinde destek sistemi olarak kullanılması* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=323843>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2024). *Nüfus ve konut araştırması 2024*. <https://www.tuik.gov.tr/#izmir-35> (Erişim tarihi: 23 Temmuz 2024)
- Tüzin, B. L. (1999). *Sürdürülebilir bölgesel kalkınma: Marmara havzası için bir yöntem denemesi* (Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=100713>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2006). *Life cycle assessment: Principles and practice* (EPA/600/R-06/060). National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development. Cincinnati, Ohio, USA.
- U.S. General Services Administration (GSA). (2007). *The national 3D-4D-BIM program: GSA BIM guide overview*. Office of the Chief Architect, Public Buildings Service. <https://www.gsa.gov>
- UIA International Union of Architecture. (2008). *UIA Turin 2008 manifesto from the megacity and ecosystem crisis toward the eco-metropolis and the post-consumer age*. Turin, Italy.
- UIA International Union of Architecture. (2010). *UIA Cancun bildirgesi*. UIA, Cancun, Meksika.
- Ulubaş, A. (2015). *Haliç ve çevresi bağlamında Eyüp tarihi dokusunun irdelenmesi* (Yüksek lisans tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=406061>
- Umaroğulları, F., & Cihangir, C. (2019). Toplu konutların iklimsel konfor tasarım parametrelerine göre değerlendirilmesi: “Ilıman nemli iklim bölgesi: Edirne Binevler (1. kısım) konut yapı kooperatifi örneği”. *Mimarlık ve Yaşam Dergisi*, 4(1), 105–122. <https://doi.org/10.26835/my.661363>

- UNEP. (1972). *Declaration on the United Nations Conference on the Human Environment*, 5-16 June, 1972, Stockholm. <http://www.unep.org/>
- UNFCCC. (1997). *The Kyoto Protocol*. Kyoto, Japan, December.
- UN-Habitat. (1996). *Executive summary of the global report on human settlements 1996: An urbanizing world*. United Nations Human Settlements Publications. Nairobi, Kenya.
- UN-Habitat. (2020). *World cities report 2020: The value of sustainable urbanization*. https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/10/wcr_2020_report.pdf
- United Nations. (1972). *Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment*. <http://www.un-documents.net/unchedec.htm> (Erişim tarihi: 22 Mart 2023)
- United Nations. (1982). *World Charter for Nature*. The General Assembly.
- United Nations. (1996). *United Nations Second Conference on Human Settlement (Habitat II)*. İstanbul: UN.
- URL-1. International Energy Agency. (n.d.). <https://www.iea.org> (Erişim tarihi: 08 Ekim 2023).
- URL-10. Energy Design Resources. (n.d.). DB-02 Design Climate [PDF]. www.energydesignresources.com/docs/db-02-designclimate.pdf (Erişim tarihi: 18 Ocak 2024).
- URL-11. Wikipedia contributors. (n.d.). Aydınogulları Beyliği. *Wikipedia*. https://tr.wikipedia.org/wiki/Aydinoğulları_Beyliği (Erişim tarihi: 09 Temmuz 2024).
- URL-12. NTV. (n.d.). Dünyanın en iyi 32 köyü listesine Türkiye’den Birgi de girdi. <https://www.ntv.com.tr/galeri/seyahat/dunyanin-en-iyi-32-koyu-listesine-turkiyeden-birgi-de-girdi-birgi-koyu-mahallenerede> (Erişim tarihi: 09 Temmuz 2024).
- URL-13. Weatherspark. (n.d.). <https://tr.weatherspark.com> (Erişim tarihi: 28 Ağustos 2024).
- URL-14. Google Earth. (n.d.). Birgi. <https://earth.google.com/web/search/birgi> (Erişim tarihi: 10 Aralık 2025).
- URL-2. BIM Plus. (n.d.). <http://www.bimplus.co.uk> (Erişim tarihi: 15 Ekim 2023).
- URL-3. Specter Automation Insights. (n.d.). Level of development (LOD): Looking at BIM data across the building lifecycle. <https://medium.com/specter-automation-insights/level-of-development-lod-looking-at-bim-data-across-the-building-lifecycle-7477fee5cc83> (Erişim tarihi: 20 Ekim 2023).
- URL-4. Google Search. (n.d.). LOD detay seviyeleri. <https://www.google.com.tr/search?q=lod+detay+seviyeleri> (Erişim tarihi: 21 Ekim 2023).
- URL-5. Yapı Magazin. (n.d.). BIM’in sekizinci boyutu. <https://www.yapimagazin.com/bim-in-sekizinci-boyutu> (Erişim tarihi: 27 Ekim 2023).
- URL-6. Inside The Factory. (n.d.). <https://insidethefactory.typepad.com> (Erişim tarihi: 30 Ekim 2023).
- URL-7. U.S. Department of Energy. (n.d.). <https://www.energy.gov> (Erişim tarihi: 4 Ocak 2023).
- URL-8. Alkazar. (n.d.). İç ortam termal konfor. <https://alkazar.com.tr/ic-ortam-termal-konfor/> (Erişim tarihi: 15 Aralık 2023).
- URL-9. Google Search. (n.d.). Bina rüzgar ilişkisi. <https://www.google.com/bina+rüzgar+ilişkisi/> (Erişim tarihi: 21 Aralık 2023).
- VA BIM. (2019). *BIM manual*. National Institute of Building Sciences. http://www.wbdg.org/FFC/VA/VABIM/bim_manual.pdf (Erişim tarihi: 27 Mart 2019)

- W Wheeler, S. M. (2013). *Planning sustainable and livable cities, equitable and ecological communities*. London: Routledge.
- Walsh, C. J. (2002). *Construction related sustainability performance indicators: Theory, methodology & initial application*. Sustainable Design International Ltd.
- Weygant, R. S. (2011). *BIM content development: Standards, strategies, and best practices*. John Wiley & Sons.
- Wheeler, S. (2004). *Planning for sustainability: Toward livable, equitable and ecological communities*. London–New York: Routledge Publishing.
- Whitelegg, J. (1993). *Transport for a sustainable future: The case for Europe*. London: Belhaven.
- Wong, J., & Yang, J. (2010). Research and application of Building Information Modelling (BIM) in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry: A review and direction for future research. In *6th International Conference on Innovation in Architecture, Engineering & Construction (AEC)* (pp. 356–365). Loughborough University, Loughborough.
- Yanar, N. (2017). *Mimari tasarımda sürdürülebilirlik ve ekoloji anlayışının Konya bağlamında incelenmesi* (Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=468288>
- Yılmaz, M., & Keleş, R. (2004). *Sürdürülebilir konut tasarımı ve doğal çevre. Yerel Kimlik*, (13), 48–51.
- Yılmaz, Z., Lewis, O., Ok, V., & Oral, G. K. (2006). *Türkiye ve İrlanda'daki binaların enerji etkin tasarım ve yapımı için sürdürülebilirlik stratejileri* (Proje No. 30657). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Yüceer, N. S. (2015). *Yapıda çevre ve enerji* (1. baskı). Nobel Yayıncılık.
- Zeren, L., Berköz, E., & Küçükdoğu, M. (1987). *Türkiye'de yeni yerleşmeler ve binalarda enerji tasarrufu amacıyla bir mevzuat modeline ilişkin çalışma*. Çevre ve Şehircilik Uygulama-Araştırma Merkezi (UYGAR), İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Ziel, R., Haus, A., & Tulke, A. (2008). Quantification of the pore size distribution (porosity profiles) in microfiltration membranes by SEM, TEM and computer image analysis. *Journal of Membrane Science*, 323(2), 241–246.

EKLER

EK-A. Birgi Mevcut Referans Binalara İlişkin Isıtma ve Soğutma Yükleri Analiz Raporu

Proje Özeti

Konum ve Hava Durumu	
Proje	Project Name
Adres	
Hesaplama Zamanı	14 Şubat 2025 Cuma 11:07
Rapor Tipi	Detaylı
Enlem	38.25°
Boylam	28.06°
Yaz Kuru Sıcaklık	32 °C
Yaz Islak Sıcaklık	22 °C
Kış Kuru Sıcaklık	-4 °C
Ortalama Günlük Değer	16 °C

Bina Özeti

Girdiler	
Bina Tipi	Birgi
Alan (m ²)	241
Hacim (m ³)	436.42
Hesaplanan Sonuçlar	
Tepe Soğutma Toplam Yükü (W)	1,081,016
Tepe Soğutma Ayı ve Saati	Haziran 05:00
Tepe Soğutma Hassas Yükü (W)	688,400
Tepe Soğutma Gizli Yükü (W)	392,616
Maksimum Soğutma Kapasitesi (W)	908,655
Tepe Soğutma Hava Akımı (L / s)	60,209.2
Tepe Isıtma Yükü (W)	1,812,844
Tepe Isıtma Hava Akışı (L / s)	60,209.2
Sağlamaları	
Soğutma Yükü Yoğunluğu (W / m ²)	4,494.05
Soğutma Akış Yoğunluğu (L / (s · m ²))	250.30
Soğutma Akışı / Yükü (L / (s · kW))	55.70
Soğutma Alanı / Yükü (m ² / kW)	0.22
Isıtma Yükü Yoğunluğu (W / m ²)	7,536.45
Isıtma Akış Yoğunluğu (L / (s · m ²))	250.30

Kat Özeti - Bodrum Kat Planı (-1.78 ve -2.50 kotu)

Girdiler	
Bina Tipi	41
Alan (m ²)	101.35
Hacim (m ³)	
Hesaplanan Sonuçlar	
Tepe Soğutma Toplam Yükü (W)	Ağustos 05:00
Tepe Soğutma Ayı ve Saati	63,497
Tepe Soğutma Hassas Yükü (W)	54,000
Tepe Soğutma Gizli Yükü (W)	10,351.8
Maksimum Soğutma Kapasitesi (W)	7,232
Tepe Soğutma Hava Akımı (L / s)	10,386.8
Tepe Isıtma Yükü (W)	
Tepe Isıtma Hava Akışı (L / s)	2,831.48
Sağlamaları	
Soğutma Yükü Yoğunluğu (W / m ²)	249.46
Soğutma Akış Yoğunluğu (L / (s · m ²))	88.10
Soğutma Akışı / Yükü (L / (s · kW))	0.35
Soğutma Alanı / Yükü (m ² / kW)	174.28
Isıtma Yükü Yoğunluğu (W / m ²)	250.30
Isıtma Akış Yoğunluğu (L / (s · m ²))	

Kat Özeti - Zemin Kat Planı (0.00 kotu)

Girdiler	
Alan (m ²)	43
Hacim (m ³)	78.97
Hesaplanan Sonuçlar	
Tepe Soğutma Toplam Yüğü (W)	121,830
Tepe Soğutma Ayı ve Saati	Ağustos 05:00
Tepe Soğutma Hassas Yüğü (W)	65,803
Tepe Soğutma Gizli Yüğü (W)	56,026
Tepe Soğutma Hava Akımı (L / s)	10,733.6
Tepe Isıtma Yüğü (W)	288
Tepe Isıtma Hava Akışı (L / s)	10,747.3
Sağlamaları	
Soğutma Yüğü Yoğunluğu (W / m ²)	2,837.43
Soğutma Akış Yoğunluğu (L / (s · m ²))	249.99
Soğutma Akışı / Yüğü (L / (s · kW))	88.10
Soğutma Alanı / Yüğü (m ² / kW)	0.35
Isıtma Yüğü Yoğunluğu (W / m ²)	6.70
Isıtma Akış Yoğunluğu (L / (s · m ²))	250.30

Kat Özeti - 1. Kat Planı (+2.30 kotu)

Girdiler	
Alan (m ²)	96
Hacim (m ³)	132.14
Hesaplanan Sonuçlar	
Tepe Soğutma Toplam Yüğü (W)	272,076
Tepe Soğutma Ayı ve Saati	Ağustos 05:00
Tepe Soğutma Hassas Yüğü (W)	147,148
Tepe Soğutma Gizli Yüğü (W)	124,928
Tepe Soğutma Hava Akımı (L / s)	23,970.7
Tepe Isıtma Yüğü (W)	5,397
Tepe Isıtma Hava Akışı (L / s)	23,984.2
Sağlamaları	
Soğutma Yüğü Yoğunluğu (W / m ²)	2,839.46
Soğutma Akış Yoğunluğu (L / (s · m ²))	250.16
Soğutma Akışı / Yüğü (L / (s · kW))	88.10
Soğutma Alanı / Yüğü (m ² / kW)	0.35
Isıtma Yüğü Yoğunluğu (W / m ²)	56.32
Isıtma Akış Yoğunluğu (L / (s · m ²))	250.30

Kat Özeti - +0.20 kotu

Girdiler	
Alan (m ²)	60
Hacim (m ³)	123.96
Hesaplanan Sonuçlar	
Tepe Soğutma Toplam Yüğü (W)	171,993
Tepe Soğutma Ayı ve Saati	Ağustos 05:00
Tepe Soğutma Hassas Yüğü (W)	93,385
Tepe Soğutma Gizli Yüğü (W)	78,608
Tepe Soğutma Hava Akımı (L / s)	15,153.1
Tepe Isıtma Yüğü (W)	3,319
Tepe Isıtma Hava Akışı (L / s)	15,090.9
Sağlamaları	
Soğutma Yüğü Yoğunluğu (W / m ²)	2,852.75
Soğutma Akış Yoğunluğu (L / (s · m ²))	251.34
Soğutma Akışı / Yüğü (L / (s · kW))	88.10
Soğutma Alanı / Yüğü (m ² / kW)	0.35
Isıtma Yüğü Yoğunluğu (W / m ²)	55.06
Isıtma Akış Yoğunluğu (L / (s · m ²))	250.30

Bölge Özeti

Girdiler	
Alan (m ²)	241
Hacim (m ³)	436.42
Soğutma ayar noktası	23 °C
Isıtma ayar noktası	21 °C
Hava Sıcaklığı Kaynağı	12 °C
İnsanların sayısı	6014
Sızma (L / s)	44.9
Hava Hacmi Hesaplama Tipi	VAV – Tek Kanal
Bağıl nem	46.00% (Hesaplanmış)
Psikrometri	
Psikrometrik Mesaj	Yok
Kuru-Soğutucu Sıcaklığına Giren Soğutma Bobini	36 °C
Islak-Ampul Sıcaklığına Giren Soğutma Bobini	20 °C
Kuru-Soğutucu Sıcaklığı Bırakan Soğutma Bobini	11 °C
Islak-Soğutucu Sıcaklığına Bırakan Soğutma Bobini	12 °C
Karışık Hava Kuru Ampul Sıcaklığı	36 °C
Hesaplanan Sonuçlar	
Tepe Soğutma Toplam Yüğü (W)	908,655
Tepe Soğutma Ayı ve Saati	Ağustos 05:00
Tepe Soğutma Hassas Yüğü (W)	945,212
Tepe Soğutma Gizli Yüğü (W)	-36,557
Tepe Soğutma Hava Akımı (L / s)	60,209.2
Tepe Isıtma Yüğü (W)	1,812,844
Tepe Isıtma Hava Akışı (L / s)	60,209.2
Tepe Havalandırma Hava Akışı (L / s)	60,209.2
Sağlamaları	
Soğutma Yüğü Yoğunluğu (W / m ²)	3,777.51
Soğutma Akış Yoğunluğu (L / (s · m ²))	250.30
Soğutma Akışı / Yüğü (L / (s · kW))	66.26
Soğutma Alanı / Yüğü (m ² / kW)	0.26
Isıtma Yüğü Yoğunluğu (W / m ²)	7,536.45
Isıtma Akış Yoğunluğu (L / (s · m ²))	250.30
Havalandırma Yoğunluğu (L / (s · m ²))	250.30
Havalandırma / Kişi (L / s)	10.0

Soğutma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	-606	-0.07%	-478	-99	-86	57	0	0	0	0
Pencere	47	0.01%	-8	6	26	22	0	0	0	0
Kapı	-20	0.00%	-1	-10	-9	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	76	0.01%	-	-	-	-	-	-	-	-
Havalandırma	217,268	23.91%	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydınlatma	792	0.09%	-	-	-	-	-	-	-	-
Güç	792	0.09%	-	-	-	-	-	-	-	-
İnsanlar	682,316	75.09%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Kurul	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Fan Isısı	7,991	0.88%	-	-	-	-	-	-	-	-
Yeniden Isıtmak	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	908,655	100%	-487	-102	-69	79	0	0	0	0
Isıtma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	13,787	0.76%	4,193	2,674	2,242	4,679	0	0	0	0
Pencere	602	0.03%	89	150	249	114	0	0	0	0
Kapı	509	0.03%	11	274	223	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	1,338	0.07%	-	-	-	-	-	-	-	-
Havalandırma	1,796,608	99.10%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	1,812,844	100%	4,294	3,098	2,713	4,792	0	0	0	0

Mevcut Alanlar

Alan İsmi	Alan (m²)	Hacim (m³)	Tepe Soğutma Yüğü (W)	Soğutma Havaakımı (L/s)	Tepe Isıtma Yüğü (W)	Isıtma Havaakımı (L/s)
ODA	28	70.53	79,914	7,040.6	4,118	7,061.8
MEVCUT KİLER	13	30.82	37,583	3,311.2	3,115	3,325.0
HOL	1	3.31	4,062	357.9	0	349.5
BANYO	4	8.50	9,940	875.7	298	876.3
YATAK ODASI	12	28.64	32,843	2,893.3	1,413	2,903.0
OTURMA ODASI	16	39.93	46,988	4,139.8	2,320	4,130.0
HAYAT	17	41.73	48,982	4,315.4	441	4,319.9
WC-1	2	0.48	6,127	539.8	149	540.7
OTURMA ODASI 2	15	28.27	42,831	3,773.5	0	3,685.5
WC-2	2	4.54	6,118	539.0	784	540.7
MUTEAK	23	47.68	64,377	5,671.8	1,784	5,683.5

Alan Özeti - ODA

Giriş Verileri	
Alan (m²)	28
Hacim (m³)	70.53
Duvar alanı (m²)	59
Çatı Alanı (m²)	0
Kapı Alanı (m²)	2
Bölme Alanı (m²)	0
Pencere Alanı (m²)	1
Skylight Alanı (m²)	0
Aydınlatma Yüğü (W)	304
Güç Yüğü (W)	304
İnsanların sayısı	706
Hissedilebilir Isı Kazancı / Kişi (K)	73
Gizli Isı Kazancı / Kişi (K)	58
Sızma Hava Akışı (L / s)	11.3
Alan Tipi	Birgi (bina tipinden devralınmıştır)
Hesaplanan Sonuçlar	
Tepe Soğutma Toplam Yüğü (W)	79,914
Tepe Soğutma Ayı ve Saati	Ağustos 05:00
Tepe Soğutma Hassas Yüğü (W)	43,184
Tepe Soğutma Gizli Yüğü (W)	36,730
Tepe Soğutma Hava Akımı (L / s)	7,040.6
Tepe Isıtma Yüğü (W)	4,118
Tepe Isıtma Hava Akışı (L / s)	7,061.8

Soğutma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	-167	-0.21%	-126	-26	-27	12	0	0	0	0
Pencere	9	0.01%	0	0	9	0	0	0	0	0
Kapı	-5	-0.01%	0	-5	0	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	19	0.02%	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydınlatma	94	0.12%	-	-	-	-	-	-	-	-
Güç	94	0.12%	-	-	-	-	-	-	-	-
İnsanlar	79,870	99.95%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Kurul	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	79,914	100%	-126	-31	-18	12	0	0	0	0
Isıtma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	3,581	86.96%	1,101	754	836	890	0	0	0	0
Pencere	62	1.51%	0	0	62	0	0	0	0	0
Kapı	137	3.33%	0	137	0	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	338	8.20%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	4,118	100%	1,101	891	898	890	0	0	0	0

Alan Özeti - MEVCUT KİLER

Giriş Verileri	
Alan (m ²)	13
Hacim (m ³)	30.82
Duvar alanı (m ²)	44
Çatı Alanı (m ²)	0
Kapı Alanı (m ²)	2
Bölme Alanı (m ²)	0
Pencere Alanı (m ²)	0
Skylight Alanı (m ²)	0
Aydınlatma Yüğü (W)	143
Güç Yüğü (W)	143
İnsanların sayısı	333
Hissedilebilir Isı Kazancı / Kişi (K)	73
Gizli Isı Kazancı / Kişi (K)	58
Sızma Hava Akışı (L / s)	8.5
Alan Tipi	Birgi (bina tipinden devralınmıştır)
Hesaplanan Sonuçlar	
Tepe Soğutma Toplam Yüğü (W)	37,583
Tepe Soğutma Ayı ve Saati	Ağustos 05:00
Tepe Soğutma Hassas Yüğü (W)	20,314
Tepe Soğutma Gizli Yüğü (W)	17,270
Tepe Soğutma Hava Akımı (L / s)	3,311.2
Tepe Isıtma Yüğü (W)	3,115
Tepe Isıtma Hava Akışı (L / s)	3,325.0

Soğutma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	-124	-0.33%	-86	-24	-24	10	0	0	0	0
Pencere	2	0.00%	0	0	2	0	0	0	0	0
Kapı	-4	-0.01%	0	0	-4	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	14	0.04%	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydınlatma	44	0.12%	-	-	-	-	-	-	-	-
Güç	44	0.12%	-	-	-	-	-	-	-	-
İnsanlar	37,607	100.06%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Kurul	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	37,583	100%	-86	-24	-26	10	0	0	0	0
Isıtma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	2,746	88.17%	750	695	592	709	0	0	0	0
Pencere	15	0.50%	0	0	15	0	0	0	0	0
Kapı	99	3.16%	0	0	99	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	255	8.18%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	3,115	100%	750	695	705	709	0	0	0	0

Alan Özeti - HOL

Giriş Verileri	
Alan (m ²)	1
Hacim (m ³)	3.31
Duvar alanı (m ²)	0
Çatı Alanı (m ²)	0
Kapı Alanı (m ²)	8
Bölme Alanı (m ²)	0
Pencere Alanı (m ²)	0
Skylight Alanı (m ²)	0
Aydınlatma Yüğü (W)	15
Güç Yüğü (W)	15
İnsanların sayısı	35
Hissedilebilir Isı Kazancı / Kişi (K)	73
Gizli Isı Kazancı / Kişi (K)	58
Sızma Hava Akışı (L / s)	0.0
Alan Tipi	Birgi (bina tipinden devralınmıştır)
Hesaplanan Sonuçlar	
Tepe Soğutma Toplam Yüğü (W)	4,062
Tepe Soğutma Ayı ve Saati	Nisan 05:00
Tepe Soğutma Hassas Yüğü (W)	2,240
Tepe Soğutma Gizli Yüğü (W)	1,822
Tepe Soğutma Hava Akımı (L / s)	357.9
Tepe Isıtma Yüğü (W)	0
Tepe Isıtma Hava Akışı (L / s)	349.5

Soğutma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Pencere	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Kapı	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydınlatma	4	0.10%	-	-	-	-	-	-	-	-
Güç	4	0.10%	-	-	-	-	-	-	-	-
İnsanlar	4,054	99.80%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Kurul	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	4,062	100%	0	0	0	0	0	0	0	0
Isıtma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Pencere	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Kapı	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	0	100%	0	0	0	0	0	0	0	0

Alan Özeti-BANYO

Giriş Verileri	
Alan (m ²)	4
Hacim (m ³)	8.50
Duvar alanı (m ²)	4
Çatı Alanı (m ²)	0
Kapı Alanı (m ²)	2
Bölme Alanı (m ²)	0
Pencere Alanı (m ²)	0
Skylight Alanı (m ²)	0
Aydınlatma Yüğü (W)	38
Güç Yüğü (W)	38
İnsanların sayısı	88
Hissedilebilir Isı Kazancı / Kişi (K)	73
Gizli Isı Kazancı / Kişi (K)	58
Sızma Hava Akışı (L / s)	0.8
Alan Tipi	Birgi (bina tipinden devralınmıştır)
Hesaplanan Sonuçlar	
Tepe Soğutma Toplam Yüğü (W)	9,940
Tepe Soğutma Ayı ve Saati	Ağustost 05:00
Tepe Soğutma Hassas Yüğü (W)	5,377
Tepe Soğutma Gizli Yüğü (W)	4,562
Tepe Soğutma Hava Akımı (L / s)	875.7
Tepe Isıtma Yüğü (W)	298
Tepe Isıtma Hava Akışı (L / s)	876.3

Soğutma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	4	0.04%	0	0	0	4	0	0	0	0
Pencere	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Kapı	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	1	0.01%	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydınlatma	12	0.12%	-	-	-	-	-	-	-	-
Güç	12	0.12%	-	-	-	-	-	-	-	-
İnsanlar	9,911	99.71%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Kurul	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	9,940	100%	0	0	0	4	0	0	0	0
Isıtma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	274	91.83%	0	0	0	274	0	0	0	0
Pencere	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Kapı	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	24	8.17%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	298	100%	0	0	0	274	0	0	0	0

Alan Özeti - YATAK ODASI

Giriş Verileri	
Alan (m²)	12
Hacim (m³)	28.64
Duvar alanı (m²)	20
Çatı Alanı (m²)	0
Kapı Alanı (m²)	2
Bölme Alanı (m²)	0
Pencere Alanı (m²)	4
Skylight Alanı (m²)	0
Aydınlatma Yüğü (W)	125
Güç Yüğü (W)	125
İnsanların sayısı	290
Hissedilebilir Isı Kazancı / Kişi (K)	73
Gizli Isı Kazancı / Kişi (K)	58
Sızma Hava Akışı (L / s)	3.9
Alan Tipi	Birgi (bina tipinden devralınmıştır)
Hesaplanan Sonuçlar	
Tepe Soğutma Toplam Yüğü (W)	32,843
Tepe Soğutma Ayı ve Saati	Temmuz 05:00
Tepe Soğutma Hassas Yüğü (W)	17,747
Tepe Soğutma Gizli Yüğü (W)	15,097
Tepe Soğutma Hava Akımı (L / s)	2,893.3
Tepe Isıtma Yüğü (W)	1,413
Tepe Isıtma Hava Akışı (L / s)	2,903.0

Soğutma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	-55	-0.17%	-67	0	0	12	0	0	0	0
Pencere	-2	-0.01%	-2	0	0	0	0	0	0	0
Kapı	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	-10	-0.03%	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydınlatma	39	0.12%	-	-	-	-	-	-	-	-
Güç	39	0.12%	-	-	-	-	-	-	-	-
İnsanlar	32,834	99.97%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Kurul	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	32,843	100%	-69	0	0	12	0	0	0	0
Isıtma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	1,218	86.17%	685	0	0	533	0	0	0	0
Pencere	78	5.54%	78	0	0	0	0	0	0	0
Kapı	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	117	8.28%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	1,413	100%	763	0	0	533	0	0	0	0

Alan Özeti - OTURMA ODASI

Giriş Verileri	
Alan (m²)	16
Hacim (m³)	39.93
Duvar alanı (m²)	34
Çatı Alanı (m²)	0
Kapı Alanı (m²)	2
Bölme Alanı (m²)	0
Pencere Alanı (m²)	7
Skylight Alanı (m²)	0
Aydınlatma Yüğü (W)	178
Güç Yüğü (W)	178
İnsanların sayısı	413
Hissedilebilir Isı Kazancı / Kişi (K)	73
Gizli Isı Kazancı / Kişi (K)	58
Sızma Hava Akışı (L / s)	6.6
Alan Tipi	Birgi (bina tipinden devralınmıştır)
Hesaplanan Sonuçlar	
Tepe Soğutma Toplam Yüğü (W)	46,988
Tepe Soğutma Ayı ve Saati	Ağustos 05:00
Tepe Soğutma Hassas Yüğü (W)	25,507
Tepe Soğutma Gizli Yüğü (W)	21,481
Tepe Soğutma Hava Akımı (L / s)	4,139.8
Tepe Isıtma Yüğü (W)	2,320
Tepe Isıtma Hava Akışı (L / s)	4,130.0

Soğutma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	-48	-0.10%	-1	-26	-22	1	0	0	0	0
Pencere	28	0.06%	-1	5	16	9	0	0	0	0
Kapı	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	11	0.02%	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydınlatma	54	0.12%	-	-	-	-	-	-	-	-
Güç	54	0.12%	-	-	-	-	-	-	-	-
İnsanlar	46,888	99.79%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Kurul	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	46,988	100%	-2	-21	-6	10	0	0	0	0
Isıtma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	1,738	74.92%	8	584	432	714	0	0	0	0
Pencere	384	16.57%	11	135	171	67	0	0	0	0
Kapı	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	198	8.52%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	2,320	100%	19	719	603	782	0	0	0	0

Alan Özeti - HAYAT

Giriş Verileri	
Alan (m ²)	17
Hacim (m ³)	41.73
Duvar alanı (m ²)	6
Çatı Alanı (m ²)	0
Kapı Alanı (m ²)	3
Bölme Alanı (m ²)	0
Pencere Alanı (m ²)	2
Skylight Alanı (m ²)	0
Aydınlatma Yüğü (W)	186
Güç Yüğü (W)	186
İnsanların sayısı	432
Hissedilebilir Isı Kazancı / Kişi (K)	73
Gizli Isı Kazancı / Kişi (K)	58
Sızma Hava Akışı (L / s)	1.2
Alan Tipi	Birgi (bina tipinden devralınmıştır)
Hesaplanan Sonuçlar	
Tepe Soğutma Toplam Yüğü (W)	48,982
Tepe Soğutma Ayı ve Saati	Ağustos 05:00
Tepe Soğutma Hassas Yüğü (W)	26,469
Tepe Soğutma Gizli Yüğü (W)	22,513
Tepe Soğutma Hava Akımı (L / s)	4,315.4
Tepe Isıtma Yüğü (W)	441
Tepe Isıtma Hava Akışı (L / s)	4,319.9

Soğutma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	6	0.01%	0	0	0	6	0	0	0	0
Pencere	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Kapı	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	2	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydınlatma	57	0.12%	-	-	-	-	-	-	-	-
Güç	57	0.12%	-	-	-	-	-	-	-	-
İnsanlar	48,859	99.75%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Kurul	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	48,982	100%	0	0	0	6	0	0	0	0
Isıtma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	405	91.83%	0	0	0	405	0	0	0	0
Pencere	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Kapı	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	36	8.17%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	441	100%	0	0	0	405	0	0	0	0

Alan Özeti - WC-1

Giriş Verileri	
Alan (m²)	2
Hacim (m³)	0.48
Duvar alanı (m²)	2
Çatı Alanı (m²)	0
Kapı Alanı (m²)	0
Bölme Alanı (m²)	0
Pencere Alanı (m²)	0
Skylight Alanı (m²)	0
Aydınlatma Yüğü (W)	23
Güç Yüğü (W)	23
İnsanların sayısı	54
Hissedilebilir Isı Kazancı / Kişi (K)	73
Gizli Isı Kazancı / Kişi (K)	58
Sızma Hava Akışı (L / s)	0.4
Alan Tipi	Birgi (bina tipinden devralınmıştır)
Hesaplanan Sonuçlar	
Tepe Soğutma Toplam Yüğü (W)	6,127
Tepe Soğutma Ayı ve Saati	Ağustos 05:00
Tepe Soğutma Hassas Yüğü (W)	3,312
Tepe Soğutma Gizli Yüğü (W)	2,816
Tepe Soğutma Hava Akımı (L / s)	539.8
Tepe Isıtma Yüğü (W)	149
Tepe Isıtma Hava Akışı (L / s)	540.7

Soğutma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	-3	-0.05%	0	-2	-2	1	0	0	0	0
Pencere	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Kapı	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	1	0.01%	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydınlatma	7	0.12%	-	-	-	-	-	-	-	-
Güç	7	0.12%	-	-	-	-	-	-	-	-
İnsanlar	6,115	99.80%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Kurul	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	6,127	100%	0	-1	-2	1	0	0	0	0
Isıtma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	132	88.92%	0	51	41	41	0	0	0	0
Pencere	4	2.85%	0	4	0	0	0	0	0	0
Kapı	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	12	8.23%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	149	100%	0	55	41	41	0	0	0	0

Alan Özeti - OTURMA ODASI 2

Giriş Verileri	
Alan (m ²)	15
Hacim (m ³)	28.27
Duvar alanı (m ²)	0
Çatı Alanı (m ²)	0
Kapı Alanı (m ²)	2
Bölme Alanı (m ²)	0
Pencere Alanı (m ²)	2
Skylight Alanı (m ²)	0
Aydınlatma Yüğü (W)	158
Güç Yüğü (W)	158
İnsanların sayısı	369
Hissedilebilir Isı Kazancı / Kişi (K)	73
Gizli Isı Kazancı / Kişi (K)	58
Sızma Hava Akışı (L / s)	0.0
Alan Tipi	Birgi (bina tipinden devralınmıştır)
Hesaplanan Sonuçlar	
Tepe Soğutma Toplam Yüğü (W)	42,831
Tepe Soğutma Ayı ve Saati	Nisan 05:00
Tepe Soğutma Hassas Yüğü (W)	23,616
Tepe Soğutma Gizli Yüğü (W)	19,215
Tepe Soğutma Hava Akımı (L / s)	3,773.5
Tepe Isıtma Yüğü (W)	0
Tepe Isıtma Hava Akışı (L / s)	3,685.5

Soğutma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Pencere	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Kapı	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydınlatma	43	0.10%	-	-	-	-	-	-	-	-
Güç	43	0.10%	-	-	-	-	-	-	-	-
İnsanlar	42,744	99.80%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Kurul	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	42,831	100%	0	0	0	0	0	0	0	0
Isıtma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Pencere	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Kapı	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	0	100%	0	0	0	0	0	0	0	0

Alan Özeti - WC-2

Giriş Verileri	
Alan (m²)	2
Hacim (m³)	4.54
Duvar alanı (m²)	11
Çatı Alanı (m²)	0
Kapı Alanı (m²)	2
Bölme Alanı (m²)	0
Pencere Alanı (m²)	0
Skylight Alanı (m²)	0
Aydınlatma Yüğü (W)	23
Güç Yüğü (W)	23
İnsanların sayısı	54
Hissedilebilir Isı Kazancı / Kişi (K)	73
Gizli Isı Kazancı / Kişi (K)	58
Sızma Hava Akışı (L / s)	2.2
Alan Tipi	Birgi (bina tipinden devralınmıştır)
Hesaplanan Sonuçlar	
Tepe Soğutma Toplam Yüğü (W)	6,118
Tepe Soğutma Ayı ve Saati	Ağustos 05:00
Tepe Soğutma Hassas Yüğü (W)	3,316
Tepe Soğutma Gizli Yüğü (W)	2,802
Tepe Soğutma Hava Akımı (L / s)	539.0
Tepe Isıtma Yüğü (W)	784
Tepe Isıtma Hava Akışı (L / s)	540.7

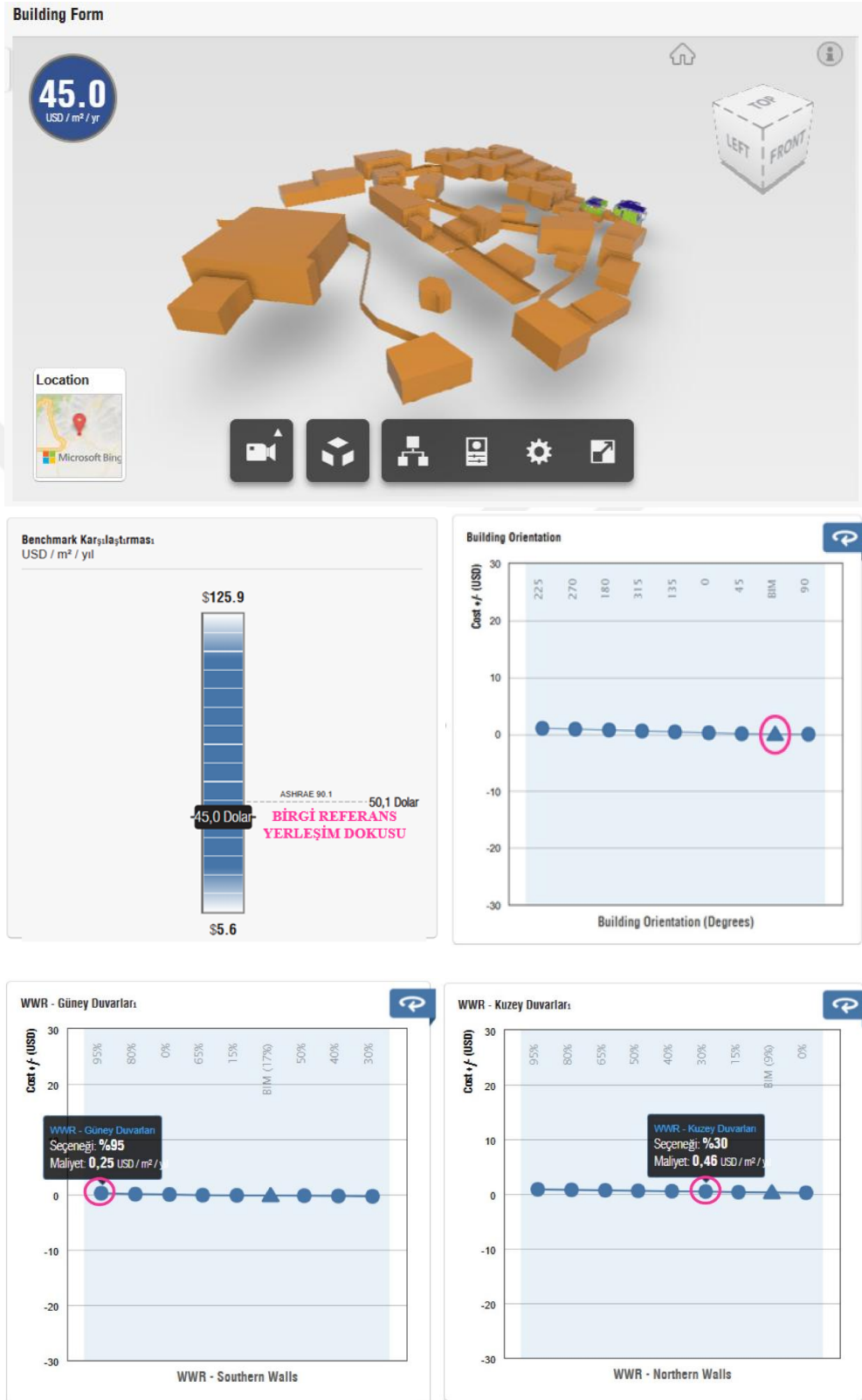
Soğutma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	-10	-0.17%	0	-10	-4	3	0	0	0	0
Pencere	1	0.01%	0	1	0	0	0	0	0	0
Kapı	-5	-0.08%	0	0	-5	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	4	0.06%	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydınlatma	7	0.12%	-	-	-	-	-	-	-	-
Güç	7	0.12%	-	-	-	-	-	-	-	-
İnsanlar	6,115	99.95%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Kurul	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	6,118	100%	0	-9	-9	3	0	0	0	0
Isıtma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	584	74.44%	0	281	89	214	0	0	0	0
Pencere	11	1.44%	0	11	0	0	0	0	0	0
Kapı	125	15.92%	0	0	125	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	64	8.19%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	784	100%	0	292	214	214	0	0	0	0

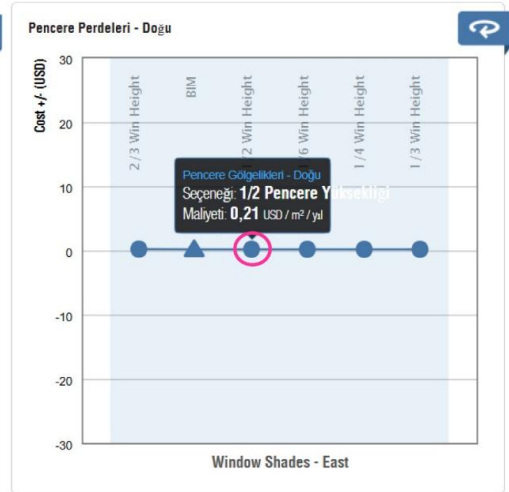
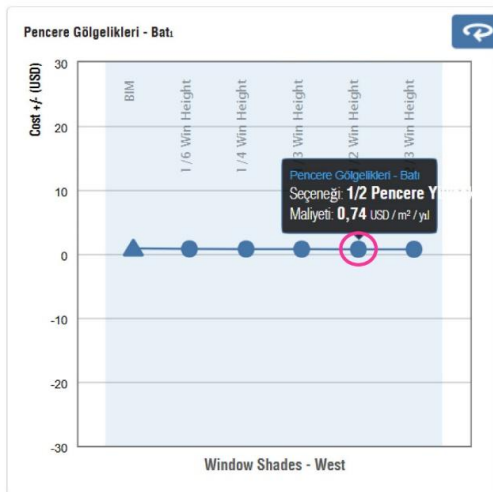
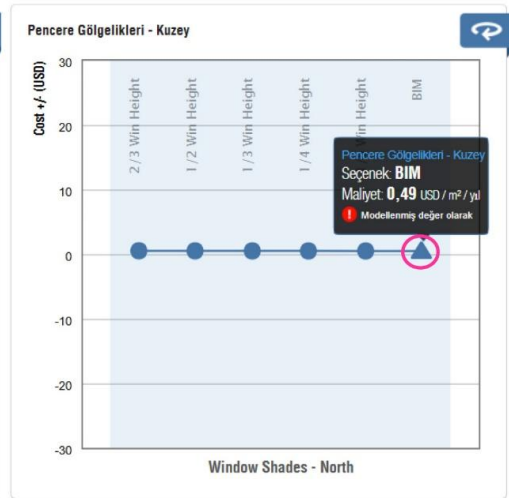
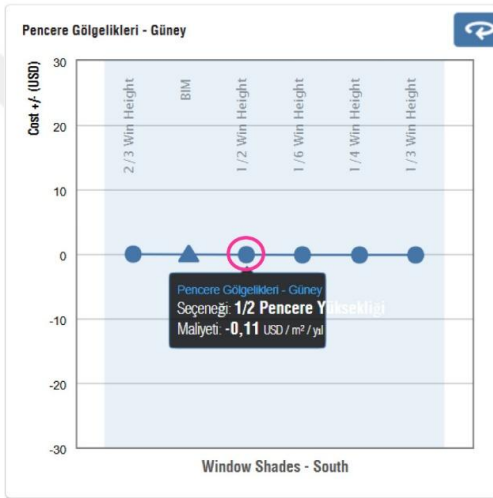
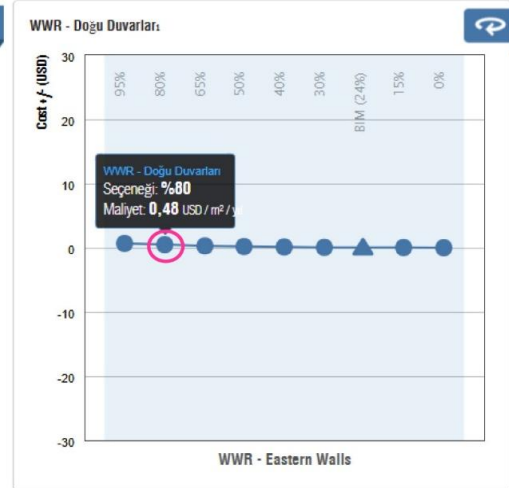
Alan Özeti - MUTEFAK

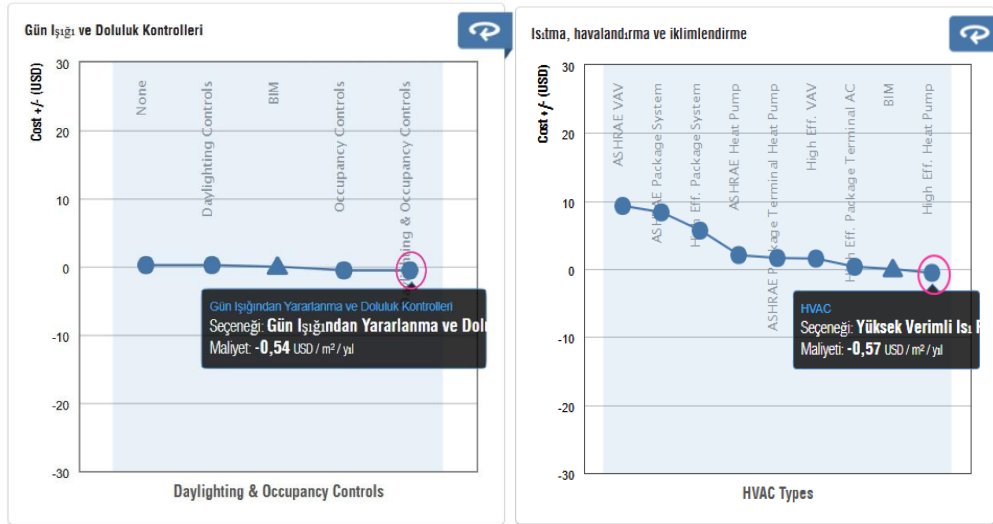
Giriş Verileri	
Alan (m ²)	23
Hacim (m ³)	47.68
Duvar alanı (m ²)	25
Çatı Alanı (m ²)	0
Kapı Alanı (m ²)	2
Bölme Alanı (m ²)	0
Pencere Alanı (m ²)	1
Skylight Alanı (m ²)	0
Aydınlatma Yüğü (W)	244
Güç Yüğü (W)	244
İnsanların sayısı	568
Hissedilebilir Isı Kazancı / Kişi (K)	73
Gizli Isı Kazancı / Kişi (K)	58
Sızma Hava Akışı (L / s)	4.9
Alan Tipi	Birgi (bina tipinden devralınmıştır)
Hesaplanan Sonuçlar	
Tepe Soğutma Toplam Yüğü (W)	64,377
Tepe Soğutma Ayı ve Saati	Ağustos 05:00
Tepe Soğutma Hassas Yüğü (W)	34,784
Tepe Soğutma Gizli Yüğü (W)	29,594
Tepe Soğutma Hava Akımı (L / s)	5,671.8
Tepe Isıtma Yüğü (W)	1,784
Tepe Isıtma Hava Akışı (L / s)	5,683.5

Soğutma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	-73	-0.11%	-79	-3	0	9	0	0	0	0
Pencere	13	0.02%	0	0	0	13	0	0	0	0
Kapı	-5	-0.01%	0	-5	0	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	8	0.01%	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydınlatma	76	0.12%	-	-	-	-	-	-	-	-
Güç	76	0.12%	-	-	-	-	-	-	-	-
İnsanlar	64,282	99.85%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Kurul	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	64,377	100%	-79	-7	0	23	0	0	0	0
Isıtma Bileşenleri	Toplam (W)	Yüzde	Kuzey (W)	Güney (W)	Doğu (W)	Batı (W)	Kuzeydoğu (W)	Güneydoğu (W)	Kuzeybatı (W)	Güneybatı (W)
Duvar	1,462	81.93%	694	79	0	689	0	0	0	0
Pencere	46	2.59%	0	0	0	46	0	0	0	0
Kapı	129	7.25%	0	129	0	0	0	0	0	0
Çatı	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bölme	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Tavan Penceresi	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Sızma	147	8.22%	-	-	-	-	-	-	-	-
Genel Toplam	1,784	100%	694	208	0	735	0	0	0	0

EK-B. Birgi Mevcut Referans Yerleşim Dokusu ve Binalara İlişkin Tüm Enerji Analizi Sonuçları



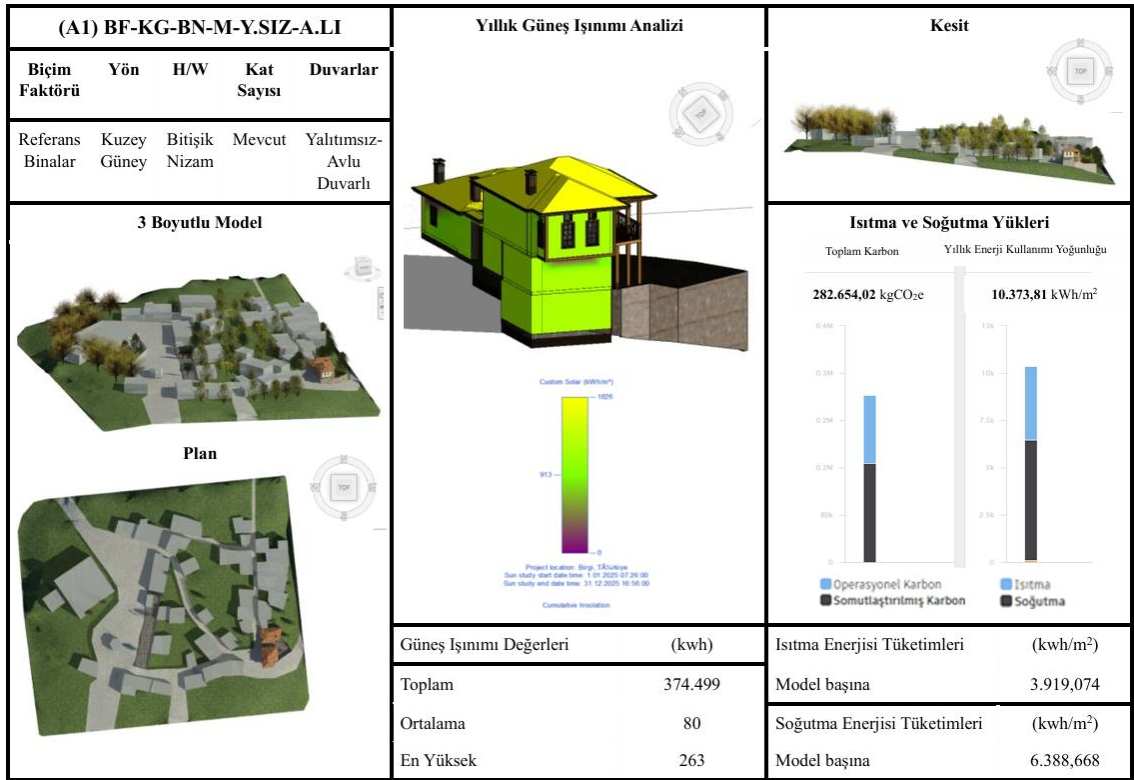




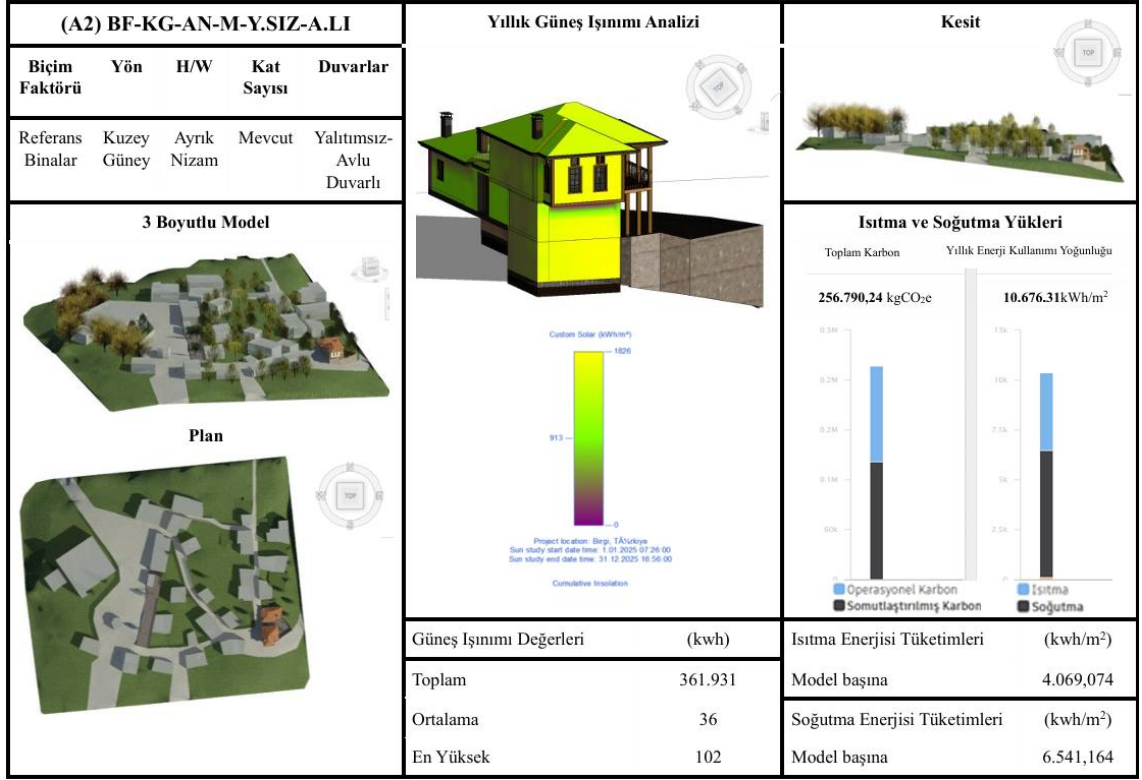
EK-C. İyileştirmeler İçin Gerçekleştirilen Tüm Yerleşim Dokusu Alternatiflerine İlişkin Enerji Analizi Sonuçları

Alternatif	Yapılaşma Şekli	Yönlendiriliş Durumu	Kat Sayısı	Alternatif Adı	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh/Model)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh/Model)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh/Model)	Toplam Karbon Emisyonu (kgCO ₂ e)
Alternatif 1	Bitişik	Kuzey-Güney	M	BF-KG-BN-M-Y.SIZ-A.LI	3.919,074	6.388,668	10.307,742	282.654,02
			1	BF-KG-BN-1-Y.SIZ-A.LI	4.118,098	6.291,242	10.409,340	258.665,87
			2	BF-KG-BN-2-Y.SIZ-A.LI	3.918,956	6.388,239	10.307,195	28.3302,46
			3	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI	3.820,283	6.285,587	10.105,870	307.474,59
Alternatif 2	Ayrık	Kuzey-Güney	M	BF-KG-AN-M-Y.SIZ-A.LI	4.069,074	6.541,164	10.610,238	256.790,24
			1	BF-KG-AN-1-Y.SIZ-A.LI	4.118,215	6.592,646	10.710,861	237.759,59
			2	BF-KG-AN-2-Y.SIZ-A.LI	4.019,074	6.490,384	10.509,458	261.485,27
			3	BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.LI	3.870,399	6.337,732	10.208,131	279.473,41
Alternatif 3	Bitişik	Kuzey-Güney	M	BF-KG-BN-M-Y.LI-A.LI	4.304,327	6.560,262	10.864,589	283.353,96
			1	BF-KG-BN-1-Y.LI-A.LI	4.302,928	6.764,033	11.066,961	259.386,69
			2	BF-KG-BN-2-Y.LI-A.LI	4.155,161	6.611,662	10.766,823	272.502,99
			3	BF-KG-BN-3-Y.LI-A.LI	4.055,882	6.506,375	10.562,257	306.788,86
Alternatif 4	Ayrık	Kuzey-Güney	M	BF-KG-AN-M-Y.LI-A.LI	4.204,288	6.661,895	10.866,183	263.519,57
			1	BF-KG-AN-1-Y.LI-A.LI	4.453,006	6.765,704	11.218,71	243.711,87
			2	BF-KG-AN-2-Y.LI-A.LI	4.353,278	6.714,305	11.067,583	253.731,46
			3	BF-KG-AN-3-Y.LI-A.LI	4.166,037	6.558,98	10.725,017	280.187,39
Alternatif 5	Bitişik	Kuzey-Güney	M	BF-KG-BN-M-Y.SIZ-A.SIZ	4.168,644	6.489,682	10.658,326	277.950,23
			1	BF-KG-BN-1-Y.SIZ-A.SIZ	4.216,967	6.693,114	10.910,081	254.597,41
			2	BF-KG-BN-2-Y.SIZ-A.SIZ	4.068,488	6.539,136	10.607,624	278.596,59
			3	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.SIZ	3.920,127	6.285,860	10.205,987	302.757,61
Alternatif 6	Ayrık	Kuzey-Güney	M	BF-KG-AN-M-Y.SIZ-A.SIZ	4.118,657	6.592,490	10.711,147	257.838,22
			1	BF-KG-AN-1-Y.SIZ-A.SIZ	4.216,967	6.696,273	10.913,24	240.069,49
			2	BF-KG-AN-2-Y.SIZ-A.SIZ	4.268,527	6.542,880	10.811,407	256.495,64
			3	BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.SIZ	4.070,243	6.539,097	10.609,34	274.462,75
Alternatif 7	Bitişik	Kuzey-Güney	M	BF-KG-BN-M-Y.LI-A.SIZ	4.218,567	6.392,49	11.177,777	257.838,22
			1	BF-KG-BN-1-Y.LI-A.SIZ	4.361,723	6.816,054	11.005,483	255.321
			2	BF-KG-BN-2-Y.LI-A.SIZ	4.292,111	6.713,372	10.811,407	268.804,09
			3	BF-KG-BN-3-Y.LI-A.SIZ	4.255,726	6.453,764	10.709,49	302.694,02
Alternatif 8	Ayrık	Kuzey-Güney	M	BF-KG-AN-M-Y.LI-A.SIZ	4.493,666	6.814,732	11.308,398	258.719,71
			1	BF-KG-AN-1-Y.LI-A.SIZ	4.591,723	6.818,192	11.409,915	239.709,28
			2	BF-KG-AN-2-Y.LI-A.SIZ	4.772,228	6.436,521	11.208,749	249.549,22
			3	BF-KG-AN-3-Y.LI-A.SIZ	4.355,843	6.710,496	11.066,339	275.903,3

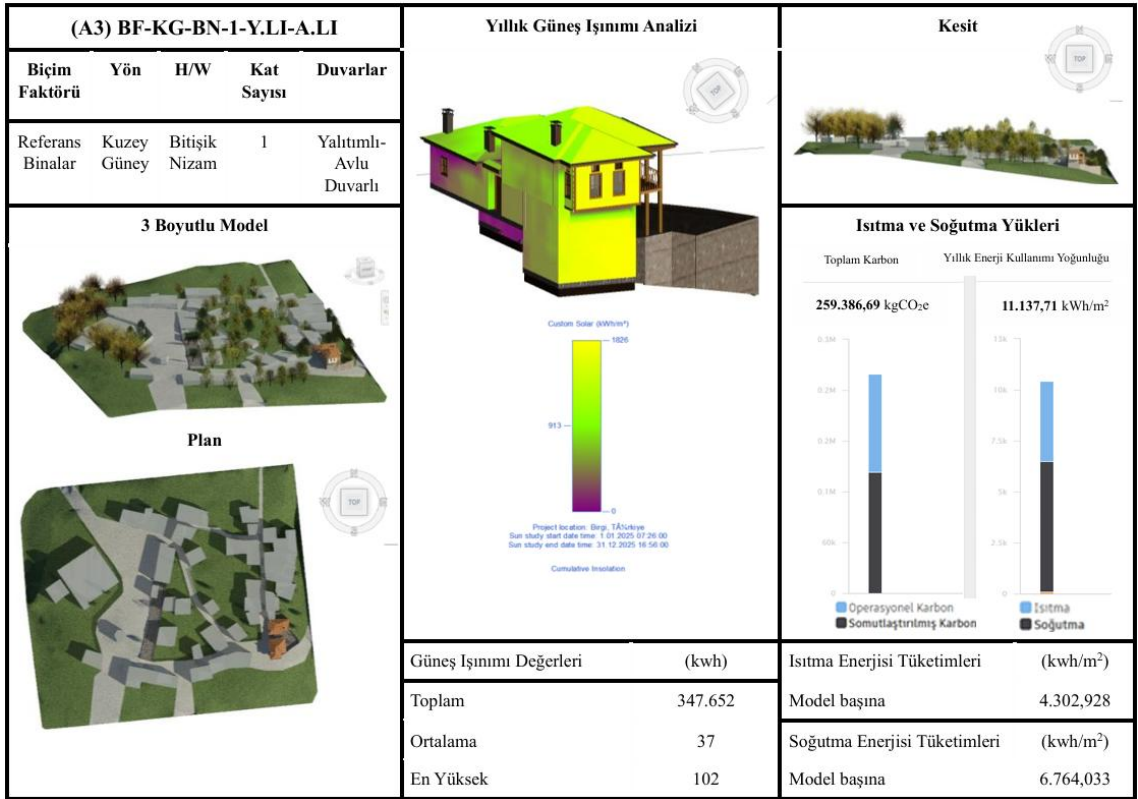
Alternatif	Yapılaşma Şekli	Yönlendiriliş Durumu	Kat Sayısı	Alternatif Adı	EUI (MJ/m ² /yıl)	Elektrik Tüketimi (kWh/Model)	Yakıt Tüketimi (MJ/Model)
Alternatif 1	Bitişik	Kuzey-Güney	M	BF-KG-BN-M-Y.SIZ-A.LI	1,939	724,932	538,447
			1	BF-KG-BN-1-Y.SIZ-A.LI	1,951	727,788	551,950
			2	BF-KG-BN-2-Y.SIZ-A.LI	1,921	721,396	522,039
			3	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.LI	1,848	679,235	498,945
Alternatif 2	Ayrık	Kuzey-Güney	M	BF-KG-AN-M-Y.SIZ-A.LI	2,235	808,242	686,564
			1	BF-KG-AN-1-Y.SIZ-A.LI	2,339	821,450	690,869
			2	BF-KG-AN-2-Y.SIZ-A.LI	2,120	812,518	683,812
			3	BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.LI	1,819	705,180	671,059
Alternatif 3	Bitişik	Kuzey-Güney	M	BF-KG-BN-M-Y.LI-A.LI	2,350	830,794	699,213
			1	BF-KG-BN-1-Y.LI-A.LI	2,379	859,235	715,463
			2	BF-KG-BN-2-Y.LI-A.LI	2,321	822,433	692,624
			3	BF-KG-BN-3-Y.LI-A.LI	2,310	814,620	689,401
Alternatif 4	Ayrık	Kuzey-Güney	M	BF-KG-AN-M-Y.LI-A.LI	2,351	831,856	701,729
			1	BF-KG-AN-1-Y.LI-A.LI	2,389	867,104	724,661
			2	BF-KG-AN-2-Y.LI-A.LI	2,380	859,875	715,154
			3	BF-KG-AN-3-Y.LI-A.LI	2,320	821,725	689,160
Alternatif 5	Bitişik	Kuzey-Güney	M	BF-KG-BN-M-Y.SIZ-A.SIZ	2,224	811,508	692,146
			1	BF-KG-BN-1-Y.SIZ-A.SIZ	2,352	839,678	706,206
			2	BF-KG-BN-2-Y.SIZ-A.SIZ	2,231	805,060	684,382
			3	BF-KG-BN-3-Y.SIZ-A.SIZ	1,856	687,184	507,985
Alternatif 6	Ayrık	Kuzey-Güney	M	BF-KG-AN-M-Y.SIZ-A.SIZ	2,322	822,670	691,669
			1	BF-KG-AN-1-Y.SIZ-A.SIZ	2,355	840,524	708,609
			2	BF-KG-AN-2-Y.SIZ-A.SIZ	2,327	825,280	696,918
			3	BF-KG-AN-3-Y.SIZ-A.SIZ	2,231	806,702	685,315
Alternatif 7	Bitişik	Kuzey-Güney	M	BF-KG-BN-M-Y.LI-A.SIZ	2,395	869,871	719,761
			1	BF-KG-BN-1-Y.LI-A.SIZ	2,375	850,257	713,905
			2	BF-KG-BN-2-Y.LI-A.SIZ	2,317	825,989	694,845
			3	BF-KG-BN-3-Y.LI-A.SIZ	2,312	823,405	688,397
Alternatif 8	Ayrık	Kuzey-Güney	M	BF-KG-AN-M-Y.LI-A.SIZ	2,399	875,928	733,587
			1	BF-KG-AN-1-Y.LI-A.SIZ	2,410	887,365	741,014
			2	BF-KG-AN-2-Y.LI-A.SIZ	2,386	861,789	721,303
			3	BF-KG-AN-3-Y.LI-A.SIZ	2,376	858,735	714,538

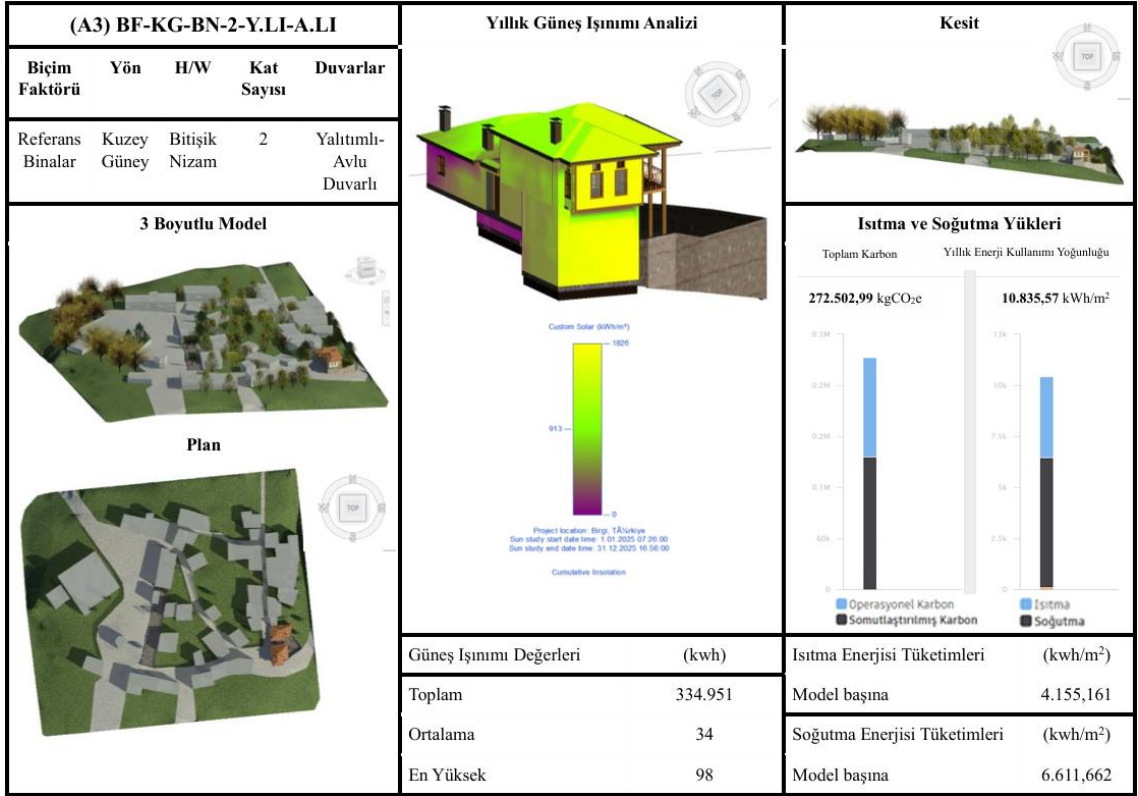


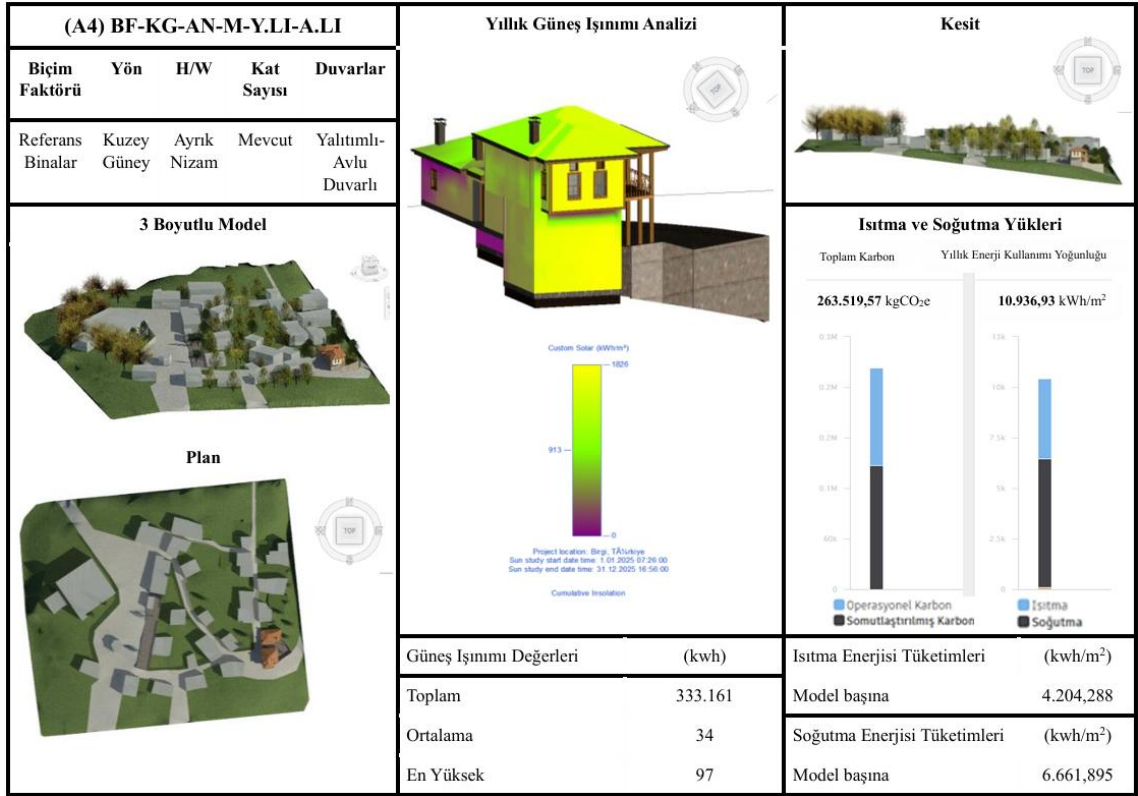


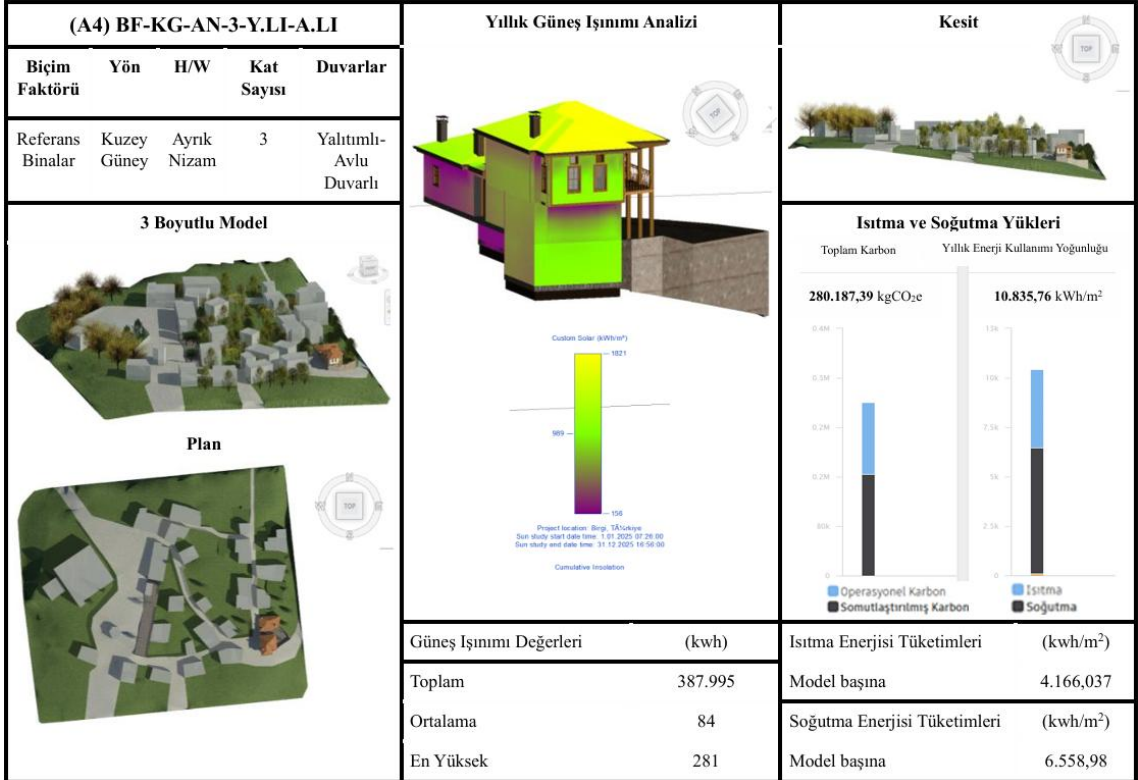
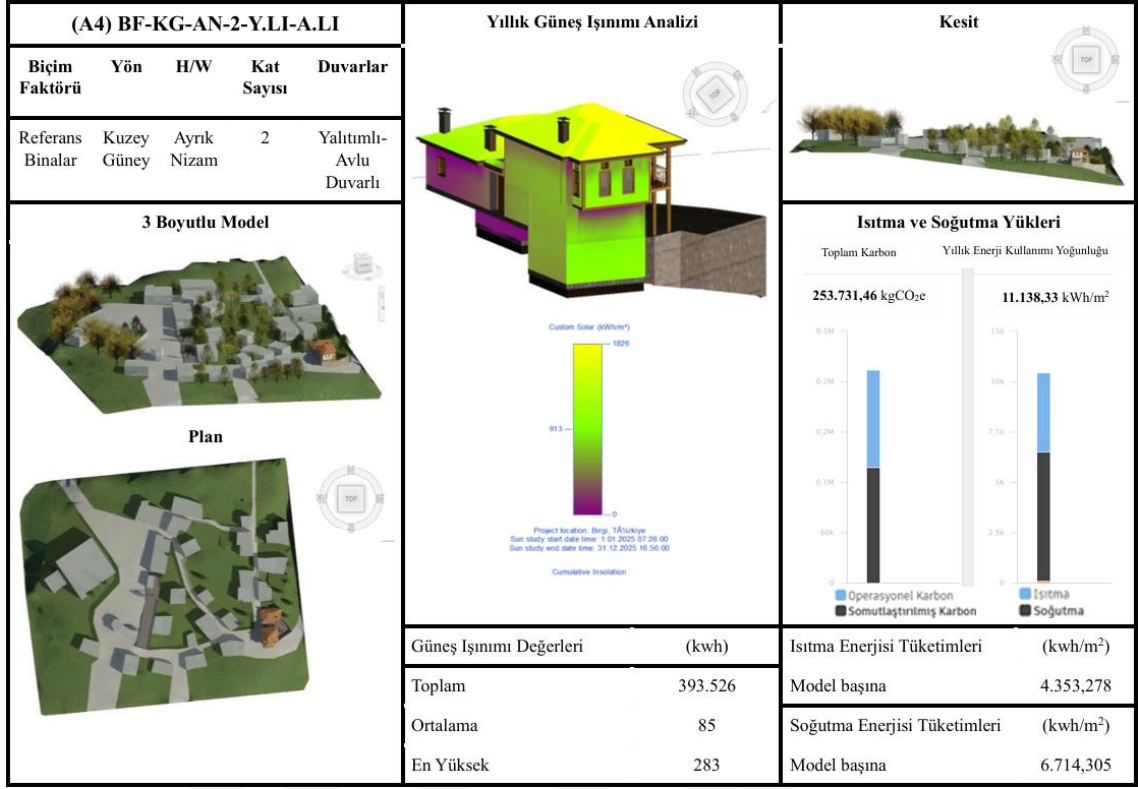






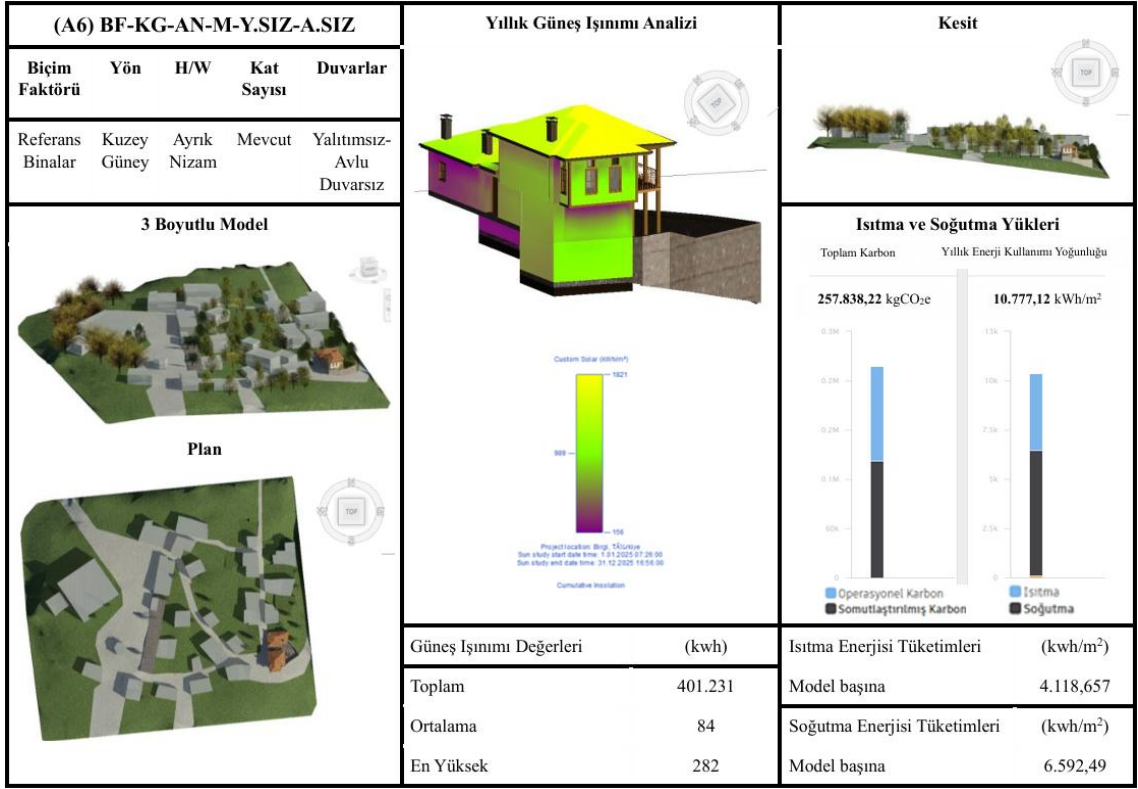






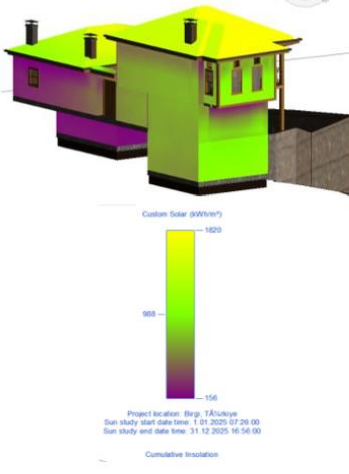
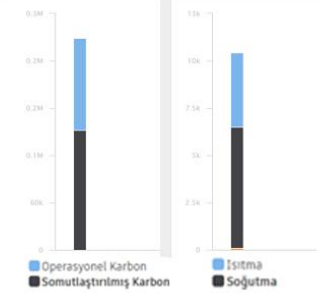


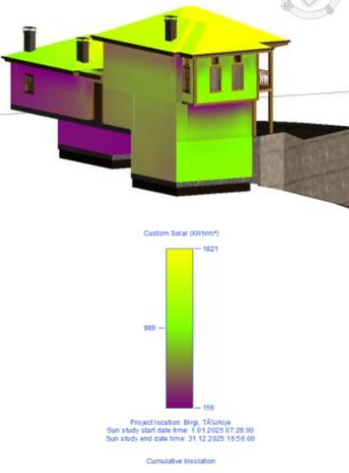
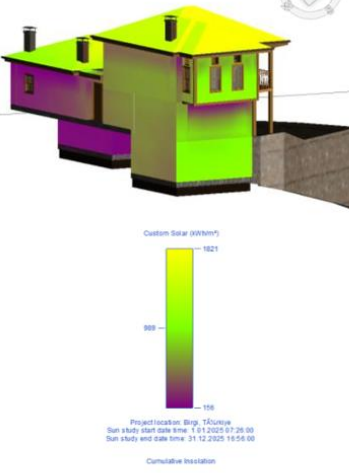
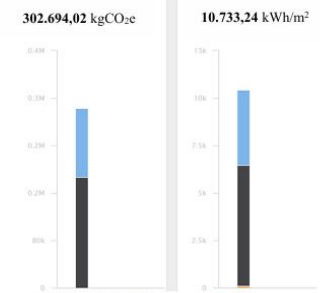








(A7) BF-KG-BN-2-Y.LI-A.SIZ					Yıllık Güneş Işınımı Analizi		Kesit	
Biçim Faktörü	Yön	H/W	Kat Sayısı	Duvarlar				
Referans Binalar	Kuzey Güney	Bitişik Nizam	2	Yalıtımlı-Avlu Duvarsız				
3 Boyutlu Model					Isıtma ve Soğutma Yükleri			
					Toplam Karbon		Yıllık Enerji Kullanımı Yoğunluğu	
					268.804,09 kgCO ₂ e		11.036,23 kWh/m ²	
Plan								
					Güneş Işınımı Değerleri		Isıtma Enerjisi Tüketimleri	
					(kwh)		(kwh/m ²)	
					Toplam		384.020	
					Ortalama		75	
En Yüksek					273		Soğutma Enerjisi Tüketimleri	
							(kwh/m ²)	
					En Yüksek		Model başına	
					273		6.713,372	

(A7) BF-KG-BN-3-Y.LI-A.SIZ					Yıllık Güneş Işınımı Analizi		Kesit	
Biçim Faktörü	Yön	H/W	Kat Sayısı	Duvarlar				
Referans Binalar	Kuzey Güney	Bitişik Nizam	3	Yalıtımlı-Avlu Duvarsız				
3 Boyutlu Model								
Plan								
								
					Güneş Işınımı Değerleri (kwh)		Isıtma Enerjisi Tüketimleri (kwh/m²)	
					Toplam 372.960		Model başına 4.255,726	
					Ortalama 71		Soğutma Enerjisi Tüketimleri (kwh/m²)	
					En Yüksek 268		Model başına 6.453,764	





EK-D. Ülkeler Arası Yaşam Döngüsü Değerleri

Source	Year	Country	Lifetime (year)	Results
Adalberth et al. [16,23]	1997	Sweden	50	LCE: 7600–8800 kWh/m ² EE: 810–1020 kWh/m ² (concrete 19–28%, wood 16–28%, plastic 18–23%)
Keoleian et al. [26]	2001	USA	50	The use phase accounted for 91% of the total life-cycle energy consumption. A functionally equivalent energy-efficient house (EEH) was modeled that incorporated 11 energy efficiency strategies. These strategies led to a dramatic reduction in the EEH total life-cycle energy; 6400 GJ for the EEH compared to 16,000 GJ for the standard house. For energy-efficient homes, pre-use energy accounted for 26% of life-cycle energy. Life-cycle greenhouse gas emissions were 1010 metric tons CO ₂ equivalent for a standard house and 370 metric tons for an EEH 3 storey building EE: 10.7 GJ/m ²
Treloar et al. [30]	2001	Australia	40	52 storeys: 18.4 GJ/m ² . High rise buildings have higher EE
Peuportier [31]	2001	France	80	The operation phase accounted for most of the energy consumption, while the production phase only accounted for 10–15 percent of the energy use
Adalberth et al. [24]	2001	Sweden	50	LCE: 6100–9100 kWh/m ² Use phase 70–90% of all LC impacts LC GHG: 1.5 ton CO ₂ eq/m ² for 50 years
Marceau and Gajda [32]	2002	USA	100	Not all major material inputs analyzed. Raw materials extraction and manufacturing energy (52 GJ), use energy-1 year (173 GJ), lifecycle emissions (3.2 tons) are analyzed
Thormark [33]	2002	Sweden	50	Total LCE is 14,913 GJ, or 249GJ/person/annum Australian primary energy consumption of 227 GJ/person/annum The EE of the initial house construction represented only 9.7% of the LCE
Norman et al. [34]	2006	Canada	50	Low-density suburban development is more energy and GHG intensive by a factor of 2.0–2.5 than high-construction energy 92 (low density) to 109 (high density) MJ/m ² year
Asif et al. [27]	2007	Scotland	NA	Use energy 619 (low density) to 643 (high density) MJ/m ² year EE of various construction materials involved has been estimated to be equal to 227.4 GJ (concrete 61%, ceramic tiles 15% and timber 14%). CO ₂ emissions around 120 ton (99% concrete and mortar)
Citherlet and Defaux [35]	2007	Switzerland	NA	Comparison of three house variations of insulation, energy production and use of renewable energy has been analyzed. LCE is 580 (standard house) to 40 MJ/m ² year LC GHG 27(standard house) to 10 kg CO ₂ eq/m ² year
Xing et al. [36]	2008	China	50	The life-cycle energy consumption of building materials per area in the steel-framed building is 24.9% as that in the concrete-framed building, whereas, on use phase, the energy consumption and emissions of steel-framed building are both larger than those of concrete-framed building
Huberman and Pearlmutter [37]	2008	Israel	50	The EE of the building accounts for some 60% of the overall life-cycle energy consumption. Use of the "alternative" building materials can reduce the initial production energy required for a reinforced concrete building by 30–40%. The energy saved cumulatively over a 50-year life cycle by this material substitution is on the order of 15–20%
Utama and Gheewala [38]	2009	Indonesia	40	For high rise residential buildings, the enclosures contribute 10–50% of the total building cost, 14–17% of the total material mass and 20–30% of the total heat gain
Shukla et al. [39]	2009	India	40	The initial EE of typical double wall and single wall envelopes for high residential buildings is 79.5 GJ and 76.3 GJ, respectively
				The EE involved in construction of main structure, foundation, flooring, finishes, furniture, maintenance and electric work are 102 GJ, 214 GJ, 55 GJ, 5 GJ, 18 GJ, 59 GJ and 4 GJ, respectively
				Maintenance is 12% of total EE. Approximately 370 GJ energy can be saved per year
Blengini [28]	2009	Italy	40	By using low energy intensive materials the mitigation of CO ₂ in the environment is reduced by an amount 101 tons/year
				Primary energy and GHG emissions have been studied. LCE and LC GHG emissions are calculated to be:
				Construction phase 91 MJ/m ² year and 8 kg CO ₂ /m ² year
				LC energy 999 MJ/m ² year (93% use) and 67 kg CO ₂ eq/m ² year (90% use)
Ortiz-Rodriguez et al. [19]	2010	Colombia and Spain	50	Primary energy consumption and environmental impacts of a dwelling in Spain and Colombia have been analyzed
				For Colombia: Construction energy GHG emissions are 4940 MJ/m ² and GHG 238 kg CO ₂ eq/m ² . Use phase GHG emissions 599 kg CO ₂ eq/m ²
				For Spain: 4180 MJ/m ² and 192 kg CO ₂ eq/m ² . Use phase GHG 2250 kg CO ₂ eq/m ²

Source	Year	Country	Lifetime (year)	Results
Gustavsson and Joelsson [40]	2010	Sweden	50	For a conventional and a low-energy building the primary energy use for production can be up to 45% and 60%, respectively. The primary energy use and the CO ₂ emissions depend strongly on the energy supply, for both conventional and low-energy buildings. The specific primary energy use with district heating was 40% lower than that of an electrically heated passive row house. LCE: 7500–11,500 kWh/m ²
Blom et al. [41]	2011	The Netherlands	50	The environmental impact of building-related and user-related gas and electricity consumption in a Dutch apartment dwelling using Life Cycle Assessment (LCA) methodology has been assessed. A 23% reduction in gas consumption leads to up to 13% less overall environmental impacts. Buildings with low heat demand, electricity consumption dominates all environmental impact categories. These can most effectively be reduced by changing the electricity demand of the user: 47% less electricity consumption leads to a 9–45% reduction in the total environmental impact
Monteiro and Freire [21,22]	2011 and 2012	Portugal	50	Assessment of a house considering two operational patterns (different occupancy and comfort levels). LCE: 800–1600 GJ (182 MJ/m ² year) and LC GHG 58–115 ton CO ₂ eq (13 kg CO ₂ eq/m ² year)
Aye [42]	2012	Australia	50	An eight-story, 3943 m ² multi-residential building was investigated. Steel-structured prefabricated system resulted in reduced material consumption of up to 78% by mass compared to conventional concrete construction. However, the prefabricated steel building resulted in a significant increase (~50%) in EE compared to the concrete building
Gong et al. [43]	2012	China	50	The reuse of materials in the prefabricated steel building, represents 81% saving in EE and 51% materials saving by mass CO ₂ emissions of concrete construction is 44% higher than that of steel and 49% higher than that of wood construction. The main source of CO ₂ emissions is the use of electricity; its contributions to the net CO ₂ emissions of wood, steel and concrete framework constructions are 67%, 64%, and 44%, respectively. The net CO ₂ emissions in the transport category cannot be ignored, with proportions amounting to 8%, 12%, and 11% for wood, steel and concrete framework constructions, respectively
Dahlstrøma et al. [44]	2012	Norway	50	The environmental and resource impacts of wooden single-family residences designed to meet the conventional Norwegian Building Code from 2010 (TEK10) and the Norwegian passive house standard NS 3700 are compared using Life Cycle Assessment. The results show that the wood-framed single-family residence built according to the passive house standard provides a consistent and clear reduction of cumulative energy demand of 24–38% in comparison to the conventional building standard TEK10 with electric panel heating
Säynäjoki et al. [45]	2012	Finland	50	The study uses a new residential development project in Northern Europe to assess the overall life cycle GHG emissions of a new residential area and to evaluate the influence of including the temporal allocation of the life cycle GHG emissions in the assessment. The GHG emissions are modeled with a hybrid LCA. The study suggests that the carbon payback time of constructing new residential areas is several decades long even when using very energy efficient buildings compared to utilizing the current building stock. Thus, while increasing the overall energy efficiency is important in the long term, the construction of new energy efficient buildings cannot be used as a means to achieve the short term and medium term climate change mitigation goals as cities and governments often suggest
Stephan et al. [46]	2013	Belgium	100	They analyzed the total life cycle energy demand of a typical Belgian passive house, comprising embodied, operational and transport energy. The EE of passive houses can represent up to 77% of the total embodied and operational energy over 100 years. Also passive houses can have nearly the same energy consumption as a standard new house with the same geometry, location and number of occupants. A retrofitted apartment in the city has an energy consumption 15.2% lower than the best passive house scenario
Stephan and Stephan [47]	2014	Lebanon	50	A multi-scale life cycle energy analysis framework has been conducted to determine the energy use profile of recent residential buildings in Lebanon by taking into account embodied, operational and user transport energy requirements. Results show that the life cycle energy demand is dominated by transport energy (49%) followed by operational (33%) and embodied (18%) requirements

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı ve Soyadı: Esra Gözde TALU

Uyruğu: T.C

EĞİTİM BİLGİLERİ

	Mezun olduğu okul	Mezuniyet yılı
Yüksek Lisans	Hasan Kalyoncu Üniversitesi	2020
Lisans	Bozok Üniversitesi	2013

İŞ TECRÜBESİ

	Görevi
2019-Halen	İç İşleri Bakanlığı / Memur / Çağrı Karşılama Personeli
2016-2019	Tokat Hayat Yapı Denetim Ltd. Şti. / Mimar / Kontrol Elemanı
2013-2014	Tokat Simay Yapı Denetim Ltd. Şti. / Mimar / Kontrol Elemanı

YAYINLAR

- Uzun T. ve Talu E. G. (2019). “Tokat’ta Geleneksel Konut Mimarisine Üç Örnek: Mustafa Vasfi Süsoy Konağı, Gazi Osman Paşa Konağı, Cevdet Ereğ Konağı”, İstanbul Gedik Üniversitesi Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2651-5210; 2(1):12-45
- Talu, E. G. (2020). *Sürdürülebilirlik kapsamında yapı enformasyon modelleme: “A” konutu örneği üzerinden çözümleme ve çıkarımlar*. [Yüksek lisans tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. (Tez No: 619075).
- Talu, E. G. ve Altınoluk Ü. (2023). Sürdürülebilirlik Kapsamında Yapı Enformasyon Modelleme (BIM) ile Güneş ve Gölge Analizleri: ‘A’ Konutu Örneği. *Modular Journal*, 6(1), 1-17.
<https://doi.org/10.59389/modular.1194823>.

YABACI DİL BİLGİSİ

YDS:60,00 / D Düzeyi, YÖKDİL: 73,75 / C Düzeyi