



**YAPI KABUĞUNUN ENERJİ ETKİLİĞİ
AÇISINDAN İNCELENMESİ VE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hatice Elif BEYTEKİN



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAPI KABUĞUNUN ENERJİ ETKİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ VE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hatice Elif BEYTEKİN

Doç. Dr. Filiz Şenkal SEZER
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

BURSA-2016

TEZ ONAYI

Hatice Elif Beytekin tarafından hazırlanan ‘‘ Yapı Kabuğunun Enerji Etkinliği Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi’’ aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/ çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı’ nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Filiz şENKAL SEZER

Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi

Mimarlık Anabilim Dalı

Başkan: Doç. Dr. Filiz şENKAL SEZER

Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi

Mimarlık Anabilim Dalı

Üye: Prof. Dr. Nilüfer AKINCITÜRK

Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi

Mimarlık Anabilim Dalı

Üye: Prof. Dr. Ruşen YAMAÇLI

Anadolu Üniversitesi Mimarlık Fakültesi

Mimarlık Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım



Prof. Dr. Ali Osman DEMİR

Enstitü Müdürü

11/02/2016

U. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilere herhangi bir tahribat yapmadığımı- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

Beyan ederim.

15/01/2015

Hatice Elif BEYTEKİN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YAPI KABUĞUNUN ENERJİ ETKİNLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

HATİCE ELİF BEYTEKİN

Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Filiz Şenkal Sezer

Endüstrinin gelişiminden günümüze uzanan süreç içerisinde; yaşanan tecrübeler ve hızla ilerleyen teknolojik gelişmeler enerjinin üretimi ve tüketimi konusunda farklı kavram ve yeniliklerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Enerji ihtiyacının ve tüketiminin artması, bununla beraber enerji kullanımından kaynaklanan çevresel sorunların oluşmaya başlaması, yenilenebilir enerji kaynaklarını öne çıkartmıştır. Bu kaynakların en verimli şekilde kullanımının yolları aranmaya başlanmış ve enerji etkin yapı tasarımı anlayışı ön plana çıkmıştır. Enerji etkin yapı tasarımı, çevre verilerinden yararlanarak, enerjiyi etkin ve verimli kullanmaya yönelik tasarım yapılması olarak tanımlanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında; yapıda enerji etkinliğine yapı kabuğu açısından değinilmiş ve örnek bir yapı üzerinden yapının sadece kabuğuna müdahale edilerek, enerji tüketimindeki değişimi incelenmiştir.

Çalışmanın 2. bölümünde; sürdürülebilirlik ve enerji etkinliği kavramları detaylı olarak incelenmiş, enerji etkinliğini ölçen sertifika sistemleri ve enerji simülasyon programları tanıtılmıştır. Enerji etkin tasarım ölçütleri sınıflandırılarak yapının yerleşim kriterleri ve yapısal değişkenler üzerinde durulmuştur.

3. bölümde; enerji etkinliği tasarım ölçütlerinden yapı kabuğu anlatılmış, yapı kabuğu enerji etkinliği açısından incelenmiştir. Bu çalışmada yapı kabuğu yapı cephesi olarak ele alınmış ve enerji etkinliği açısından; yalıtım sistemleri, güneş kontrol sistemleri, gün ışığı kontrol sistemleri olarak alt başlıklara ayrılmıştır.

4.bölümde; yapı kabuğu tasarımının enerji etkinliği üzerindeki etkisi örnek bir yapı üzerinde incelenmiştir. Bu inceleme bir enerji simülasyon programı olan Design Builder kullanılarak yapılmıştır. Örnek yapı kabuğu için ilk olarak TS 825 Isı Yalıtım Yönetmeliği baz alınacak şekilde iyileştirme alternatifleri Öneri 1 olarak sunulmuştur. TS 825 Isı Yalıtım Yönetmeliği'nin gerektirdiği minimum iyileştirmelerle birlikte; yapılan analiz ve gözlem ve hesaplamalara göre, yapıdaki enerji ihtiyacının en fazla olduğu bölgeler belirlenmiştir. Bu bölgeler için geliştirilmiş bir kabuk önerisi sunulmuştur. Bu öneri; Öneri 2 olarak adlandırılmıştır. Oluşturulan öneriler için hesaplamalar yapılmış; çıkan sonuçlar açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: enerji etkinliği, yapı kabuğu, enerji simülasyon

2016, xi +131 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

THE EXAMINATION AND ASSESSMENT OF BUILDING SKIN IN TERMS OF ENERGY EFFICIENCY

HATİCE ELİF BEYTEKİN

Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Architecture

Supervisor: Doç. Dr. Filiz Şenkal Sezer

Experiences and rapidly advancing technological developments led to the emergence of different concepts and innovations in energy production and consumption within the process since the beginning of the development of the industry. Increased energy needs and consumption and at the same time the starting of environmental problems arising from energy use bring renewable energy sources to the forefront. Work has begun to search for ways to use these resources in the most efficient ways and energy efficient building design concept come into realisation. Energy efficient building design concepts are described as using energy for making use of energy in most effective and efficient way taking advantage of environmental data (Bilge 2007).

In this study energy efficiency structures has been mentioned in terms of building skin and the changes in energy consumption have been examined just intervening the shell through a sample structure.

In the second part of the study, sustainability and energy efficiency terms have been examined in detail, certificate systems for measuring the efficiency of energy and programs of energy simulation have been introduced. It has focused on the residential criterias and structural variables by categorizing the energy efficient design criterias.

In the third part of the study, it was explained the building skin in energy efficiency design criterias and it has been examined in terms of energy efficiency. In this study, building skin has been addressed as building facade and it has been subdivided into insulation systems, solar control systems, daylight control systems in terms of energy efficiency.

In the fourth part of the study, the effects of building skin design on energy efficiency has been examined from a sample. This examination has been made by using Design Builder which is an energy simulation program. For sample building skin, improvements alternatives have been offered as The 1st Proposal by being founded on TS 825 Heat Insulation Regulations. With a minimum improvement required by the Standard TS 825 Heat Insulation Regulations, it has been determined by the regions where the most need is, according to the analysis, observation and calculations. A proposal on the standard has been improved for these regions and it has been offered as the 2nd Proposal. The results have been clarified for generated suggestions.

Key words: energy efficiency, building skin

2016, xi + 131 pages

TEŞEKKÜR

Çalıőmam boyunca her zaman desteğini hissettiğim, her zaman yanımda olup bana yol gösteren tez danıőmanım ve değerli hocam sayın Doç. Dr. Filiz ŞENKAL SEZER' e teőekkürlerimi sunarım.

Çalıőmam boyunca benden desteklerini esirgemeyen değerli fakülte dekanımız sayın Prof. Dr. Nilüfer AKINCITÜRK' e ve değerli bölüm hocalarıma da teşekkür ederim.

Çalıőmamın her aşamasında yanımda olan sevgili eőim Feyzullah BEYTEKİN' e, beni bu konuda teşvik eden anneciğim Hayriye ARSLAN ve babacığım İrfan ARSLAN' a en içten sevgi ve teőekkürlerimi sunarım.



Hatice Elif Beytekin

15/01/2016

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	4
2.1. Sürdürülebilirlik Kavramı ve Enerji Verimliliği.....	4
2.2. Yapıda Enerji Etkinliği	14
2.3. Yapıların Enerji Etkinliğini Ölçen Yöntemler	20
2.3.1.Sertifika Sistemleri.....	20
2.3.1.1.Uluslararası Sertifika Sistemleri	20
2.3.2. Enerji Simülasyon Programları	29
2.4. Enerji Etkin Tasarım Kavramı ve Enerji Etkin Tasarım Ölçütleri.....	37
2.4.1. Yerleşim Kriterleri	37
2.4.1.1.Topografik veriler	37
2.4.1.2. İklimsel Veriler	40
2.4.1.3 Atmosferik Veriler (Mikroklimatik Koşullar)	46
2.4.1.4. Doğal Çevre Örtü	48
2.4.2.Yapısal Değişkenler	55
2.4.2.1.Yapının Formu	55
2.4.2.2.Yapının Yönlenmesi.....	59
2.4.2.3.Yapının Konumu.....	61
2.4.2.4.Mekân Organizasyonu	65
2.4.2.5.Mekân içindeki havalandırma durumu.....	67
2.4.2.6.Yapı Kabuğu	68
3. ENERJİ ETKİN TASARIMDA YAPI KABUĞU	70
3.1. Yapı Kabuğu Kavramı	70
3.2.Yapı Kabuğunun Enerji Etkinliği Açısından İncelenmesi.....	76
3.2.1. Yalıtım Sistemleri: Isı yalıtımı.....	77
3.2.2.Güneş Kontrol Sistemleri: güneş kırıcı, güneş kontrol camı	80
4. MATERYAL VE YÖNTEM: ÖRNEK BİR YAPI ÜZERİNDE YAPI KABUĞUNUN ENERJİ ETKİNLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ.....	82
4.1.Enerji Simülasyonunda Kullanılacak Design Builder Programının Tanıtılması	82
4.2. Alan Çalışması: Bursa İli Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Binası.....	88
4.3. Örnek Yapının Isıl Zonlara Bağlı Olarak Yıllık Toplam Enerji İhtiyacının Hesaplanması	96
4.4. Yapı Kabuğunun İyileştirilmesi	106
5.SONUÇ	119
KAYNAKLAR	122
EKLER.....	125
ÖZGEÇMİŞ	132

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

CFC	Kloroflorokarbon
CO	Karbonmonoksit
CO ₂	Karbodioksit
°C	Santigrat
°F	Fahrenayt
g	Toplam Güneş Enerjisi Geçirgenliği
HFC	Hidroflorokarbon
U (W/m ² K)	Isı Geçirgenlik Katsayısı
λ (W/mK)	Isı İletkenlik Katsayısı

Kısaltmalar

Açıklama

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
AB	Avrupa Birliği
BEP	Binalarda Enerji Performansı
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
BRE	Building Research Establishment (Yapı Araştırma Kurumu)
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CASBEE	Comprehensive Assesment System for Built Environment Efficiency (Binaların Çevresel Etkinliği için Detaylı Değerlendirme Sistemi)
CFD	Computational Fluid Dynamics (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği)
ÇEDBİK	Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
EKB	Enerji Kimlik Belgesi
EPW	Energyplus Weather (Enerji Plus hava verileri)
EPS	Expanded Polistiren Sert Köpük
EVD	Enerji Verimliliği Danışmanlık
GBCA	Green Building Council of Australia (Avustralya Yeşil Bina Konseyi)
HVAC	Heating, Ventilating and Air Conditioning (Isıtma, Havalandırma, İklimlendirme)
JSBC	Japonya Sürdürülebilir Yapı Konsorsiyumu
KP	Kyoto Protokolü
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design (Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü)

Sbtool	Sustainable Building Tool
TS	Türk Standardı
UKACE	United Kingdom Association for Conservation of Energy
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi)
UNCBD	United Nations Convention on Biological Diversity (Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi)
USGBC	U.S. Green Building Council (Amerikan Yeşil Binalar Konseyi)
WGBC	World Green Building Council (Dünya Yeşil Bina Konseyi)



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kim ve Rigdon'a (1998) göre mimaride sürdürülebilir tasarım ilkeleri.....	5
Şekil 2.2. Kohler'e (1999) göre mimaride sürdürülebilir tasarım	6
Şekil 2.3. Dünyanın enerji tüketim haritası (Enerdata 2010)	8
Şekil 2.4. İklim değişikliği ulusal eylem planı yapısı	10
Şekil 2.5. Sürdürülebilir Mimarlık İlke ve Kapsamları	10
Şekil 2.6 Enerji ve Doğal Kaynakların Korunumu İlkesi Uygulama Stratejileri	11
Şekil 2.7. Yapının Yaşamı Boyunca Enerji Tüketimi (Jones 1998).....	12
Şekil 2.8. Vitruvius'a göre mimarlık ve günümüzdeki mimarlığın tanımı	15
Şekil 2.9. Tasarım ve simülasyon bağlamı ilişkisi.....	30
Şekil 2.10 Topografyanın güneş ışınımı üzerine etkisi (Lechner 1991).....	38
Şekil 2.11 Topografyanın hava hareketlerine etkisi (Lechner 1991).....	39
Şekil 2.12 Sıcak iklim bölgelerinde bitkilendirme teknikleri (Lechner 1991)	50
Şekil 2.13. Sıcak ve kuru iklim bölgelerinde bitkilendirme teknikleri (Lechner 1991) .	51
Şekil 2.14. Sıcak ve nemli iklim bölgelerinde bitkilendirme teknikleri (Lechner 1991)	52
Şekil 2.15. Soğuk iklim bölgelerinde bitkilendirme teknikleri (Lechner 1991)	53
Şekil 2.16. Bitkisel doku oluşturma prensipleri (Lechner 1991).....	54
Şekil 2.17. Yapı formu yüzey ilişkisi (Daniels 1979).....	55
Şekil 2.18. Kuzey güney, Doğu aksında yönlendirilen formlar (Soysal 2007).....	56
Şekil 2.19. Bina formu/ısı kaybı ilişkisi (Anon, 1979).....	57
Şekil 2.20. Sussex'de buz evi (Beamon ve Roaf 1990).....	57
Şekil 2.21. Değişik iklim bölgelerindeki bina ve tasarım kriterleri (Yılmaz 1983)	58
Şekil 2.22. Arazinin farklı yönlerdeki mikroklima özellikleri (Lechner 1991).....	61
Şekil 2.23. Değişik yerleşme biçimlerinde hava hareketleri (Hillman ve Schreck 1983)	63
Şekil 2.24. Hâkim rüzgâr yönüne göre bina konumlandırılması (Anon, 1979)	64
Şekil 2.25. İmar planı ve güneş enerjisi kullanımı (Schafer ve Weigert, 1997).....	64
Şekil 2.26. Yapıların farklı şekillerde bir araya gelmesi sonucun ısı kayıp oranları (Tönük 2001).....	65
Şekil 2.27. Mekân/ dış yüzey alanı adedi ilişkisi (Dörter, 1994).....	66
Şekil 3.1. Yapı alt sistemlerinin birbiriyle ilişkisi	70
Şekil 3.2. Yapı Kabuğunun Enerji Etkinliği Açısından İncelenmesi.....	71
Şekil 3.3. Yapı kabuğunda enerji etkiliği açısından dikkate alınması gereken parametreler (Schittich, 2011).....	76
Şekil 3.4. Yapıda farklı düzeydeki sistemleri hiyerarşik bir yapıda sınıflandırılması....	77
Şekil 3.5. Yapı kabuğu enerji sistemleri	77
Şekil 4.1. Design Builder Programı ara yüzü	83
Şekil 4.2. Design Builder Programı İklim Verilerinin Elde Edilmesi	84
Şekil 4.3. Design Builder Programında Yapının Modellenmesi	84
Şekil 4.4. Design Builder Programında Mekan Fonksiyonlarının Girilmesi.....	85
Şekil 4.5. Design Builder Programında Konstrüksiyon Verilerinin Girilmesi	85

Şekil 4.6. Design Builder Programında Yapı Kabuğu Verilerinin Girilmesi	86
Şekil 4.7. Design Builder Programında Yapı Aydınlanma Verilerinin Girilmesi	86
Şekil 4.8. Design Builder Programında Isınma, Soğutma, Aydınlanma Verilerinin Girilmesi.....	87
Şekil 4.9. Design Builder Programında Elektrik Üretimi Verilerinin Girilmesi	87
Şekil 4.10. Design Builder Programında Oluşan Enerji Performans Grafikleri	88
Şekil 4.11. Bursa Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Binası Vaziyet Planı (https://www.google.com.tr/maps/place/2015)	89
Şekil 4.12. Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Binası Giriş Cephesi	90
Şekil 4.13. Uludağ Üniversitesi Mimarlık Bölümü Binası Zemin Kat Planı	91
Şekil 4.14. Uludağ Üniversitesi Mimarlık Bölümü Binası 1. Kat Planı	92
Şekil 4.15. Uludağ Üniversitesi Mimarlık Bölümü Binası 2. Kat Planı	92
Şekil 4.16. Yapı Görünüşleri	93
Şekil 4.17. Kuzeybatı cephesi	94
Şekil 4.18. Güneydoğu cephesi	94
Şekil 4.19. Kuzeybatı cephesi	94
Şekil 4.20. Örnek yapı iç mekana ait görseller	95
Şekil 4.21. Isıl Konforun Belirlenmesinde İç ortama Ait Faktörler ve Aylara Göre Dağılımı	97
Şekil 4.22. Kat planlarına göre zonların dağılımı (Zemin Kat, 1. Kat, Çatı Katı)	99
Şekil 4.23. Dış duvarlar için katman kesiti ve yoğuşma grafiği	101
Şekil 4.24. Çatı için katman kesiti ve yoğuşma grafiği	102
Şekil 4.25. Yapıya ait toplam yıllık enerji ihtiyacının zonlara göre dağılımları	104
Şekil 4.26. Yapıya ait yıllık birim alana düşen enerji ihtiyacının zonlara göre dağılımları	105
Şekil 4.27. TS825'e göre düzenlenen yapı kabuğuna göre yapıya ait yıllık enerji ihtiyacı dağılımları	108
Şekil 4.28. TS825'e göre düzenlenen yapı kabuğuna göre Yapıya ait yıllık enerji ihtiyacının zonlarda birim m ² göre dağılımları	109
Şekil 4.29. Öneri 2 için yapı kabuğunda müdahale edilmesi öngörülen alanlar	111
Şekil 4.30. Öneri 2'ye göre düzenlenen yapı kabuğuna göre yapıya ait yıllık enerji ihtiyacı dağılımları	113
Şekil 4.31. Öneri 2'ye göre düzenlenen yapı kabuğuna göre yapıya ait yıllık enerji ihtiyacının birim alanlara göre dağılımları	114
Şekil 4.32. Yapı geneli yıllık enerji ihtiyaçları dağılımı değişimi (kWh)	115
Şekil 4.33. Yapı geneli yıllık CO ₂ Salınımı (kg) diagramı	115
Şekil 4.34. Yapı kabuğunun Öneri 1 ve Öneri 2'ye göre iyileştirilmesi sonucu oluşan enerji diyagramlarının karşılaştırılması	116

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bazı Yapı Malzemelerinin Üretim Enerjileri (Tuğlu Karşlı 2008)	18
Çizelge 2.2. Uluslararası Yeşil Bina Sertifika Sistemleri Başvuru Veri Gereksinimleri	25
Çizelge 2.3. LEEDS ve BREEM Sertifika Sistemleri Değerlendirme Karşılaştırmaları	26
Çizelge 2.4. İklim bölgelerine göre enerji etkin tasarım stratejileri	45
Çizelge 3.1. Cephenin ısı özelliklerinin geliştirilmesi (Schittich, 2001)	78
Çizelge 4.1 Yapıya ait zonlar	98
Çizelge 4.2. Mevcut yapı kabuğu termofiziksel özellikleri	100
Çizelge 4.3. Yüzey Şeffaflık Oranları	100
Çizelge 4.6. Öneri 1 yapı kabuğu termofiziksel özellikleri	107
Çizelge 4.7 Öneri 1 yapıya ait yıllık enerji ihtiyacı dağılımları	107
Çizelge 4.8 Öneri 2 Z0-10, Z2-01, Z0-05, Z0-03, Z0-09, Z1-08 için yapı kabuğu termofiziksel özellikleri	112
Çizelge 4.9 Öneri 2 yapıya ait yıllık enerji ihtiyacı dağılımları	112

1. GİRİŞ

Sürdürülebilir bir gelecek için vazgeçilmez olan enerji, gelişmişliğin en önemli ölçütlerindedir. Nüfus artışı ve beraberinde teknolojik gelişmelerin gerçekleşmesi, enerji tüketimindeki artışın en önemli etkenleridir. Yaşamın devamlılığı ve yaşam konforu açısından önemli olan ‘enerji’ nin yoğun olarak tüketildiği alanlardan biri de mimari uygulamalardır.

Mekân ihtiyacının karşılanması sonucu ortaya çıkan yapılaşma ve enerji tüketimindeki artışın birbiriyle paralellik göstermekte olduğu gözlenmektedir. Bu nedenle ‘enerji’; estetik, çevresel ve ekonomik boyutları açısından mimaride sürdürülebilirlik bağlamında önemlidir (Özdemir 2005).

Sürdürülebilir mimarinin, temel prensibi insanoğlunu daha sağlıklı, temiz, ekonomik, yaşanabilir ve gelecek kuşakların haklarını engellemeyen mekânlarda yaşatabilme çabasıdır. İnsan gereksinmelerinin, doğal kaynakların varlığını ve geleceğini tehlikeye atmadan karşılanmasını amaçlar. (Ulusoy 2010).

Enerji alanında sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi ise üç ana ilkeye dayanmaktadır:

- Enerjinin etkin kullanımı ve enerji tasarrufu;
- Enerji üretimi ve kullanımının çevrede meydana getirdiği olumsuz etkilerin ve kirlenmenin en aza indirilmesi için çevre dostu enerji stratejilerinin geliştirilmesi;
- Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artırılması ve bu alandaki teknoloji yeteneğinin yükseltilmesi (Lakot 2007).

Enerji alanında sürdürülebilirliğin sağlanması enerji etkin tasarım anlayışını ortaya çıkarmıştır. Enerji etkin tasarım anlayışı; yapıya uygun aktif ve pasif denetim olanaklarının yaratılarak, ısıtma soğutma- havalandırma-doğal aydınlatma konularında yapı performansını arttırmaya ve enerji korunumu sağlamaya yönelik denetim sağlanması, tasarım ölçütlerinin belirlenmesi ve bu kapsamda mimari tasarımlar yapılmasını gerektirir (Dikmen 2011). Yapılar kullanıcı konforundan ödün vermeden enerjiyi etkin ve en azda kullanabilmeyi sağlayabilmeli, iç ve dış ortam koşullarındaki değişimleri algılamalı, değişimlere anında cevap verebilmeli ve koşullara uyum sağlayabilmelidir (Yılmaz 2009).

Ekolojik ve sürdürülebilir mimarlık kavramına odaklı enerji etkin tasarım anlayışında;

- yapıyı meydana getiren bütün malzeme, bileşen ve sistemlerin üretiminde,
- yapının tasarım, üretim, kullanım, işletim ve bakım-onarım aşamalarında,
- bina elektromekanik sistemlerinin tasarlanması ve işletilmesinde,
- bina ömrünü tamamladıktan sonra binayı oluşturan elemanların geri dönüştürülerek, yeniden kullanılabilirliğin sağlanmasında, enerji tüketiminin minimum düzeyde olması hedeflenmektedir (Lakot 2007, Boduroğlu 2010).

Enerji etkin tasarımları diğer yaklaşımlardan ayıran özellik; yapıyı oluşturan malzeme ve bileşenlerin üretimi, yapının tasarımı yanında iklimlendirme sistemlerinin seçimi, bakımı, işletimi ve yönetimine kadar geniş bir alanda yapının standartlarını düşürmeden enerji tüketimini minimize etmeyi hedeflemesidir. Diğer bir ifade ile bu yaklaşım bir yandan yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmaya, diğer yandan da kullanılan enerjiyi korumaya yönelik tedbirleri almayı hedeflemektedir (Çakmaknus 2004).

Bu çalışma kapsamında mevcut bir yapıda, yapının uygulama projesi dikkate alınarak; yapı kabuğuna yapılan müdahaleler ile yapının yıllık enerji ihtiyacının azaltılması amaçlanmıştır.

Bir yapıda, yapının her noktası aynı enerji ihtiyacına sahip değildir. Enerji etkin tasarım ölçütleri arasında sayılan yerleşim kriterleri; form, yönelim gibi yapısal değişkenler enerji ihtiyacının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Türkiye’ de kullanılan yıllık enerji ihtiyacı programlarında yapı bir bütün olarak ele alınmakta çıkan sonuçlar bu doğrultuda değerlendirilmektedir. Ülkemizde konu ile ilgili uygulanmakta olan yönetmelik, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı Yönetmeliğidir. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Standardı’ na göre yapı kabuğu için önerilen değerler ile yapı kabuğuna genel bir müdahale yapılmaktadır.

Bu çalışmada aynı yapı içinde farklı enerji ihtiyaçlarının olduğu mekânlara ilişkin çevresel değişkenlere değinilmiş ve yapı buna uygun şekilde zonlara ayrılmıştır. Tüm yapıda hem homojen konfor koşullarının sağlanması hem de yapıya ait tüm zonlarda yıllık ısıtma-soğutma ihtiyaçlarının dengelenmesini sağlamak amacıyla bir yaklaşım getirilmesi hedeflenmiştir. Örnek yapıya ait yıllık ısıtma-soğutma enerjisi ihtiyaçları

Design Builder Enerji Simülasyon Programı yardımıyla hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlar tablo ve grafikler yardımıyla değerlendirilmiştir.



2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Sürdürülebilirlik Kavramı ve Enerji Verimliliği

Mimaride sürdürülebilirlik, insan sağlığı ve ekolojik dengeye duyarlı bir kavramdır. Ekolojik dengeye duyarlılık, yapıların daha az enerji tüketmesi, geri dönüşümü olan malzemelerin kullanımı, doğal enerji kaynaklarından olabildiğince faydalanılması, yıkımından sonra da diğer yapılar için kaynak, ya da doğaya zarar vermesini engelleyecek şekilde atık oluşturması gibi çözümler ile olabilmektedir.

Tüm yapı malzemelerinin sürdürülebilirlik ilkesi doğrultusunda tasarlanması ve uygulanması, doğaya verilen zararın minimize edilmesi için bir gereklilik olarak görünmektedir. Sürdürülebilir mimarlığın ilkeleri arasında kullanıcı sağlığının korunması ve konforunun artırılması da bulunmaktadır (Gür 2007).

Sürdürülebilir mimari kavramı, ‘insan ve doğa ilişkisini gözeterik, iklimsel ve topografik verileri vazgeçilmez ilk koşul olarak kabul eden ve kaynakları tutumlu kullanmaya gayret gösteren’ bir yaklaşım olarak açıklanmaktadır (Özkeresteci 2001).

Sürdürülebilirlik kavramı üzerine oluşturulmuş başlıca görüşler şöyledir;

‘Çevreyle ile uyumlu bu tasarım felsefesinin uygulama yelpazesi, günlük kullanılan küçük nesnelerin oluşturduğu mikro-kozmostan, yapılar, şehirler ve dünyanın fiziksel yüzeyinin oluşturduğu makro-kozmosa kadar uzanmaktadır. Sürdürülebilir tasarım, yetenekli ve hassas tasarımı kullanarak, tasarımın çevreye verdiği olumsuz etkilerin tümüyle engellenmesini amaçlar’ (Mc Lennan 2004).

‘Sürdürülebilir tasarım; mimari tasarımın bir eklentisi veya bütünleyicisi değildir, tamamen farklı bir tasarım sürecini ifade etmektedir. Bu süreç, tasarım ekibi, mimarlar, mühendisler ve müşterinin tüm proje aşamalarında yakın işbirliği ve koordinasyonunu gerektirmektedir ki; arsa seçimi, tasarım biçimlendirmesi, malzeme seçimi, tedarik ve uygulamalar buna dâhildir’ (Yan ve Plainiotis 2006).

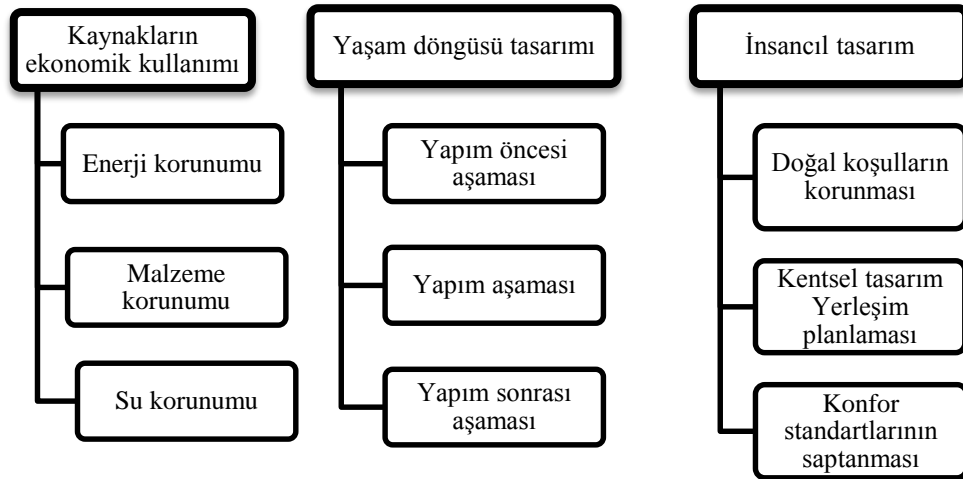
‘Sürdürülebilir tasarım; küresel çevresel krizlere, hızlı artan ekonomik aktivitelere, nüfus artışına, doğal kaynakların ve eko-sistemin yaşamsal tür zenginlikleri ile beraber yok oluşuna karşı oluşan bir tepkidir’ (Yang ve ark. 2004, Bilge 2007).

Sürdürülebilir mimarlık, kullanıcılarına güvenli ve konforlu mekânlar sunarken; doğal kaynakların kullanımını minimuma indirerek çevreye saygı gösteren bina tasarımını tanımlar (Canan 2003). Sürdürülebilir gelişmeye mimarın katkısı; sürdürülebilir binalar tasarlamak, inşa etmek, yapımın her aşamasında sürdürülebilirliğin esaslarına uyumu takip etmek ve kullanım sonunda da süreci devam ettirmekle sonuçlanacaktır (Lakot 2007).

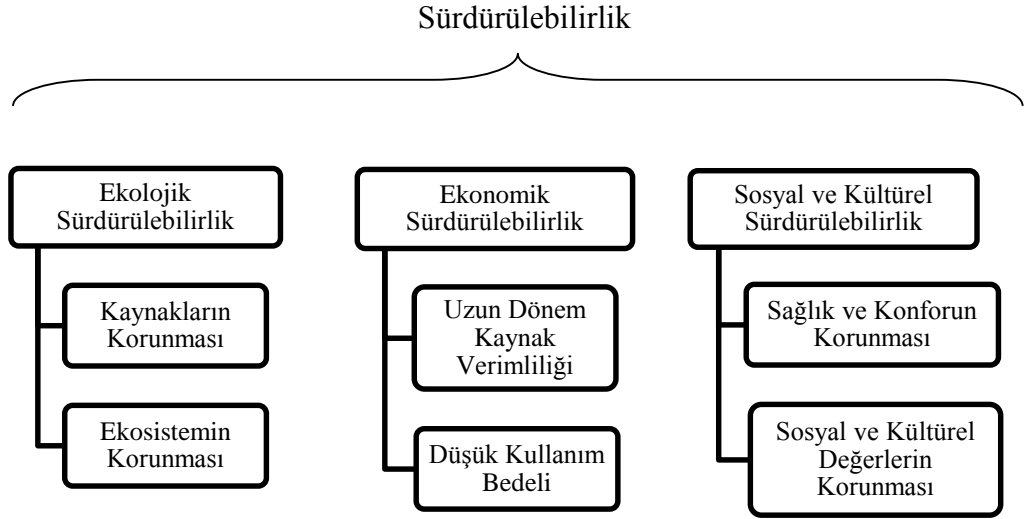
Kim ve Rigdon; Sürdürülebilirlik kavramını, mimarlık bağlamında üç ana prensiple açıklamaktadır. Bunlar kaynakların ekonomik tüketilmesi, yaşam döngüsü ve insancıl tasarımıdır (1998). Kaynakların korunması; azaltma, yeniden kullanma ve geri dönüşüm (reduce, reuse, recycle), yaşam döngüsü; yapının var olma sürecini ve çevreye olan etkilerini analiz edebilmesi, insancıl tasarım ilkesi ise; insanlar ve doğal çevre arasındaki ilişkileri sorgulayan tüm prensipleri kapsar (Soysal 2007).

Benzer bir yaklaşım olarak Kohler (1999), sürdürülebilir yapının ekolojik, ekonomik, sosyal ve kültürel sürdürülebilirlik boyutlarıyla açıklanması gerektiğini, bu boyutların sürdürülebilir binanın tasarım ilkeleri olduğunu ifade etmektedir.

Şekil 2.1’de Kim ve Rigdon’a göre sürdürülebilir bir binanın ilke ve stratejileri ifade edilmektedir. Şekil 2.2’de Kohler’e göre mimari tasarım ilke ve stratejileri açıklanmaktadır.



Şekil 2.1.Kim ve Rigdon’a (1998) göre mimaride sürdürülebilir tasarım ilkeleri



Şekil 2.2. Kohler'e (1999) göre mimaride sürdürülebilir tasarım

Tarihin ilk yaşama birimi örnekleri incelendiğinde sürdürülebilir mimarlık uygulamalarının geçmişe dayandığı görülmektedir. İlk yaşama birimi örnekleri doğa ile mükemmel uyum göstermektedir. Örneğin, Sokrates cephesi güneye bakan evlerde kış güneşinin içeriye alınabildiğini, fakat yazın güneşin çatıların üzerinden geçerek evin gölgede kaldığını söylemiş ve bu durumda kış güneşini alabilmek için güney cephesinin yüksek, soğuk rüzgârlardan korunabilmek için de kuzey cephesinin alçak yapılmasını önermiştir. Aynı şekilde Vitruvius, M.Ö. 25 yılında yazdığı *De Architectura*'da özel konut tasarımlarının doğru olması için başlangıç aşamasında, konumlanacakları ülke ve iklim özelliklerini tasarım aşamasında dikkate alınmasını gerektiğini savunmuştur. Bu örneklerle birlikte tarihsel süreç içinde yeterli kalınlıkta ısı yalıtımı sağlayan, nefes alan ve az enerji ile üretilebilen yerel ve doğal yapı malzemelerinin kullanımının tercih edildiği görülmektedir (Cook 2001).

Sürdürülebilir gelişme kavramı olarak ilk kez; Dünya Çevre ve Gelişme Komisyonu (WCED) tarafından, 1987 yılında Norveç Başbakanı Gro Harlem Brundtland tarafından yönetilen toplantı sonrası yayımlanan 'Ortak Geleceğimiz' (Our Common Future) başlıklı raporda kullanılmıştır (Lakot 2007).

'Brundtland Raporu' olarak da bilinen, Çevre ve Kalkınma Komisyonu raporunda söz edilen kavramın kısa tanımı, ekonomik hayatla çevrenin uyumlu entegrasyonu olarak özetlenmektedir. Brundtland raporunda, sürdürülebilir kalkınma 'günümüz gereksinimlerini, gelecek kuşakların ihtiyaçlarının karşılama olanaklarından fedakârlık

yapılmaksızın, karşılanabilmesi süreci' olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımdaki en önemli unsur kuşaklar arası eşitliğin öneminin ifade edilmesidir (Gönel 2002, Alyanak 2012).

16 Eylül 1987 tarihinde Kanada'nın Montreal kentinde imzalanan ve sonrasında yedi revizyon geçiren 'Montreal Protokolü' 196 ülke ve Avrupa Birliği tarafından tanınmıştır. Ozon tabakasının delinmesine neden olan CFC gazını çıkartan tüm ürünlerin kaldırılıp, yerlerine ozon dostu ürünlerin kullanılmasını sağlayan protokole Türkiye 19 Aralık 1991 yılında dahil olmuştur (Alyanak 2012).

1992 yılında Brezilya'nın Rio kentinde düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma (Rio) Konferansı sonucunda; Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC); Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (UNCBD); Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi (UNFCCC) için müzakere kararı alınmıştır. Rio Konferansı sonucunda Gündem 21 Eylem Planı ve Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu oluşturulması kararı da alınmıştır. Rio Konferansı'nın sonucunda yayımlanan Rio Bildirgesi çerçevesinde:

- Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar (İlke 7),
 - Kamuoyu bilgilendirilmesi ve katılımı (İlke 10),
 - İhtiyatlılık prensibi (precaution) (İlke 15),
 - Kirleten öder ilkesi (İlke 16),
 - Çevresel etki değerlendirmesi (İlke 17),
 - Devletlerin sürdürülebilir kalkınması için uluslararası hukukun geliştirilmesi (İlke 27),
- konusunda işbirliği yapılması öngörülmüştür.

2002 yılında, Güney Afrika'nın Johannesburg kentinde Sürdürülebilir Kalkınma Dünya Zirvesi düzenlenmiştir. temel konu olarak yoksulluğun azaltılması ve sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilmesi ele alınmıştır. Zirve sonucunda; sürdürülebilir kalkınmanın üç (3) temel sütununun belirtildiği bir Siyasi Bildirge yayımlanmıştır. Bu üç (3) sütun; ekonomik gelişme, sosyal gelişme ve çevrenin korunması olarak belirlenmiştir. Sürdürülebilir Kalkınma Dünya Zirvesi'nin sonucunda Johannesburg Uygulama Planı kabul edilmiştir.

Türkiye küresel iklim değişikliği ile mücadele konusundaki en önemli yasal düzenlemeler; Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)' ye

2004, Kyoto Protokolü (KP)'ne ise 2009 yılında dahil olmuştur. Kyoto Protokolü, içerdiği esneklik mekanizmalarıyla bir yandan küresel sera gazı emisyonlarının azaltılmasını hedeflerken, diğer yandan teknoloji transferini ve küresel sermaye hareketlerini tetiklemekte ve dolayısıyla başta yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere birçok alanda yeni istihdam olanakları sağlamaktadır. Bununla birlikte, 2012 yılının sonunda Kyoto Protokolü'nün uygulama dönemi sona ermektedir (Alyanak 2012). KP'ne göre OECD, AB ve eski sosyalist Doğu Avrupa ülkeleri, KP'de listelenen sera gazlarını 2008-2012 döneminde 1990 düzeylerinin en az % 5 altına indirmekle yükümlüdür. Bazı taraflar, bu ilk yükümlülük döneminde sera gazı salımlarını arttırma ayrıcalığı alırken (örneğin, Avustralya % 8 arttırabilecek), Yeni Zelanda, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'nın sera gazı salımlarında 1990 düzeylerine göre herhangi bir değişiklik olmayacaktır. AB, hem birlik olarak hem de üye ülkeler açısından % 8'lik bir azaltma yükümlülüğü almıştır. ABD'nin salım azaltma yükümlülüğü ise % 7'dir (Türkeş 2006, Alyanak 2012). Şekil 2.3'de Dünya'nın enerji tüketimi oranları gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Dünyanın enerji tüketim haritası (Enerdata 2010)

2012 sonrasına ilişkin uluslararası rejimin oluşturulmasına yönelik olarak 2007 yılında gerçekleştirilen 13. Taraflar Konferansı'nda BMİDÇS' ye taraf ülkelerce Bali Eylem Planı kabul edilmiştir. Taraflar iklim değişikliği ile mücadelenin, önemli fırsatlar getiren, sürekli yüksek gelişme ve sürdürülebilir kalkınmayı sağlayan düşük karbonlu toplumun gerekliliğini kabul etmişlerdir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2011).

2015 yılı Aralık ayında Paris'te 195 ülke temsilcisinin katıldığı İklim Değişikliği Zirvesi gerçekleşmiştir. Görüşmelere başkanlık eden Fransa Dışişleri Bakanı Laurent Fabius, düzenlenen oylamanın ardından Paris Anlaşması'nın 195 ülkenin desteği ile oy birliği ile kabul edildiğini bildirmiştir.

Sera gazlarını azaltmayı, kömür, petrol ve doğalgazdan uzaklaşmayı öngören bir anlaşma gerçekleşmiştir. Anlaşma uyarınca küresel ortalama sıcaklık artış limitinin 1,5 ile 2 derece arasında sınırlandırılması konusunda uzlaşma sağlanmıştır.

Anlaşma metni, sera gazları emisyonunun düşürülmesi ile ilgili olarak ulusal düzeydeki planların beş yılda bir gözden geçirilmesini öngörmektedir. Metnin son hali üzerinde varılan anlaşma sonrasında imza töreninin 2016 yılı başında BM Genel Sekreterliği'nde yapılması beklenmektedir (http://enerjigunlugu.net/paris-2015-iklim-zirvesinin-ipuclari-10426.html#.VogOG_mLTIU, 2013).

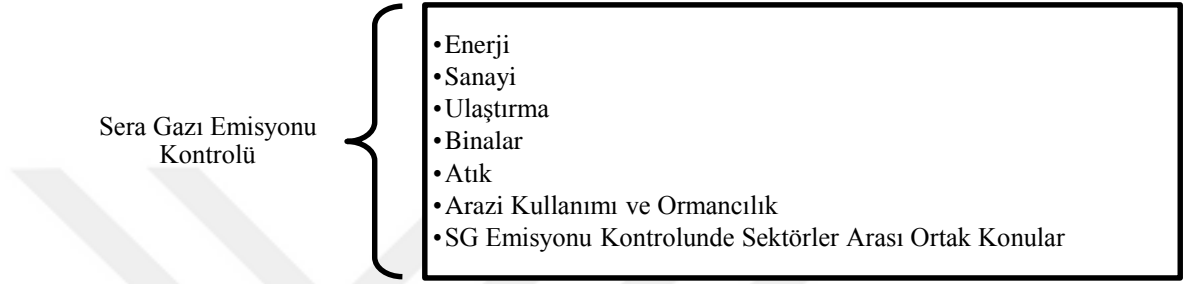
Yapılar, enerji verimliliğinin artırılması sebebiyle, iklim değişikliğine yönelik programlarda öncelikli çalışma alanı olarak değerlendirilmektedir (Keskin 2010). İklim değişikliğine karşı uluslararası ve ulusal birçok yasal önlem alınmaktadır. Bu önlemler içersinde sürdürülebilir mimarlık ve enerji verimliliği çok önemli bir yere sahip iki konudur (Berberoğlu 2009). Küresel ölçekte çağın en önemli sorunu olan küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının % 50'si hava kirliliğinin, % 24'ü CFC ve HFC emisyonlarının, % 50'si de yapı ile ilişkili faaliyetlerden oluşmaktadır (Canan 2008).

Şekil 2.4'de, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında ilgili sektörlerde öncelikli olarak yapılması gereken çalışmaları ve iklim değişikliğine uyuma yönelik önlemleri tanımlanmaktadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2011, Alyanak 2012).

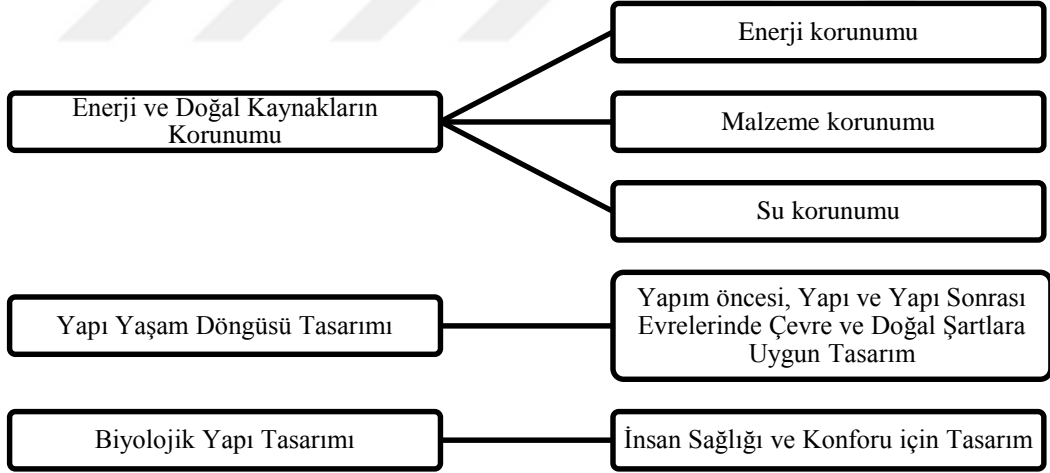
Sürdürülebilir mimarlık bağlamında, çevresel sorulara üç ana ilke altında çözüm önerileri geliştirmektedir. Bu üç ilke, enerji, malzeme ve su korunumu ile ilgili sorunlara çözüm yöntemleri geliştiren 'enerji ve doğal kaynakların korunumu'; yapı öncesi, yapı ve yapı sonrası evrelerinde karşılaşılan çevresel sorunlara çözüm yöntemleri geliştirilen 'yapı yaşam döngüsü tasarımı', insan sağlığı ve konforu sorunlarına çözüm yöntemleri geliştiren "biyolojik yapı tasarımı" ilkeleridir (Şekil 2.5).

Enerji ve doğal kaynakların korunumu ilkesinin amacı, yapının tasarım ve uygulama aşamalarında yenilenemeyen kaynakların kullanımını azaltmak, kullanım aşamasında ise korunumunu sağlamak şeklinde özetlenebilir.

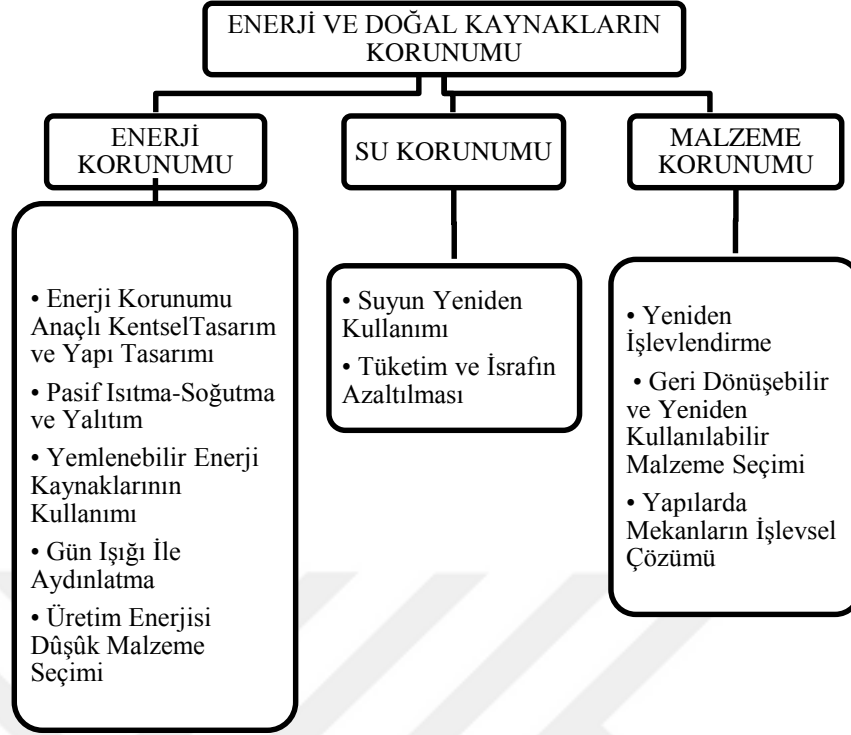
Enerji ve doğal kaynakların korunumu ilkesi, enerji korunumu, su korunumu ve malzeme korunumu başlıkları altında incelenmektedir. Şekil 2.6'da enerji ve doğal kaynakların korunumuna ait uygulama stratejileri gösterilmektedir.



Şekil 2.4. İklim değişikliği ulusal eylem planı yapısı



Şekil 2.5. Sürdürülebilir Mimarlık İlke ve Kapsamları



Şekil 2.6 Enerji ve Doğal Kaynakların Korunumu İlkesi Uygulama Stratejileri

Yapıda tüketilen enerjinin çevresel etkisi yapının üretim aşamasında, yapı alanı aktiviteleri, enerji kaynaklarının doğadan elde edilmesi ve üretim süreçleri; kullanım aşamasında ise, ısıtma, soğutma, aydınlatma ve çeşitli donatımların işletim süreçleri sonucunda ortaya çıkmaktadır (Tuğlu Karşlı 2008)

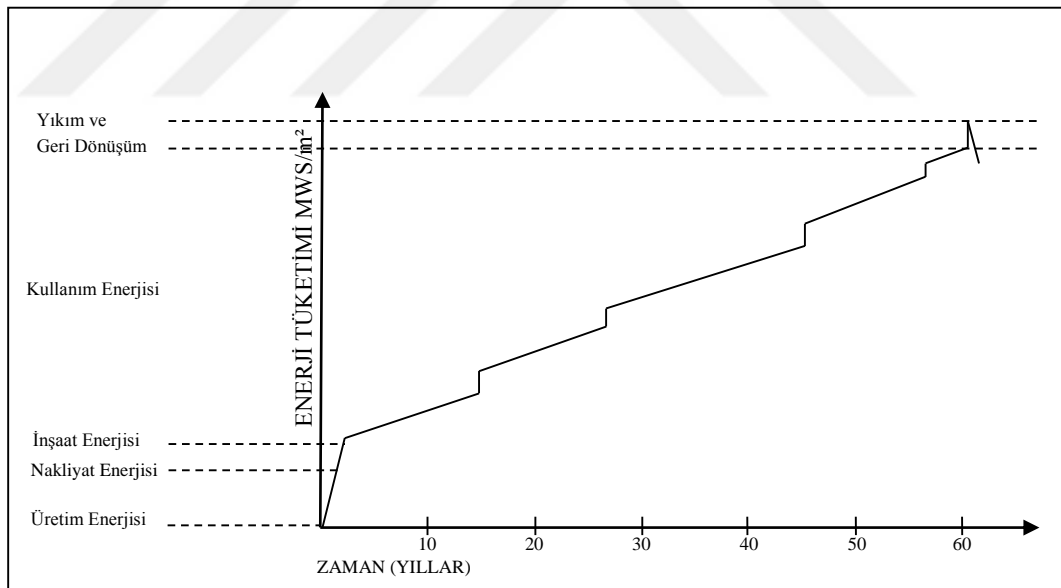
Enerji Korunumu; yapıların üretim ve işletimleri sırasında kullanılan yenilenemeyen enerji kaynaklarının miktarını azaltmak ve enerjinin tutumlu kullanımının sağlanmasıdır (Baysan 2003).

Diğer bir söylemle, sürdürülebilir tasarımın en önemli kriterlerinden biri olan sınırlı kaynakların ve enerjinin verimli kullanımı, bir iş için harcanacak enerjiyi en aza indirme çabalarının yanında harcanan enerjiden en üst seviyede kazanç sağlama çabasını kapsar. Çevre sistemlerinin korunması bağlamında kullanılan enerjinin türü de önemlidir. Rezervleri tükenmekte olan ve çevreye atık gaz ve ısı bırakan fosil yakıtların yerine, doğal enerji kaynaklarından yararlanılması öncelikli olmalıdır (Tönük 2003).

Sürdürülebilir mimarlık çerçevesinde yapıda enerji kullanımı kararları ile ilgili dikkate alınması gereken iki önemli nokta enerjinin yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesi ve etkin kullanımının sağlanmasıdır. Günümüzde yapılarda kullanılan enerji genellikle, fosil

yakıtlar, su türbinleri ya da nükleer fisyonla elde edilen elektrik enerjisidir. Burada sözü edilen fosil yakıtlardan elektrik enerjisi elde etme sürecinde atmosfere büyük oranlarda karbon ve sülfürdioksit salınmaktadır. Tüm bu enerji kaynaklarının aksine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması çevrede kirlilik yaratmayan bir enerji formudur.

Yapıda enerji kullanımı ile ilgili parametreler sosyal, coğrafi, politik ve ekonomik faktörlere göre farklılık göstermektedir. Örneğin, bir hidroelektrik santral ve küçük çaplı yerel bir enerji santrali ile tüm enerji ihtiyacı karşılanan İsviçre’de, malzeme ve bileşenlerin yerel kaynaklardan elde edilmesi, üretim ve nakliyelerinde kullanılan enerji miktarı göz önünde bulundurularak malzeme seçimi yapılması, enerjinin etkin kullanımından daha fazla önem taşımaktadır. Bu ülkenin tersine, yüksek enerji ihtiyacı genellikle fosil yakıtlardan karşılanan Japonya’da, enerji kullanımının her alanda ve her aşamada azaltılmasına ve yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Tuğlu Karşlı 2008). Şekil 2.7’de yapının üretiminde yok oluşuna kadar enerji tüketimi miktarları grafik haline getirilmiştir.



Şekil 2.7. Yapının Yaşamı Boyunca Enerji Tüketimi (Jones 1998)

Yapı daha inşa edilmeden malzemelerinin doğadan elde edilme ve üretim süreçleriyle enerji tüketmeye başlamakta ve bu tüketim kullanılabilir yaşamının sonuna dek sürmektedir. Yapıda enerji korunumu ilkesinin uygulanabilmesi için tüketilen enerji formları ve hangi süreçler içinde kullanıldıkları tanımlanmalıdır. Bu nedenle yapının

yasam döngüsü içinde tükettiği enerji formları, üretim enerjisi, nakliyat enerjisi (gri enerji), inşaat enerjisi ve kullanım enerjisi şeklinde sınıflandırılabilir. Tüm bu enerji formları dışında yapının bakım, geri dönüşüm (onarım) ve yıkım aşamaları için de enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Enerji-etkin yapıların tüm aşamalarında enerji tüketiminin azaltılması amaçlanmaktadır (Tuğlu Karşlı 2008).

Şekil 2.7’de enerji formlarına göre, yapının ortalama yasam süresi olarak kabul edilen 60 yıllık periyot içindeki enerji tüketim miktarları incelenmiştir. En önemli enerji tüketimi miktarının kullanım enerjisine ait olduğu görülmektedir. Bu nedenle yapıya enerji sağlayan kaynakların, güneş enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklar arasından seçimi ve ısıtma, soğutma, havalandırma, iklimlendirme ve aydınlatma sistemlerinin pasif sistemler ile desteklenmesi enerji korunumu açısından en önemli adımları oluşturmaktadır. Yapıda tüketilen enerji formları ve enerji korunum önlemleri şu şekilde açıklanmaktadır:

Üretim Enerjisi:

Yapı malzemelerinin, bileşenlerinin ve sistemlerinin üretiminde kullanılan enerjidir. Yapıda kullanılan malzemelerin çevresel etkisi araştırılarak seçim yapılmakta üretim enerjisi düşük malzemeler tercih edilmelidir. Bu malzemeler; ahşap, taş, sıkıştırılmış toprak gibi ham hallerine yakın biçimde yapıda kullanılabilen malzemeler, kırık tuğla, kırık beton ve yapıda yeniden kullanılan çelik kirişler gibi geri dönüştürülmüş malzemeler ve çeşitli uygulamalardan arta kalan atık malzemeler şeklinde sayılabilir. Bu malzemelerin enerji korunumu açısından bir diğer avantajı ileri teknoloji gerektirmeyen geleneksel yapım teknikleri ile uygulanmalarıdır.

Nakliyat Enerjisi (Gri Enerji):

Yapı malzemelerinin, bileşenlerinin ve sistemlerinin, yapı alanına taşınması ve dağıtımı için kullanılan taşıma araçlarının işletimi için gerekli enerjidir. Gri enerji, yerel kaynaklardan elde edilen malzeme kullanımı ve yerel malzeme endüstrilerinin desteklenmesi ile azaltılabilir. Yapının inşa edileceği yerleşim alanına yakın yerel kaynakların olmadığı durumlarda malzeme seçiminde kaynakların nakliye uzaklıkları ve biçimleri göz önünde bulundurularak tercih yapılmalıdır.

İnşaat Enerjisi:

Yapının inşaatı için gerekli enerjidir. İnşaat enerjisi, genellikle üretim ve nakliyat enerjisine göre daha düşük değerdedir. Buna rağmen yapı alanının genel idaresi içinde işletim, sağlık ve güvenlik ölçütleri kadar önemli bir etkidir. Sürdürülebilir tasarımda, inşaat başlamadan uygulayıcılara bilinçli bir çevre poliçesi kabul ettirilmektedir.

Kullanım Enerjisi:

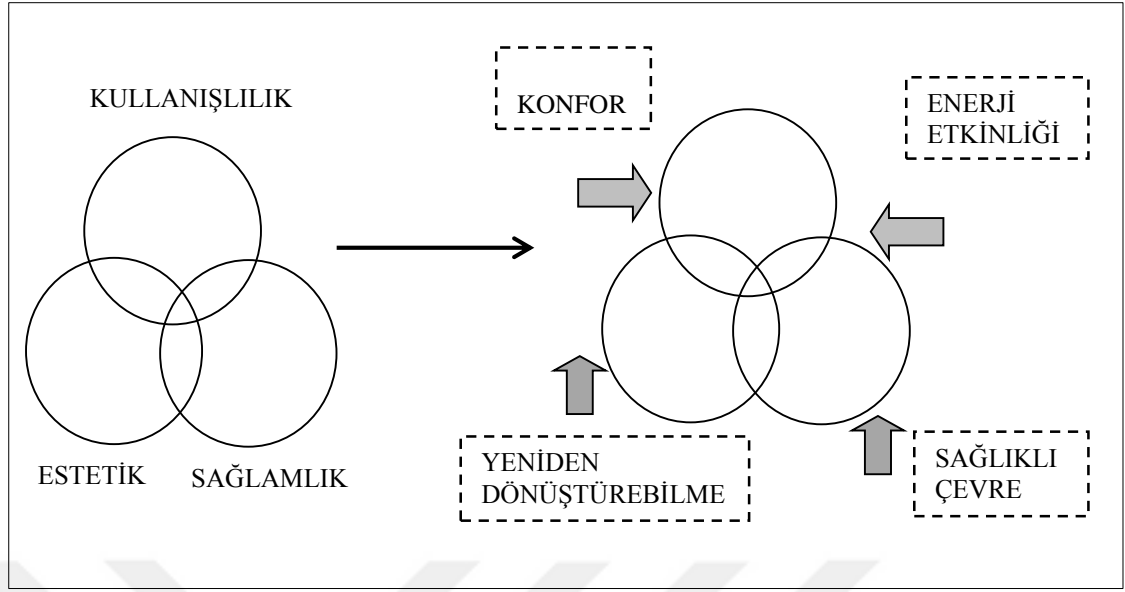
Yapının ve kullanıcılarının yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerekli araç-gereç ve donatımın işletimi için gerekli enerjidir. Yapıda kullanılan ısıtma, soğutma, havalandırma, iklimlendirme ve aydınlatma gibi enerji yükleri yüksek mekanik sistemlerde aktif ya da pasif ölçütlü tasarım önlemleri ile enerji tasarrufu sağlanabilir.

2.2. Yapıda Enerji Etkinliği

Yapılaşma ve enerji tüketimindeki artışın birbiriyle paralellik göstermekte olduğu gözlenmektedir. Bu nedenle ‘enerji’; estetik, çevresel ve ekonomik boyutları açısından mimaride sürdürülebilirlik bağlamında önemlidir.

Sürdürülebilir mimaride, doğal kaynakları tüketmeyen, gelecek kuşakların gereksinmelerini karşılayabilme olanaklarını ellerinden almayan, ekonomi ve ekosistem arasındaki dengeyi koruyan, ekolojik açıdan sürdürülebilir nitelikte olan ekonomik kalkınma amaçlanmaktadır. Çevresel sorunların temelinde, ekolojik ilkelere uygun olmayan enerji kullanımının yatmakta olduğu artık kabul edilmiş bir gerçektir. Bu nedenle bina ve kent ölçeğinde, ekolojik değerleri dengede tutan bir enerji sisteminin geliştirilmesi gerekmektedir. Mimarlıkta 1970’li yıllardan bu yana sürdürülebilirlik ile doğrudan ilişkili, ekolojist, yeşilci ya da çevre bilinçli olarak tanımlanacak mimari yönelimler ortaya çıkmıştır (Özdemir 2005)(Şekil 2.8).

Günümüzde sürdürülebilir tasarımın etkisi, hızla artan küresel yıkımın etkilerini hafifletmek konumundadır. Kaynak kullanımı giderek artmakta ve küresel dengeler sürekli değişmektedir. Kaynaklar ile kullanım arasındaki “dengeyi kurabilmek” yok olmakta olan dünya kaynakları için olabilecek en olumlu yönelimlerden biridir. Burada sürdürülebilirlik kavramı bir çözüm yolu haline gelmektedir (Gür 2007).



Şekil 2.8. Vitruvius'a göre mimarlık ve günümüzdeki mimarlığın tanımı

Sürdürülebilirlik bağlamında enerji korunumu ilkesinin tanımı, amacı ve uygulanması için yapıda alınabilecek önlemler, kentsel tasarım ölçeğinden yapı malzemesi ölçeğine dek yapı ile ilgili tasarım prensipleri belirtilerek aşağıda incelenmiştir (Tuğlu 2008):

Enerji Korunumu Amaçlı Kentsel Tasarım; kentsel çevrenin enerji-etkin tasarımı, otomobil kullanımı yerine toplu taşıma vasıtalarını özendirici ve yaya yollarını destekleyici şekilde olmalıdır. Bunların yanında karışık kullanımlı gelişim modeli benimsenmekte; konut, ticaret ve çalışma alanları birbirine yakın çözülmektedir. Kentsel tasarım projeleri mevcut kentlerin güncel ihtiyaçlara uygun olarak yeniden geliştirilmesini ve eski yapıların yeniden kullanımını desteklemektedir.

Enerji Korunumu Amaçlı Yapı Tasarımı; yapının inşa edileceği alanın mevcut doğal kaynaklarından yararlanmak, enerji korunumu açısından önemlidir. Ilıman iklimlerde güney cephelerine yönelim pasif solar ısıtmayı desteklemekte; yazın ağaçlar sayesinde gölgeleme, kışın ısı kazanımı sağlanmaktadır. Yapının kuzey cephesinde yer alan yeşil ağaçlar, kışın rüzgâr ve soğuktan korunma sağlamaktadır. Yapılar, yazın doğal serinlik sağlamak amacıyla su kenarında konumlandırılabilir. Bu tasarım stratejileri 2.4.'de Enerji Etkin Tasarım Ölçütleri başlığı altında ayrıntılı olarak incelenecektir.

Pasif Isıtma, Soğutma ve Yalıtım; yapı yüzeylerinde toplanan güneş ışınları yapıdaki en önemli enerji girdilerinden biridir. Bu ışınım mekânda ısı, ışık ve fotosentez için

gerekli ultraviyole ışınlarını sağlamaktadır. Bununla birlikte yüksek performanslı pencereler ve duvar yalıtımı, ısı kazanımı ve kaybını aynı anda sağlayabilmektedir. Isı transferinin azaltılması yapının ısıtma ve soğutma yüklerini azaltmakta ve enerji korunumu sağlamaktadır. Isıtma ve soğutma yüklerindeki azalma mekanik iklimlendirme için harcanan enerji miktarını da azaltmaktadır (Çelebi 2003).

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımında; yeryüzünde kullanılmakta olan tüm yenilenebilir enerjilerin kaynağı güneşten gelmektedir. Hava tabakalarının farklı sıcaklıklarda ısınıyor olması rüzgârı oluşturur. ‘Biyogaz’ olarak bilinen metan gazı, yeşil bitkilerin güneş ışığı sayesinde depoladıkları CO₂ sonucudur.

Barajları dolduran akarsu ve yağmur da güneş kaynaklıdır. Bu durumda yenilenebilir enerji kaynakları güneş, su ve rüzgâr enerjisi, biyoenerji ve jeotermal enerji olarak sıralanabilir (Tönük 2003).

Yapılarda güneş enerjisinin kullanımı; güneş kolektörleri, güneş duvarları ve güneş pilleri gibi teknik donatım elemanları vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir.

Güneş kolektörleri güneş enerjisini toplayan ve borulardaki suya ısı olarak aktaran çeşitli biçimlerdedir. Sıcak su elde edilmesinde kullanılmaktadır. Güneş duvarları ise bir yapının dış duvarına, hava girecek kadar boşlukla monte edilen plakanın güneş ışınlarını emmesiyle içindeki havayı ısıtması ve bir fan aracılığıyla sıcak havanın iç mekâna çekilmesi sistemidir. Güneş pilleri (fotovoltaik piller), güneş enerjisini doğru akım olarak elektrik enerjisine dönüştüren, yakıtı güneş ışığı olan, hareketli parçaları olmayan ve çevreye zararlı atıklar vermeyen üretim sistemleridir (Tuğlu 2005).

Su enerjisini kullanmak için baraj oluşturarak hidroelektrik santrali kurulabileceği gibi, 200-300 kW/h gücünde elektrik sağlayan “mikro hidroelektrik santrali” de kullanılabilir. Özellikle debi yönünden yeterli bir akarsuyun olduğu yerde bu sistemle sürekli elektrik elde etmek mümkündür.

Biyoenerji, ağaç, mısır, fındık gibi bitkiler ile gübre ve kentsel atıkların değişik teknolojilerle tabii tutularak içlerindeki karbon ve hidrojenin enerjisinin açığa çıkarılması ve kullanımı prensibine dayanan bir enerji elde etme yöntemidir.

Rüzgâr enerjisi, rüzgâr kanatları kullanılarak mekanik enerjiye çevrilebilmektedir. Rüzgâr kanadının taradığı alanın metrekaresi başına ortalama 100 Watt güç elde edilmektedir. Rüzgâr jeneratörünün üreteceği elektrik gücü rüzgâr hızıyla orantılıdır. Sistem akülerle desteklenir ve enerji (rüzgâr) hiç olmasa da akülerden elektrik alınabilmektedir (Dağsöz 1978).

Jeotermal enerji, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde biriken ısınn oluşturduğu, sıcaklığı sürekli 200 °C den fazla olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yer üstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcaklık su ve buhar olarak tanımlanabilmektedir. Bu sıcak akışkan, kırıklar aracılığı ile yeryüzüne ulaşarak termal kaynakları oluşturur; ya da sondajlarla çıkartılarak ekonomik kullanıma dönüştürülür. Jeotermal enerji yenilenebilir, sürdürülebilir, ucuz ve çevre dostu bir enerji türüdür.

Gün Işığı ile Aydınlatmada; yapı tasarımında doğal ışığın kullanımı ve artırılması önlemleri, aydınlatma yüklerini ve soğutma sistemlerinin enerji tüketim miktarını azaltmaktadır. Doğal aydınlatma sistemlerinin genel işleyiş prensibi, kullanım mekânının aydınlatma gereksinimine cevap vermek üzere, yapı kabuğu veya iç mekâna yerleştirilen çeşitli gereçler aracılığı ile gün ışığının optik özelliklerinden yararlanılmasıdır. Söz konusu optik özellikler sistemde bulunan elemanlar aracılığı ile ışık ışınlarının yansımaları, kırılması, yutulması veya kırılıp yansiyarak geçmesidir. Gün ışığını yapıya alan bu sistemler; ışık rafları, prizmatik paneller, ışık yönlendirici camlar, holografik optik elemanlar, anidolik sistemler, ışın taşıyıcı sistemler şeklinde sayılabilmektedir.

Üretim Enerjisi Düşük Malzeme Seçiminde; doğadan elde edilme, üretim ve fabrikasyonları için gerekli enerji miktarı düşük, yerel kaynaklardan elde edilebilen, bakım ve onarımında az enerji gerektiren malzemelerin seçimi ve kullanımı esastır. Çizelge 2.1' de, çelik, alüminyum ve plastik üretiminde yüksek bir enerji kullanımı söz konusuysen ahşap, kerpiç, taş gibi doğal malzemelerde daha düşük olduğu görülmektedir. Bu ilkeler sürdürülebilir tasarımın enerji kaynakları ve enerji kullanımıyla da iç içe olduğu açıkça görülmektedir (Tuğlu Karşı 2008).

Çizelge 2.1. Bazı Yapı Malzemelerinin Üretim Enerjileri (Tuğlu Karlı 2008)

Malzeme	Enerji (kWK m ³)
Ahşap	5
Granit	10
Perlit	28
Cam Köpük	32
Beton	45
Cam	60
Plastik	120-150
Dolu tuğla	140
Alüminyum	350
Çelik	550

Enerji etkin bina tasarımında başlıca üç aşamadan söz edilebilir:

Birinci aşama; enerji tasarrufu hedeflemekte olup, kışın ısıtma, yazın soğutma yükünü minimize edecek, doğal havalandırma aydınlatma etkinliğini artıracak şekilde tasarım yapılmasıdır. Bu adımda alınan her tasarım kararı, ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma gibi unsurların sistem boyutlarını ve harcanacak enerjiyi direk etkilemektedir (Çakmanus 2003, Lakot 2007).

İkinci aşama; bina tipi ve çevreye en uygun pasif ısıtma, mekanik soğutma, havalandırma, doğal aydınlatma tekniklerinin uygulanması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının sağlanmasıdır. İlk aşamada doğru bir biçimde tasarıma aktarılan enerji korunumuna ilişkin kararlar, enerji yüklerini ciddi biçimde azaltmaktadır.

Geriye kalan yükler ikinci aşamada oluşan ısı kaynak ve yutucularından optimum yarar sağlanması, yani ‘zararlı etkiler minimize edilirken yararlı etkilerin maksimize edilmesi’ anlamındaki pasif iklimlendirme teknikleri ile biraz daha hafifletilmiş ve kabuk performansına duyarlı olan yapılardır (Çakmanus 2003, Lakot 2007).

Üçüncü aşama; ilk iki aşamadaki tasarım kararlarından artan yükler, mekanik tesisat sistemleri ile karşılanması gereken (aktif) iklimlendirme yükleridir. İç ortam konfor koşullarının işlevi gereği veya kullanıcıların tercihi sonucu, yüksek düzeyde konfor beklentisi olan ve doğal çevre girdilerinden yararlanılamayan (örneğin nemlendirme

ihtiyacı, gürültü, hava kirliliği vb. nedeniyle doğal havalandırma yapılamayan) koşullarda, mekanik sistemler ile konfor sağlanması önemli bir rol oynamaktadır (Çakmanus, 2004).

Enerji etkinliğini sağlama yöntemlerini ise şu şekilde özetlemek mümkündür:

(<http://www.cecer.army.mil/SustDesign/Discussion.cfm> 2006)

- Enerjinin kullanımında verimli işletme ve bakımın teşvik edilmesi
- Enerjinin verimli kullanıldığı yapıların yayımlanması/pazarlanması/ödüllendirilmesi
- İyi tasarım ve işletmelerin ödüllendirilmesi
- En verimli tasarım için yarışmaların yapılması. Kazanan tasarımın özelliklerinin yayımlanması
- Tasarımcıların işbirliğinin artırılması
- Bina sahibi ve kullanıcılardan tasarımcıya performans geri beslemesi sağlanması
- Kullanıcılarla daha fazla koordinasyon
- Mimar, elektrik mühendisi ve makine mühendisi arasında daha fazla koordinasyon
- Isıtmada güneşten yararlanma
- Kullanılmış havadan ısının geri kazanımı
- Enerjiyi verimli ve tutumlu kullanan donanım
- Aydınlatmada gün ışığı kullanımı
- İç mekânlara ışık sağlamak üzere çatı feneri, ışık tüpü kullanımı
- Ofis kullanıcılarının kontrol edebildiği ışıklandırma
- Işıklandırma için kullanıcı sensörleri
- Pencereye olan uzaklığa göre bölgesel ışıklandırma
- Pasif güneş tasarımı
- Isıtma ve tasarımı
- Gerekli cephelerde güneş kontrol elemanı kullanımı
- Binaların/pencerelerin yönlendirilmesinde hâkim rüzgarın dikkate alınarak doğal havalandırma imkanından yararlanma
- Isı depolama
- Aktif güneş ısıtması ve tasarımı
- PV (fotovoltaik paneller)

- Rüzgâr enerjisinden güç üretilmesi
- Havayı ısıtmak için vantilatör destekli tromb duvarı kullanımı
- Isının bina içinde tutulması için gece kepenkleri/ısı tutucu perdeler
- Güney cephesinde güneş ısısından yararlanma
- Elektro kromik cam ve Low-e cam
- Pencere gölgeleme elemanları (Gür 2007)

2.3. Yapıların Enerji Etkinliğini Ölçen Yöntemler

Enerji etkinliği kavramına yapı tasarımında verilen önemin artmasıyla birlikte, yapının enerji etkinliğini ölçen sertifika sistemleri ve hesaplamaların daha hızlı ve doğru şekilde yapılmasını sağlayacak simülasyon programları oluşturulmuştur.

Bu bölümde enerji etkinliğini ölçen ulusal ve uluslararası sertifika sistemleri ile enerji etkinliğini hesaplayan enerji simülasyon programları açıklanmaktadır.

2.3.1.Sertifika Sistemleri

Sertifika programları, yapı sektöründe rolü olan kişi ve kuruluşların dikkatini çevresel sorunlara çekmekle kalmayıp, sektörün çevre üzerindeki yıkıcı etkilerini önlemede önemli adımlar atılmasını sağlamaktadır. Kriterlere dayalı değerlendirme ve sertifika programları; yapıları daha geniş kapsamlı ve objektif değerlendirmeye tabi tutması, kolay uygulanabilmeleri ve sonuçların kolay anlaşılır olması açısından ön plana çıkmaktadır.

2.3.1.1.Uluslararası Sertifika Sistemleri

Bugün World Green Building Council (Dünya Yeşil Bina Konseyi – WGBC) üyesi birçok ülkenin, büyük oranda kabul ettiği başlıca dört metot bulunmaktadır. BREEAM, LEED, Green Star ve CASBEE olarak sıralanan bu sistemlerin yanı sıra uluslararası katılımlı SBTool da çeşitli ülkelerde ulusal koşullara uyarlanarak kullanılmaya başlanmıştır (Sev 2009).

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method); İngiltere’de Yapı Araştırma Kurumu (BRE) tarafından geliştirilerek, 1990 yılında uygulamaya geçirilen *Yapı Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Metodu* (BREEAM), kriterlere dayalı değerlendirme sistemlerinin ilk örneğidir. İngiltere dışındaki ülkelerde yapılacak değerlendirmeler için; BREEAM International, (Türkiye’yi

de içine alan) , BREEAM Europe ve körfez bölgesindeki ülkeler için BREEAM Gulf geliştirilmiştir (Sev,2009).

BREEAM ile (tümü yeni yapılar olmak üzere); ofisler, çekirdek aileler için eko konutlar, apartmanlar, okullar, alışveriş merkezleri, yurtlar, bakımevleri, endüstri yapıları, adalet sarayları, hastaneler ve hapishane binaları değerlendirilmekte olup, mevcut yapılar sürümü üzerinde de çalışmalar yapılmaktadır. Kesin değerlendirme öncesinde, isteğe bağlı olarak yürütülecek bir ön değerlendirme yapılır.

Asıl sertifikasyon süreci ise detaylı ve kapsamlı bir çalışma gerektirmektedir. Bu aşama kayıt işlemleri ile gerekli belge/dokümanların tasarım ekibi tarafından tamamlanmasıyla başlar. BREEAM sertifikasyon sürecinin lisanslı bir uzman tarafından yürütülmesi zorunludur.

Proje bu uzman tarafından gözden geçirilir, BREEAM takımının bir üyesine sunulur. Değerlendirme ve puanlama çeşitli performans kategorileri altında tanımlanan kriterlere göre yapılır ve proje sağladığı her kriter için puan toplar.

Bir sonraki aşamada projenin her bir kategoride topladığı puan önceden belirlenmiş ağırlık katsayıları ile çarpılarak sonuç puanı elde edilir. BREEAM' a göre değerlendirilen bir yapının çevresel performansının belgelendirilmesi için gösterge puanlarının en az %30'unu toplaması gerekmektedir. (<http://www.breeam.com/why-breeam>)

BREEAM sertifikasyon sistemi, özellikle İngiltere dışındaki projelerde, ülkeye, bölgeye ve projeye uygun bazı yeni kurallar getirmektedir. Bu kuralların oluşumu tasarımcı ve BREEAM arasındaki uzun soluklu çalışma ile belirlenmektedir; bu nedenle sistemin kısa süreli projelere adaptasyonu zor olabilmektedir. (Sev,2009)

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design); U.S. Green Building Council (Amerikan Yeşil Binalar Konseyi) (USGBC) tarafından geliştirilmiştir.

1998 yılında uygulamaya geçirilen *Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik* (LEED) programının hedefi yapı sektöründe payı olan tüm kişi ve kuruluşların, yapıların yaşam döngüsü sürecinde oluşturdukları çevresel etkilere dikkatini çekerek, faaliyetlerini ve ürünlerini bu etkileri azaltmak doğrultusunda geliştirmeleridir (Sev ve Canbay 2009).

LEED, bina inşasında veya renovasyonunda uygulanacak belli başlı sürdürülebilir tasarım kriterleri için geliştirilmiş bir puan sistemidir. Binalar 8 ayrı yapı kategorisinden değişik puanlama ağırlığına göre 6 kategoride değerlendirilmektedir (Sev ve Canbay 2009).

Tasarım ve yapım olmak üzere, iki aşamada, yapının sağladığı kriterlere ilişkin gerekli belgeler internet ortamında sisteme yüklenir. USGBC tarafından bu belgeler incelenir ve açıklığa kavuşturulması istenen konular ya da ek doküman talepleri iletilir. Bu çalışmaların yapılıp USGBC' ye gönderilmesi ile beraber, her kriter için bir puan kazanılır. Bu puanların toplamı yapının alacağı sertifika düzeyini belirlemektedir (Sev,2009).

LEED Sertifikasını hak kazanmak için en az 40 puan almak ve inşaat öncesinde, sırasında ve sonrasında mutlaka yapılması gereken 8 adet ön koşulun da yerine getirilmesi gerekmektedir. LEED yeşil bina derecelendirme sistemi 4 seviye ile tanımlanmıştır. (<http://www.usgbc.org/certification> 2014)

SBTool; yapılar için bir çevresel değerlendirme metodunun temelini atmak üzere ilk olarak 1998 yılında, gelişmiş ülkelerin bir araya gelmesiyle oluşturulmuş bir değerlendirme aracıdır. SBTool tek başına doğrudan yapılara uygulanmayan, genel bir değerlendirme çerçevesi olup, çeşitli ülkelerin bu kalıbı alarak, ülkesel ve bölgesel koşullarına uyarlamasını öngören bir araçtır. Uluslararası kar amacı gütmeyen bir organizasyondur. Araştırma ve yönetmeliklere ve özellikle de bilginin yayılımına, binanın performansına ve değerlendirilmesine önem verilmektedir.

Uluslararası yapı endüstrisini sürdürülebilir inşaat pratiklerine yöneltme konusunda rehberlik etmeye odaklanmıştır. 16 ülkeden 23 yönetim kurulu üyesi vardır. Sekreteryası Kanada/Ottawa ve Fransa/Paris'te yer almaktadır. Şili, Çek Cumhuriyeti, İsrail, İtalya, Portekiz, İspanya ve Tayvan'da yerel bölümler mevcuttur; Polonya, Fransa, Malezya, Yunanistan ve Kanada'da yerel bölümler oluşturulmaktadır. Meksiko ve Brezilya'da birleşik organizasyonlar mevcuttur (<http://www.cevreonline.com/cevreci/yesilbinasertifika.htm>, 2014)

Uyarlama yerel kuruluş ve otoriteler ile akademik üyelerden oluşan bir ulusal takım ile yapılmaktadır. Bu takım, performans kategorilerinin ve seçilen her kriterin, o

ülkeye/bölgeye uygun ağırlık katsayılarını, bilimsel bir zemine dayalı olarak ve görüş birliğiyle belirlemektedir. İki aşamalı ağırlık katsayısı uygulamasından oluşan bu değerlendirmede, yapı performans kriterleri için -1 ve 5 arasında puan toplanır (<http://www.cevreonline.com/cevreci/yesilbinasertifika.htm>, 2014).

CASBEE (Comprehensive Assesment System for Built Environment Efficiency); Japonya Sürdürülebilir Yapı Konsorsiyumu (JSBC) ve Yeşil Bina Konseyi (JaGBC) işbirliği ile 2001’de geliştirilen *Binaların Çevresel Etkinliği için Detaylı Değerlendirme Sistemi* (CASBEE) Japonya’nın yanı sıra Asya ülkelerinin de sürdürülebilirlik esaslarını dikkate alarak hazırlanmıştır. Binanın fonksiyonuna bağlı olmaksızın; tasarım, yeni yapılar, mevcut yapılar ve yenileme aşamaları için farklı değerlendirme araçları kullanılmaktadır.

CASBEE değerlendirme süreci diğer sistemlerden oldukça farklı bir yaklaşımla yürütülmekte olup, iki esasa dayalıdır. Bunlardan ilki yapının çevresel kalitesi ve performansı (“Q” olarak ifade edilir), diğeri yapının çevresel yükleridir (“L” olarak ifade edilir). Q/L değeri yapının çevresel etkinliğini (BEE) ifade etmektedir (Sev 2009)

Diğer sistemler ile karşılaştırıldığında oldukça karmaşık bir sistem olarak görülen CASBEE, metodolojisi ve dokümantasyonlarının çoğunun Japonca olması nedeni ile Japonya dışındaki ülkelerde uygulanma olasılığı azalmaktadır (Sev 2009). “Q”; yapının; İç Mekân Çevresi (Indoor Environment), Servis Kalitesi (Service Quality) ve Arsada Dış Mekân Çevresi (Outdoor Environment on Site) kategorilerinde sağladığı puan toplamıdır. “L” değeri de; Enerji (Energy), Kaynaklar ve Malzemeler (Resources and Materials) ve Arsa Dışındaki Çevre (Off-site Environment) kategorilerinden kazandığı puanı ifade eder. Q ve L değerleri CASBEE’nin internet sitesinden temin edilen Excel çalışma tablolarına gerekli performans değerlerin girilmesi sonucunda, otomatik olarak hesaplanır. Daha sonra çevresel etkinlik değeri grafiksel olarak ifade edilir ve yapının sürdürülebilirlik düzeyi belirlenir.

Değerlendirme sonucunda yapıya C, B-, B+, A ve S olmak üzere sertifika verilmektedir. C en düşük çevresel etkinlik düzeyini, S ise en yüksek sürdürülebilirlik düzeyini ifade etmektedir (<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/methodE.htm>, 2014)

GREEN STAR; Green Building Council of Australia (Avustralya Yeşil Bina Konseyi) (GBCA) tarafından 2003 yılında geliştirilmiştir. BREEAM ile büyük benzerlik taşımaktadır.

Green Star sisteminin performans kategorilerinde, BREEAM ve LEED’de olduğu gibi, enerji, malzeme ve kaynak korunumu ile iç mekân hava kalitesinin sağlanmasına ilişkin kriterler ön plana çıkmaktadır Yapılar değerlendirme sonunda kazandıkları puana göre bir yıldızdan, altı yıldız kadar derecelendirilmekte, yapının “Yeşil Yapı” olarak nitelendirilmesi için puanların %31’ini toplayarak, dört yıldız düzeyine ulaşması gerekmektedir (Sev 2009).

İngiltere’de, ortaya konan BREEAM enerji etkinliğini ölçen sertifikasyon sistemlerinin ilkidir. Bu sistemi LEED (ABD), SBTTool (Uluslar arası), EcoProfile (Norveç), PromisE (Finlandiya), Green Mark for Buildings (Singapur), HK-BEAM ve CEPAS (Hong Kong), Green Star (Avustralya), SBAT (Güney Africa), CASBEE (Japonya) ve Environmental Status (İşveç) ve DGNB (Almanya) gibi çok sayıda metot izlemiştir (Dikmen,2011)

Çizelge 2.2 ‘de sertifika sistemlerinin değerlendirme alanı önceliklerine değinilmiştir. Değerlendirme alanlarına bakıldığında LEED için enerji ve atmosfer, BREAM için enerji, SBTOLL için çevresel yükler, CASBEE için enerji ve GREENSTAR için enerji, iç mekân kalitesi ve malzeme öne çıkmaktadır.

Dünyada en yaygın kullanılan iki sertifikasyon sistemi LEED ve BREAM dır. Bu iki sertifikasyon sistemi arasındaki en büyük farklılık denetleme yetkisidir. LEED’de denetleme yetkisi sadece USGBC’de iken, BREEAM’de bu yetki bağımsız BREEAM Denetçisi firma veya şahıslara verilmiştir. Ancak her iki sistemde de danışmanların kullanılmasına izin verilmiştir.

LEED ve BREAM sertifika sistemleri arasında değerlendirme metotlarında da farklılıklar gözlemlenmektedir. Örneğin enerji tasarrufu konusunda LEED direk olarak binanın enerji harcama potansiyelinin hesaplanmasını istemekte iken, BREEAM bunu CO₂ salınımlarına bağlamaktadır. Genel olarak yorumlandığında LEED’in bina sakinlerinin sağlığına ve konforuna biraz daha fazla önem verdiği, BREEAM’in ise daha çok binaların çevreye yaptıkları zararları en aza indirmeyi hedef aldığı söylenebilmektedir (Çizelge2.3)([http://www.cevreonline.com/cevreci/yesilbinasertifika .htm](http://www.cevreonline.com/cevreci/yesilbinasertifika.htm))

Çizelge 2.2. Uluslararası Yeşil Bina Sertifika Sistemleri Başvuru Veri Gereksinimleri

BRE ENVIRONMENTAL ASSESSMENT METHOD	BEREAM	İNGİLTERE	Bina Yönetimi %12 Sağlık ve İyi Hal %15 <u>Enerji %19</u> Su, Arazi Kullanımı ve Ekoloji %6 Ulaşım %8 Malzeme %12,5 Atıklar %7,5 Kirlilik %10 İnovasyon %10
LEADERSHIP ENVIRONMENTAL AND ENERGY DESIGN	LEED	AMERİKA	Sürdürülebilir Alanlar %20,3 Su Verimliliği %7,2 <u>Enerji ve Atmosfer %24,7</u> Malzemeler ve Kaynaklar %18,8 İç Mekân Kalitesi %21,8 Tasarımda Yenilikler %7,2
SUSTAINABLE BUILDING TOOL	SBTOOL	ASYA	Proje Planlama ve Geliştirme %7,8 <u>Enerji ve Kaynak Tüketimi %21,6</u> Çevresel yükler %25,7 İç Mekân Çevre Kalitesi %21,6 Sosyal ve ekonomik Esaslar %5,2 Kültürel Algısal Esaslar %2,6
COMPREHENSIVE ASSESSMENT SYSTEM FOR BUILDING ENVIRONMENTAL EFFICIENCY	CASBEE	JAPONYA	Çevresel Kalite ve Performans %7 İç Mekân Çevresi %18 Servis Kalitesi Dış Mekân Yapının Çevresel Yükü <u>Enerji</u> Kaynaklar ve Malzemeler Arsa Dışındaki Çevre

Çizelge 2.3. LEEDS ve BREEM Sertifika Sistemleri Değerlendirme Karşılaştırmaları

	LEED	BREAM
GENEL		
Enerji tasarrufu	✓	✓
Bina kullanım Kılavuzu Hazırlanması	✓	✓
Arazinin tekrar Kullanımı ve Rehabilite Edilmiş Arazi	✓	✓
İşletmede Atıkların geri dönüşümüne yönelik alanlar ayrılması		✓
Yeşil alan maksimizasyonu	✓	
Isı adalarının azaltılması	✓	
ELEKTRO-MEKANİK SİSTEMLER		
Sistematik devreye alma	✓	✓
Minimum aydınlatma seviyeleri		✓
Aydınlatma konfor öğeleri	✓	✓
Taze hava seviyeleri	✓	✓
Termal konfor öğeleri	✓	✓
Enerji tüketiminin gözlenmesi	✓	✓
Işık kirliliğinin azaltılması	✓	✓
Saha dışı yenilenebilir enerji kullanımının teşvik edilmesi	✓	
Yenilenebilir enerjinin saha içinde kullanılması	✓	✓
SU TASARRUFU		
Su tasarrufu sağlayan vitrikiye kullanımı	✓	✓
Sızıntı sensörleri		✓
Su tasarruflu peyzaj kullanımı	✓	
Su tüketiminin gözlenmesi	✓	✓
ÇEVRE KİRLİLİĞİ		
CO2 Salımının azaltılması hesaplamaları		✓
İnşaat sırasındaki kirliliğin engellenmesi	✓	✓
Arazinin ekolojik değerinin hesaplanması		✓
Isı taşıyıcı akışkanların ozon tabakasına etkisinin azaltılması	✓	✓
NOX emisyonun azaltılması		✓
Yalıtım malzemelerin küresel ısınmaya etkilerinin azaltılması		✓
Sel riskinin azaltılması	✓	✓
MALZEME		
Sürdürülebilir malzeme seçimi	✓	✓
Geri dönüştürülen malzeme seçimi	✓	✓
Bina iskeletinin ve kabuğunun tekrar kullanılması	✓	✓
Yöresel malzeme temini	✓	

	LEED	BREAM
İNSAN SAĞLIĞI VE FERAHI		
Akustik Performans		✓
Düşük uçucu organik bileşenli malzeme kullanımı	✓	
Gün ışığı uygulamaları ve kamaşmayı önleyici uygulamalar	✓	✓
Yüksek frekanslı aydınlatma		✓
İç mekânda hava kirliliğinin önlenmesi	✓	✓

Dünya genelinde yapılan çalışmalar devam ederken ülkemizde de enerji etkinliği konusunda bilinç her geçen gün artmaktadır.

Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK), Dünya Yeşil Binalar Konseyi (WGBC: World Green Building Council) altında 2007 senesinde ülkemizde kurulmuş bir sivil toplum kuruluşudur. WGBC çatısı altında Türkiye’yi temsil eden tek kurumdur. Konseyler, tam konsey olma sürecinde 4 aşamalı WGBC üyeliğinden geçerler: “associated” (bağlı olan), “prospective” (beklenen, potansiyel), “emerging” (gelişmekte olan) ve “established” (tam). ÇEDBİK, bu aşamaların üçüncüsü olan “emerging” statüsüne Eylül 2009’da kavuşmuştur.

Ülkemizde enerji etkinliği konusunda önemli bir boşluğu doldurmak için yerel koşullara uygun, Türkçe ve Türkiye’de uygulanmakta olan standartlara referans verecek bir ulusal değerlendirme sistemini oluşturmak üzere yola çıkılmıştır.

Ulusal Yeşil Konut Sertifikasının amacı; sağlıklı toplumlar, yaşanabilir bir çevre ve gelişmiş bir ekonomi yaratmaktır.

Burada Avrupa Birliği’nin üzerinde çalıştığı 17 partnerle Avrupa Birliği sertifikası göz önüne alınmıştır. LEED, BREEAM, DGNB, CASBEE, VERDE vb. uluslararası sertifika sistemleri incelenmiş ve bir kılavuz, 8 başlık ve 49 konu altında sertifika sistemi oluşturulmuştur (<http://www.cedbik.org/> 2014). Birçok kriter incelenmiş ve Ulusal Yeşil Konut Sertifikası şu başlıklar altında toplanmıştır:

- Bütünleşik yeşil proje yönetimi
- Arazi kullanımı
- Su kullanımı
- Enerji kullanımı

- Sağlık ve konfor
- Malzeme ve kaynak kullanımı
- Konutta yaşam
- İşletme ve bakım

Ülkemizde enerji etkinliği konusunda yapılan yasal düzenlemeler de bulunmaktadır. Bu düzenlemelerden biri; Enerji Verimliliği Kanunu ve kanuna bağlı olarak hazırlanan Enerji Performans Yönetmeliğidir.

Enerji Korunumu Kanunu; Nisan 2007’de TBMM’de kabul edilmiştir. Bu kanun; enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekelerinde ve ulaşımda enerji verimliliğinin artırılmasının desteklenmesine; toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine; yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik usul ve esasları kapsamaktadır. Kanununun 3. maddesinde “enerji verimliliği”; binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan enerji tüketiminin azaltılması olarak tanımlanmıştır.

Kanunun içeriği şöyledir:

- Eğitim öğretim tesislerinde, yazılı ve görüntülü medya kanallarında bilinçlendirme ve enerji kültürü oluşturma,
- Belli değerin üzerinde enerji tüketen veya belli büyüklüğün üzerinde alana sahip olan binalarda enerji yönetimi birimi ve enerji yöneticileri atama mecburiyeti,
- Binaların tesisat projelerinde, merkezi veya lokal ısı/sıcaklık kontrol cihazları, ısınma maliyetlerinin ısı kullanım miktarına bağlı olarak paylaşımını sağlayan sistemler ve enerji kimlik belgesi kullanımı gibi binaların projelendirilmesinde uyulması gereken zorunluluklar,
- Belli büyüklük aralığındaki verimlilik projelerine ve gönüllülük esasına dayalı verimlilik artışlarına teşvik verilmesi, mali destekler,
- İzleme, analiz ve projeksiyon çalışmaları, dönemler itibariyle bilgi, rapor ve denetim imkanı ve yaptırımlar (<http://www.cedbik.org/> 2014).

Enerji Verimliliği Kanunu gereğince, tüm binaların 2 Mayıs 2017 tarihine kadar Enerji Kimlik Belgesi almaları zorunludur. Ancak ülkemizdeki mevcut binaların 2017 yılına kadar Enerji Kimlik Belgesi almalarının teşviki için Yönetmelikte bina alım satım ve kiralama aşamasında mal sahibi tarafından yeni kullanıcıya verilmesi öngörülmüştür.

Ülkemizde mevcut binaların Bina Enerji Performansı Yönetmeliği çerçevesinde iyileştirilmesi için teşvik veya finansman mekanizmalarının oluşturulması ile birlikte Yönetmeliğin ülke çapında tüm binalar için tam olarak uygulanması öngörülmektedir (<http://www.bep.gov.tr/BEPTRWEB/Default.aspx#.VE9zOE0cSid/> 2015).

2.3.2. Enerji Simülasyon Programları

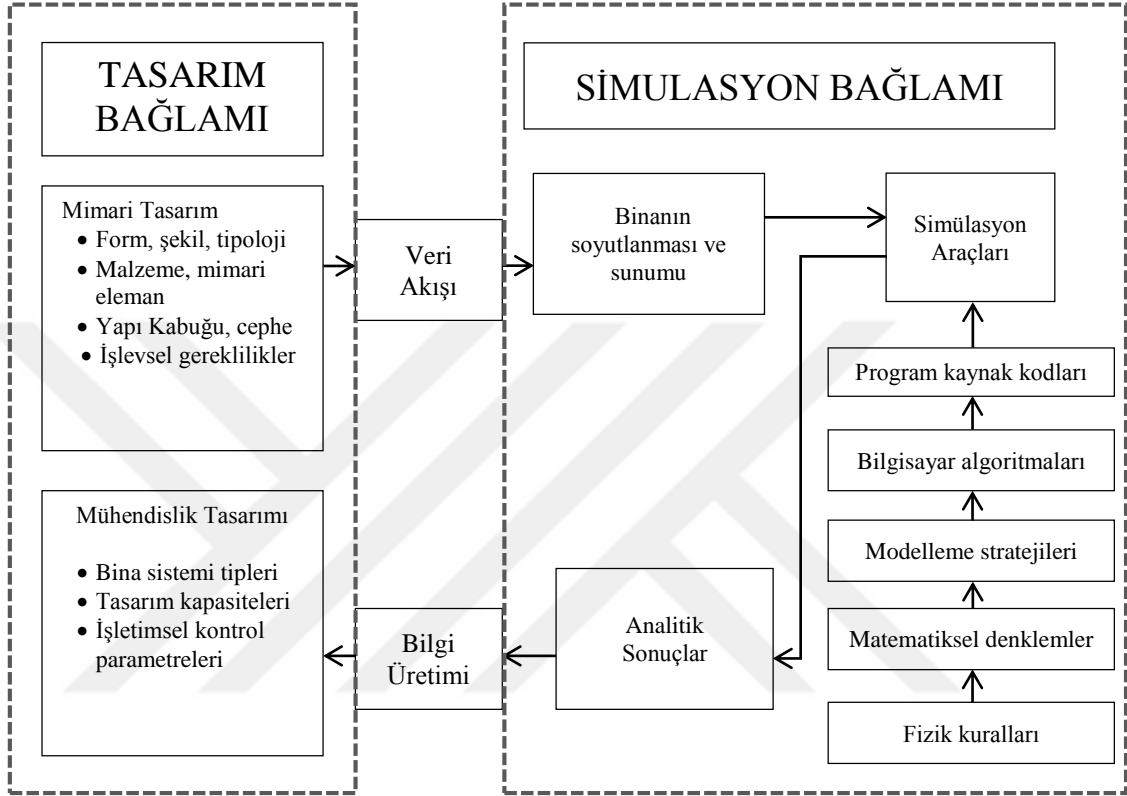
Yapılarda enerji tüketim değerleri ve binanın toplam çevresel performansı yapının tasarımıyla başlayan pek çok parametreye bağlıdır. Simülasyon araçları bu parametrelerin bir araya getirildiği ve matematiksel olarak sistemler arasında bir bağlantının sağlandığı ve anlık değişimlere binanın verdiği tepkilerin gözlemlendiği sanal ortamlardır. Simülasyon araçları kullanılırken unutulmaması gereken, simüle edilen modelin verilen girdilere göre çalıştığı ve girdilere tepki verdiğiidir. Bu nedenle girdilerin tam ve doğru olması ve de gerçek durumu yansıtması, güvenilir sonuçlar elde edebilmek açısından çok önemlidir. Girdiler her zaman kullanıcının kontrolindedir (<http://www.cevreonline.com/cevreci/yesilbinasertifika.htm/> 2014).

Pek çok simülasyon aracı kullanıcısı, girdilerin toplanmasının ve simülasyon için hazırlanmasının, analizlerin oldukça uzun zaman aldığını söylemektedir. Bu işlemin bu kadar uzun sürmesinin sebebi, binanın kendisinin ve çevresiyle olan dinamik etkileşiminin karmaşık yapısından kaynaklanmaktadır (Bayraktar 2009, Schulze 2009, Yılmaz 2009).

Gerekli verilerin gereken biçimlerde ve gereken zamanda elde edilemediği durumlarda simülasyon modelinin oluşturulması gecikmektedir. Bazı uygulamalarda görüldüğü gibi hangi çeşit verilerin toplanmasının gerektiğinin bile tespit edilmesi oldukça güç olabilmektedir. İyi bir simülasyon işlemi için her zaman çok detaylı bir model oluşturmak gerekmeyebilir ve böyle durumlarda ileri seviyedeki verilerin toplanması daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesi yerine simülasyon süresinin uzaması anlamına gelebilir. Bu

nedenle öncelikle oluşturulacak modelin detayının belirlenmesi ve ona uygun olarak veri toplama işleminin yapılması gerekmektedir (Çakmaknus 2011).

Şekil 2.9’da tasarım ve simülasyon programları arasındaki ilişki incelenmektedir.



Şekil 2.9. Tasarım ve simülasyon bağlamı ilişkisi

Yapının enerji simülasyonları için hazırlanması, yapıya dair geometrik, çevresel ve enerji parametrelerinin araştırılması, ölçülmesi ve kayıt edilmesi gibi adımları içerir. Bu nedenle hangi verinin ne şekilde ve ne için toplanmasının gerektiğinin önceden bilinmesi ve bunun belli bir sistematikte gerçekleştirilmesi oldukça önemli zaman kazancı sağlamaktadır ve hata yapma şansını en aza indirmektedir.

Simülasyon kullanıcılarını yapıları en uygun ve hızlı düzenle simülasyon için hazırlamada desteklemek üzere çeşitli alanlara dair veri toplama listeleri geliştirilmiştir. Veri listeleri genel olarak bu alanda kullanılan simülasyon araçlarının ortak olarak ihtiyaç duyduğu verileri içermektedir (Bayraktar 2011).

Bilgisayar yazılımları, hız ve kesinliği ya da doğruluk payı sayesinde yapı tasarım

sürecine önemli bir katkı sağlarlar. Bu bağlamda yapı simülasyon programları, yapı performansını belirlemede, optimizasyonu sağlamada kullanılan araçlar olarak gün geçtikçe geliştirilmektedirler. (Hensen 1997, Al-Homoud 2001, Arpacioğlu 2012)

Yapıların enerji açısından gösterdikleri performans, yapının mimarisi, inşaatı, yapı kabuğunun ısı özellikleri, ısıtma soğutma ve havalandırma sistemlerinin özellikleri, iç ve dış iklim şartları ve kullanıcı davranışları gibi pek çok unsura bağlıdır. Yapının gerçek performansının belirlenebilmesi için bu unsurlar göz önünde bulundurularak hesaplamalar yapılması gerekmektedir. Günümüzde hesaplamaların yapılmasında bilgisayar tabanlı yapı enerji simülasyon programlarından yararlanılmaktadır. Gittikçe popülerlik kazanan bu programlar, yapıların ısısal davranışları hakkında detaylı bilgi verebilmekte ve optimum çözümler elde edebilmek adına tasarıma müdahale edebilmeyi sağlamaktadır (Arpacioğlu 2011)

Simülasyon projelerinin hazırlanması ve uygulanması aşamasında karşılaşılan en büyük zorluklardan biri gerekli verilerin toplanması ve simülasyon için hazır hale getirilmesidir.

Simülasyon için ilk adım olan bu faaliyet öncelikle ihtiyaç duyulan verilerin belirlenmesi, mevcut ve erişilebilir olup olmadığının araştırılması, verilerin belirli bir sistematikte toplanması, gruplanması, doğruluğunun kontrol edilmesi gibi temel aşamaları kapsar. Oldukça zaman alan ve hata yapmaya çok fazla olanak veren bu adımda kullanılacak sistematik bir yöntem simülasyonun tamamlanması ve sonuçların elde edilmesine çok daha çabuk varılmasını sağlamak ve kullanılan simülasyon aracına hakim olmayan kişilerin hata yapma olasılığını da azaltmaktadır (Bayraktar 2011, Schulze 2011, Yılmaz 2011).

Yapıların enerji performanslarının hesaplanması temelde iki nedenle yapılmaktadır. Birincisi, binanın toplam enerji ihtiyacının belirlenmesi; ikincisi ise yapıda kullanılacak mekanik sistemlerin boyutlandırılmasıdır. Bu iki çeşit hesaplamayı bir arada yapabilen ve yapı içinde ve binayı çevreleyen ortamdaki değişimleri izleyerek kısa zaman adımlarıyla hesaba katabilen programlar tüm yapı enerji analizi araçları olarak anılmaktadır ve bu araçlar yüksek duyarlılıklarla ve detaylarla hesaplamalar yapabilmektedirler. Programlar, yapıyı ve yapının enerjisiyi nasıl kullandığını tarif eden ve sürekli etkileşim halinde olan karmaşık denklemlerin bilgisayar ortamında bir araya

getirilmiş halidir. Yapının da bir sistem olarak tasarlanmasını ve gerekli çözümlerin geliştirilmesini mümkün kılarlar. Yapılması planlanan bir yapının enerji standartlarını sağlayıp sağlamayacağını tasarım aşamasında ortaya koyarak farklı stratejilerin geliştirilerek yapı henüz yapılmadan denenmesine veya mevcut binalar için en uygun enerji tasarrufu alternatiflerinin araştırılmasına olanak tanır. Böylelikle ihtiyaca cevap veren projeler geliştirilebilmektedir. Tüm yapı enerji simülasyonları programları, mimarlar ve mühendisler arasındaki iletişimi güçlendirir ve farklı ekiplerin bir arada çalışmalarına yardımcı olur. Sadece tasarımla da sınırlı kalmayıp enerji sağlayıcı firmalar, enerji danışmanlık firmaları, araştırmacılar ve enerji politikalarını yürüten kurumlar tarafından da sıklıkla kullanılmaktadırlar. Böylelikle tasarım ekiplerinin desteklenmesinin yanında yeni teknolojilerin ve ürünlerin simülasyon yoluyla verimliliklerini ve sistem uyumlarını belirlemek ve yaygınlaştırılmalarına yardımcı olmak, çevresel etkileri belirlemek, bina biliminin gelişmesine katkıda bulunmak gibi amaçlarla da kullanılmaktadırlar. Yapılan hesaplamalar sonucunda temelde, binanın enerjiye olan gereksinimi, seçilecek mekanik sistemlerin büyüklüğü, iç hava kalitesi, konfor değerleri ve yapının tüm yaşam dönemi göz önüne alındığında enerji, çevresel ve ekonomik açılarından etkinliğini belirlenebilir. Gelecekteki enerji ihtiyacının belirlenmesi ve en etkin şekilde karşılanması için bina sistemleri içinde optimizasyon çalışmaları yapılabilmektedir (Bayraktar 2011, Schulze 2011, Yılmaz 2011).

Bilgisayar simülasyon programları;

- Tasarım seçeneklerini değerlendirmek ve tasarım optimizasyonunu araştırmak
- Yeni fikirlerin araştırılmasına olanak sağlamak
- Binanın ilgili yönetmeliklere uygunluğunu denetlemek
- Binanın enerji performansını önceden belirlemek
- Ekonomik analizler yapmak gibi işlemlere hizmet eder.

Programların çalıştırılabilmesi için bina kütle formu, boyut, bileşenler, HVAC sistemlerine ilişkin özellikler, dış havaya ilişkin veriler vb. girilmesi gerekmektedir. Bina enerji simülasyon programları Yeşil Bina tasarımının ve sertifikasyon sürecinin de önemli araçlarından olup, yapılması zorunlu tutulmuştur. Bina enerji simülasyonları ASHRAE 90.1 enerji standardına göre yapılmaktadır. Bu standartta enerji simülasyon programlarında aranan asgari belirli şartlar aşağıdaki gibidir:

- Yılda minimum 1400 saatlik hesap yapabilme kabiliyeti
- Saatlik değişimler (yüklerin ve sistem performansının saatlik hesaplanması)
- Minimum 10 termal zon
- Isıl kütle etkisinin dikkate alınması (bina kütlesi bünyesine aldığı enerjiyi belirli bir gecikme ile mekana verir)
- Kısmi yük performansı
- Mekanik sistemlerin simülasyonu için düzeltme eğrileri (sıcaklık, nem gibi parametrelere bağlı olarak)
- Ekonomizer (otomatik kontrollü su ve hava tarafı ekonomizer çevrimini dikkate almaları gerekmektedir)
- İşletme maliyetlerinin ve CO₂ emisyonlarının hesaplanabilmesi
- Tasarım değerlerinin hesaplanabilmesi (örneğin Carrier HAP aynı zamanda bir tasarım programıdır) (Çakmaknus 2011).

Günümüzde tüm yapı performansını hesaplamada kullanılan bilimsel olarak kabul görmüş çok çeşitli simülasyon araçları mevcuttur. Bu bölümde en yaygın olarak kullanılan simülasyon araçları hakkında genel bilgi verilecektir:

TRNSYS, Wisconsin ve Colorado Üniversitelerinin güneş enerjisi laboratuvarları tarafından ortak olarak termal sistemlerin dinamik performansını hesaplayabilmek için geliştirilmiş bir araçtır. 1975 yılında ticari olarak kullanılmaya başlanmıştır. Kendisi de bir termal sistem olan bina ile çevresi ve aktif sistemler arasındaki etkileşimi hesaplamak için kullanılır. Programın modüler bir yapısı vardır ve her bir sistem bileşeni bir FORTRAN altprogramı olarak ifade edilmiştir. Bu sayede esnek yapıya sahip programların başında gelir ve farklı enerji sistemlerini farklı detaylarla tanımlamaya olanak tanır. Sistemleri ifade eden Fortran alt programlarının bir araya getirildiği ve birbirleriyle ilişkilendirildiği grafiksel bir ara yüze sahiptir. Oldukça zengin bina malzemeleri, bina modelleri, standart HVAC ekipmanları, yenilenebilir enerji teknolojileri ve gelişmekte olan teknolojilere dair kütüphaneye sahiptir. Binalar basit tek zonlu modellerden çok zonlu karmaşık modellere kadar geniş bir aralıkta tanımlanabilir. Programı kullanabilmek için bu alanda belli bir uzmanlık gerekir (<http://www.trnsys.com/> 2014).

ECOTECT; Cardiff Üniversitesi tarafından geliştirilmiş ve Autodesk firmasına ait ticari bir programdır. Görsel özellikleri gelişmiştir. 3 boyutlu bina modelleme ara yüzünü güneş, termal, aydınlatma, akustik ve maliyet analizi fonksiyonlarıyla birleştirir. Genel olarak mimarların kullanımı için tasarlanmıştır. Özellikle binanın konsept olarak tasarım aşamasında enerji ve çevresel performans yönünden geliştirilmesine olanak sağlayacak özelliklere sahiptir. Tasarımcıların düşük enerji yapıları tasarlamalarına yardımcı olan ve kolaylaştıran bütünsel bir yaklaşıma sahiptir. Diğer bina enerji analizi programlarıyla iş birliği içinde çalışabilir. Dünya çapında 2000'den fazla lisanslı kullanıcıya sahiptir ve Avustralya, Amerika ve İngiltere'de 60 dan fazla üniversitede öğretilmektedir (<http://usa.autodesk.com/ecotect-analysis/>)

EnergyPlus; A.B.D Enerji Bakanlığı tarafından desteklenerek geliştirilen ve günümüzde de oldukça yaygın kullanılan bir araçtır. Esas olarak sadece bir simülasyon aracı olup girdi ve çıktılar basit metin dosyalarıdır. Gerçek anlamda geliştirilmiş bir kullanıcı ara yüzüne sahip değildir fakat ticari şirketlerce geliştirilen ara yüzleri mevcuttur. Oldukça yüksek bir hesaplama kapasitesine sahiptir. Bir saatten kısa zaman adımlarıyla hassas hesaplamalar yapabilir. Isı dengesi temelli çok zonlu durumları simule edebilir.

Yapının enerji profillerinin yanında son eklenen özelliklerle birlikte çok zonlu durumlar için hava akışı, yakıt pilleri ve elektrik enerjisi simülasyonu, dağıtılmış enerji sistemleri, su kullanımı gibi durumlar da modellenabilmektedir. Program resmi sitesinden herhangi bir ücret ödenmeden indirilebilir (Bayraktar 2011).

EnergyPlus kullanıcı dostu bir grafik ara yüzüne sahip olmayan tek başına bir simülasyon programıdır. DesignBuilder, EnergyPlus kullanımı kolay bir ara yüzü oluşturmuştur. Herhangi bir karışıklık olmadan sadece yapının modelini tanımlayıp istenilen verileri girip geri kalanını EnergyPlus simülasyon motorunun halletmesi için EnergyPlus DesignBuilder ortamı içerisine entegre edilmiştir (<http://www.altensis.com/hizmetler/designbuilder-software/> 2015).

DesignBuilder yapı tasarımlarını enerji, karbon, aydınlatma ve konfor açılarından performans ölçmek ve kontrol etmek için geliştirilmiş EnergyPlus tabanlı bir yazılım aracıdır. Bina simülasyon sürecini kolaylaştırmak için geliştirilen DesignBuilder, yapı

tasarım alternatifleri arasında fonksiyon ve performans bazlı karşılaştırma yöntemiyle analizler yaparak çeşitli sonuçlar çıkarmayı hızlı ve ekonomik hale dönüştürmüştür.

Bu tezde alan çalışmasında Design Builder Programı kullanılacaktır.

Ulusal ve uluslararası diğer simülasyon araçlarından da bazıları şöyledir:

RADIANCE; Lawrence Berkeley Laboratuvarı ve Greg Ward tarafından geliştirilmiştir. Matematiksel ışık hesaplamalarının kesinliği kanıtlanmış olduğu için birçok program geliştiricisi tarafından ışık hesaplamalarının yapılması için tercih ettiği oldukça yaygın kullanımı olan bir programdır. Ecotect yazılımı tarafından da hesaplama aracı olarak kullanılabilir.

ESP-R; İngiltere Strathclyde Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü tarafından 1974 yılında geliştirilmiştir. Binaların gerçek enerji kullanımlarına yakın sonuçlar hazırlamak amacı ile aktif sistemlerin değerlendirmesini yapmaktadır. Erken tasarım evresinde kullanımı amaçlanmıştır. Mimar ve akademisyenlerin de dâhil olduğu geniş bir kullanım alanına sahiptir.

RELUX; 1998 yılında hazırlanan, özellikle yapay aydınlatma tasarımı için oldukça sık tercih edilmekte olan simülasyon programıdır. Yazılımında üretici firmaların armatürlerini projeye adapte etmeyi sağlayan oldukça geniş bir ürün veri tabanı vardır. Böylece hazırlanan proje için gerçek değerlere yakın sonuçları sayısal ortamda elde etmek mümkün olmaktadır. Kendi modelleme ara yüzüne sahip olan yazılım aydınlatma verilerine fotorealistik görüntüler üretmektedir (Arpacıoğlu 2012).

BEP-TR ülkemizde Enerji Verimliliği Kanunu ve Bina Performans Yönetmeliği kapsamında **Enerji Kimlik Belgesi (EKB)**' nin hazırlanmasında kullanılacak ulusal hesaplama yönteminin yazılımıdır. 2010 yılı sonunda tamamlanmıştır.

BEP-TR yazılım programı enerji kimlik belgesi düzenlenmek amacıyla yalnızca kayıtlı kullanıcılar tarafından kullanılabilir. Bakanlık serverlar üzerinden çalışan BEP-TR'ye erişim yetkisi enerji kimlik belgesi düzenlemeye yetkili kuruluşlara verilir. Enerji kimlik belgesi düzenlemeye yetkili kuruluşlar akredite olmuş Serbest Mühendis Müşavirler, enerji verimliliği danışmanlık firmaları (EVD) ve EKB uzmanlarıdır.

Ancak, bu yetki, enerji kimlik belgesi düzenlemeye yetkili kuruluş adına, düzenlenen eğitimlere katılmak suretiyle enerji kimlik belgesi düzenlemek üzere Bakanlık tarafından sertifikalandırılan gerçek kişiler tarafından kullanılır. Bu kişilerin çalışmakta olduğu kuruluşlardan ayrılmaları ve enerji kimlik belgesi düzenlemeye yetkili bir başka kuruluşta çalışmalarını halinde, ayrıca eğitim ve sertifikalandırma programına katılmalarına gerek olmaksızın, çalışmakta olduğu kuruluşun yazılı isteği üzerine BEP-TR'ye erişim hakkı tanınır.

EKB düzenlemek üzere yetki belgesi almış olan ve meslek odalarından alınmış Serbest Müşavir Mühendis belgesine sahip bulunan mühendisler veya mimarlar veya bünyesinde bu vasıflara sahip mühendis veya mimar bulunduran tüzel kişiler, yeni yapılacak olan binalara EKB vermeye yetkili kuruluş sayılır.

Bünyesinde EKB düzenlemek üzere yetki belgesi almış mühendis veya mimar bulunduran Enerji Verimlilik Danışmanlık Şirketleri (EVD), mevcut binalara EKB vermeye yetkili kuruluş sayılır ([http:// www. bep.gov.tr/](http://www.bep.gov.tr/) 2015)

Ülkemizde BEP-TR dışında yapıda enerji etkinliğini elde etmeyi amaçlayan, yıllık ısıtma enerjisini hesaplayan programlar mevcuttur. "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardını esas alan programlar ise İZODER, TGUB olarak sayılabilir.

İZODER: Bu program kullanılarak, TS 825 "Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları" standardında tanımlanan özgül ısı kaybı ve yoğuşma tespitine yönelik hesaplamalar yapılabilmekte ve hesaplanan değerlerle standartta tanımlanan sınır değerler karşılaştırılarak, tasarlanan binanın enerji verimliliği ile ilgili ulusal mevzuatlara uygunluğu değerlendirilmektedir ([http://www.izoder.org.tr /tr/dokumanlar/ hesap_makinesi/ts_825_yardim. Pdf/](http://www.izoder.org.tr/tr/dokumanlar/hesap_makinesi/ts_825_yardim.Pdf/) 2015)

TGUB: Yürürlükteki TS 825'te açıklanan hesap kabul ve yöntemlerine uyumlu olan yazılımla, farklı yapılar ve bunlara bağlı çok çeşitli kesitler, pencere ve kapılar oluşturulabilmektedir. Geliştirilen yazılım kullanılarak özgül ısı kaybı, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, yoğuşma çizelgeleri ve grafikleri hazırlanabilmekte, raporlar oluşturulabilmektedir ([http:// /www.tgub.org.tr/default/](http://www.tgub.org.tr/default/) 2015)

2.4. Enerji Etkin Tasarım Kavramı ve Enerji Etkin Tasarım Ölçütleri

Tasarımda enerjinin etkin kullanımına ait tasarım parametreleri iki ana başlık altında toplanabilir. Bunlar binanın enerji gereksinimini azaltmaya yönelik önlemler ile binanın enerji kazancını artırmaya yönelik önlemlerdir.

Binanın enerji korunumuna yönelik öneriler başlığı altında:

- Tasarlanacak binanın, içinde yer alacağı doğal ve yapay çevre ile enerji alışverişindeki uyum. (Topografik veriler, iklimsel veriler, doğal çevre örtüsü, yakın çevredeki yapılaşma etkisi)
- Yapısal değişiklikler. Binanın formu ve yönlenmesi, binanın içinde yer aldığı yerleşim ünitesinin dokusu, bina aralıkları ve yükseklikleri, binanın konumlandırılması, yapı kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri mekânın plan organizasyonundaki yeri, mekânın boyutları ve biçim faktörü (Soysal 2007)

2.4.1. Yerleşim Kriterleri

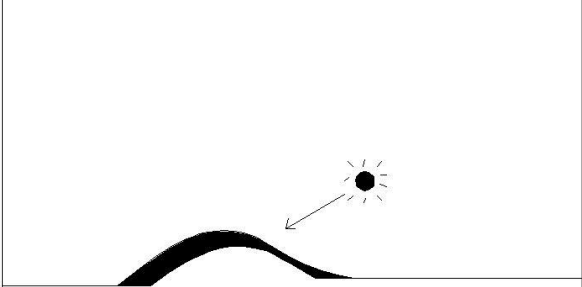
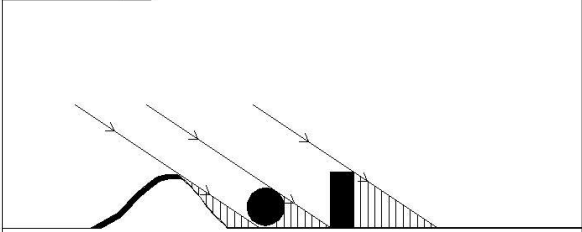
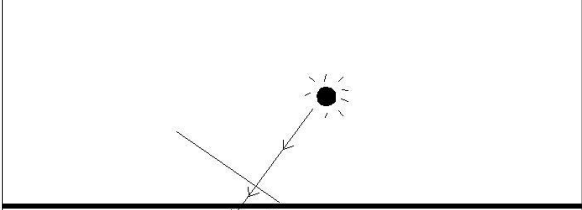
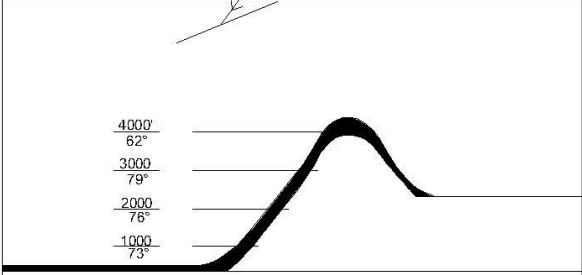
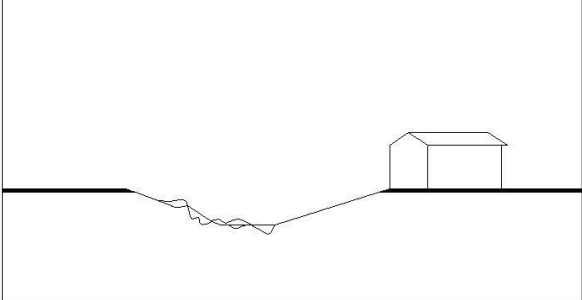
Tasarlanacak yapının yeri, yönlenmesi, güneş verileri, hâkim rüzgârın yönü ve şiddeti gibi doğal çevre etmenlerinin yanı sıra yapma çevredeki tasarım elemanları yapıların enerji etkinliğini belirler (Soysal 2007).

Yerleşim kriterlerini aşağıdaki alt başlıklar altında incelemek mümkündür:

2.4.1.1. Topografik veriler

Yapının konumlandığı arazi, tasarım kararları açısından çok önemli durumdadır. Arazinin jeolojik, jeomorfolojik durumu içinde bulunduğu yöresel karakteristikler tespit edilip tasarımın bu doğrultuda şekillendirilmesi gerekir (Soysal 2007).


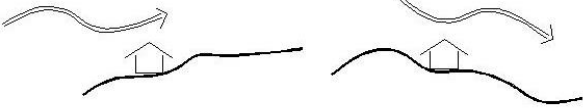

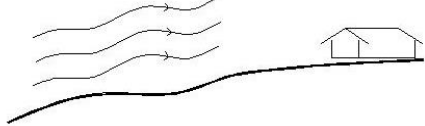
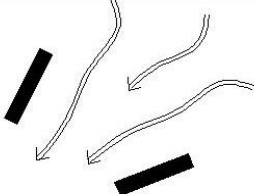

Yapının konumlandığı arazinin topografik durumu, yapının güneş ışınlamından faydalanmasında, gün ışığının kullanılması ve doğal havalandırma imkânları açısından oldukça önemlidir. Arazinin eğimi ve yönlenişi güneş ışınlamalarının geliş açısını etkiler. (Şekil 2.10)

	<p>Güneye bakan yamaçlar kuzey yamaçlara göre daha fazla güneş ışığına maruz kalırlar.</p>
	<p>Arazi formu, bina yükseklikleri, ağaçlar ya da diğer objeler oluşturdukları gölgelerle gün ışığından yararlanma sürelerini etkileyebilir.</p>
	<p>Güneşin dik açıyla geldiği yamaçlar diğer yüzeylere göre daha fazla ısınırlar.</p>
	<p>Sıcaklık değerleri yüksekliğe bağlı olarak değişir. Her 1000 metre yükseldikçe sıcaklık yaklaşık olarak 1,6 °C azalır. Geceleri bu oran daha da fazlalaşır.</p>
	<p>Çevredeki su, kum.vb. parlamaya neden olan yüzeylerden yansıyan güneş ışığı, alanın ısınımasını artırıcı bir etki yapar.</p>

Şekil 2.10 Topografyanın güneş ışınlamı üzerine etkisi (Lechner 1991)

Deniz seviyesinden yükseldikçe gün ışınım değerlerinde bir artış olmaktadır. Bu artış atmosfer koşullarından, kat edilen yolun kısalmasından ve atmosferin temizliğinden kaynaklanmaktadır. Ancak deniz seviyesinden yükseldikçe hava sıcaklığı da düşmeye başlar. Yüksekliğin artmasıyla rüzgâr şiddeti de artarak yapının ısı kayıplarının artmasına sebep olur. Dağların güneye bakan yamaçları daha fazla güneş ışığından faydalanabildikleri ve soğuk kuzey rüzgârından daha az etkilendikleri için kuzeye

bakanlardan daha sıcaktır. Öğleden sonraki zaman süresince daha yüksek ortalamadaki hava sıcaklığının ve güneş ışınımının etkilemesi dolayısıyla, batı yamaçları doğu yamaçlarından daha ılık olmaktadır (Soysal 2007) (Şekil 2.11).

	<p>Tepe noktalar soğuk kış rüzgârlarına karşı tamamen korunmasızdırlar.</p>
	<p>Doğru yerleşim noktası belirlenerek gerekli durumlarda rüzgârın etkisinden korunulabilir.</p>
	<p>Mevcutta var olan bitki dokusu kullanılarak ya da oluşturulacak bitkisel düzenleme ile rüzgârın etkisi engellenebilir.</p>
	<p>Yumuşak formlara sahip arazi yapısıyla rüzgâr akışının yumuşatılması sağlanabilir.</p>
	<p>Uygun yerleşim dokusu oluşturarak, bitkisel düzenlemeler yaparak doğal bir havalandırma sistemi oluşturabilir.</p>
	<p>Ani farklılıklar gösteren yüzeyler rüzgâr hareketlerinde türbülansların oluşmasına neden olur.</p>

Şekil 2.11 Topografyanın hava hareketlerine etkisi (Lechner 1991)

Suyun karadan daha geç ısınması nedeniyle göl ya da deniz kenarındaki yerleşimler oluşan hava akımları sonucu kışları daha ılık yazları ise daha serin olur. Gündüzleri sudan karaya doğru bir hava akımı olurken geceleri ise tam tersi bir durum gerçekleşir. Yapılaşma yoğunluğu da tasarım kriterleri yönünden önemli bir faktördür. Yapılaşmanın

sık olduğu kentlerde hava hareketlerin farklı şekillenmesi, gölge atma, ısı biriktirme, güneş ışığını yansıtma gibi faktörler nedeniyle kırsal alandaki konumlanmalardan farklılık göstermektedirler. Yapılaşma yoğunluğu fazla olan bölgelerde hava hareketlerinin hızı daha düşük, hava sıcaklığı daha yüksek ve bitki örtüsünün tahribi dolayısıyla nem oranı da daha düşük olmaktadır (Utkutuğ 1996, Katırcı 2003, Soysal,2007)(Şekil 2.12). Kentsel yerleşimlerde yaşanan hava kirliliği, doğal havalandırma üzerine kurulu olan tasarım kriterlerini olumsuz yönde etkilemektedir. (Karaca 2008)

2.4.1.2. İklimsel Veriler

Yapıların bulunduğu yerlerdeki iklim özellikleri (hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, güneş radyasyonu, nem düzeyi, havanın açık veya kapalı olması), tüketilen enerji miktarını etkileyen en önemli faktördür. Bina kabuğu iklimsel koşulların etkisi altında olduğundan, ısı analizlerinin yapılabilmesi için bölgenin meteorolojik verilerinin bilinmesi önemlidir. Bu anlamda yapı ve dış ortam hava şartlarındaki karşılıklı etkileşimin doğru ve detaylı bir şekilde saptanması; güneş ışınımı, hava sıcaklığı, dış hava nemi, yağış rejimi, dış hava hareket hızı ve rüzgâr gibi mikroklima bileşenlerinin bilinmesi enerji etkinliği açısından önem taşımaktadır (Katırcı 2007,Karaca 2008).

Enerji etkinliği kapsamında yapılması gereken ilk adım yapının bulunduğu bölgenin iklim tipini tanımlamaktır.

Ülkemiz; Atalay (1997)'ın yapmış olduğu sınıflandırmaya göre 7 ana iklim bölgesine ayrılmaktadır. Bunlar;

- İç Anadolu Karasal İklimi
- Doğu Anadolu Karasal İklimi
- Güneydoğu Anadolu Karasal İklimi
- Trakya Karasal İklimi
- Karadeniz İklimi
- Akdeniz İklimi
- Marmara İklimi' dir.

İç Anadolu Karasal, Doğu Anadolu Karasal ve Trakya Karasal İklim Bölgelerine Yönelik Tasarım Stratejileri;

Bu iklim bölgelerinin genel özellikleri birbirlerine yakın olduğu için yapılaşma stratejileri de benzerlik göstermektedir. En düşük ortalama sıcaklığı -10 °C civarında bulunur ve genelde kışları karlıdır. Yazları kısa, yağış miktarı azdır, bağıl nemlilik düşüktür. Bu iklime sahip bölgelerde kıyılar, göller, vadiler ve dağlarda rüzgâr büyük sıcaklık kayıplarına neden olur. Bu iklim bölgelerinde enerji etkinliği sağlayabilmek amacıyla; ısı üretimini arttırmak için, radyasyon emişi artırılıp, ısı kaybı azaltılmalıdır.

Yapılaşma için; güney ve güneydoğuya bakan yamaçlar tercih edilmelidir. Yapılar rüzgârın olumsuz etkisine engel olacak şekilde oluşturulmalıdır. Isı kaybı minimum taban alanı ile azaltılmalıdır. Minimum taban alanı ve çatı nedeniyle aynı çatı altında birçok konut bir arada düzenlenmelidir.

Bitişik nizamda yapılaşma, ısı kaybını azaltacağından avantajlıdır. Yapıların yoğun (kompakt) bir biçimde düzenlenmesi ile güneşten maksimum yararlanma sağlanmaya çalışılmalıdır. Yapılar doğu - batı aksında yer almalıdır. Çatılar kar tutmamak üzere dik bir biçimde yapılmalıdır. Bu stilde yapılan yapılar farklı yalıtım malzemeleri ve iyi tasarlanmış pencerelerle de desteklenmelidir. Pencerelerin güneye bakması istenirken kuzeye bakması tercih edilmemektedir.

Yapılarda kullanılacak en uygun malzeme doğal malzemelerdir. Tuğla, kerpiç vb. ısı depolama kapasitesi yüksek malzeme çeşitleri kullanılmalıdır. Kuzeydoğu - güneybatı doğrultusunda her dem yeşil bitki ve ağaç kullanılarak yüksekliğinin 2 katı mesafede rüzgâr kırıcılar yapılmalıdır. Yapraklarını döken ağaçlar, evlere bitişik kullanılmalı ve yapı kenarlarında (rutubeti engellemek için) yoğun bitki dikilmemelidir. Bu alanlardaki peyzaj tasarımında, rüzgârın etkisini azaltacak bitkilerle kaplanmış alanların oluşturulması, sıcaklık ihtiyacının %30 azalmasını sağlayacaktır. Kış güneşinin kavisinin dışında olan; doğu, kuzey ve batıda, yoğun ağaçlıklı çalılı ve çitli peyzaj oluşturulmalıdır. Yapının güney yüzeyine yakın, kışın yapraklarını döken yüksek tepeli bir ağaç dikilmelidir. Bu, düşük kış güneşini kapatmayacak fakat arzu edilir bir yaz gölgesi sağlayacaktır. Soğuk bölgelerde, soğuk rüzgârların yönünü değiştiren bitki dizaynlarına yatırım yapılarak, enerji birikiminin en yüksek oranda geri dönüşümü sağlanmalıdır (Ayan 1985, Moffat 1993).

Karadeniz ve Marmara İklim Bölgeleri;

Ilıman ve nemli olan bu iklim bölgelerinde; ortalama sıcaklık değeri 10–15 °C olarak görülür. Yaz ve kış ayları arasındaki sıcaklık farkları azdır ve insan ısı konforuna en yakın özellikleri gösteren iklimdir. Ortalama sıcaklık özellikle bahar aylarında ısıl konfor açısından en uygun hale gelir.

Bu iklim bölgelerinde enerjinin etkin şekilde kullanımı için; yıl içinde mevsimler dikkate alınarak güneşten, radyasyondan ve hava akımlarından yararlanıcı ve gerekli yerlerde koruyucu düzenlemeler yapılmalıdır.

Güneydoğuya bakan yamaçlar, güneşten yararlanmak için tercih edilmelidir. Ayrıca bu yamaçların alt ve üst kısımları da, rüzgâra karşı önlemler alınmak koşuluyla, kullanılabilir. Bu kısımların, sıcak mevsimlerde serin rüzgârlardan yararlanma avantajı vardır.

Yapı dokusu oluşturulurken; doğaya uyumlu ve doğa ile bütünleşen açık ve serbest düzenlemeler yapılabilir. Doğa ile yapı arasında yakın ilişki mümkün olduğunca kurulmalı, her tip yapı serbest bir formda ve aralarında bir bütünlük sağlayacak şekilde düzenlenmelidir. Doğu – batı doğrultusunda uzun yapılar tercih edilebilir. Mekânlar arası geçişler, antreler ısı kayıplarını azaltabilir; sundurmalar ise yazın serin mekânlar oluşturmaya yardımcı olmaktadır.

Yapılarda malzeme seçimi esnek olmalıdır. Kışın yalıtımı sağlayacak, yazın ise serinlemeye imkân verecek malzemeler kullanılmalıdır. Bazen farklı yöne bakan cephelere farklı malzeme kullanılması etkili bir yöntemdir. Yapı malzemesi, termal etki dikkate alınarak seçilmelidir. Isı yalıtımına imkan veren ahşap konstrüksiyon çoğu kez uygundur. Metal kullanımı ise mümkün olduğunca az olmalıdır.

Ağaçlardan yapılacak rüzgâr kırıcılar, yazın güney ve güneybatıdan gelecek serinletici rüzgâra engel olmayacak, kışın da kuzeybatıdan gelecek soğuk rüzgârları kesecek biçimde olmalıdır. İğne yapraklılar kullanılabilir. Güneş radyasyonunu emici özelliğinden dolayı çim alanlarının yapı yanında yer alması uygundur. Konutların doğu ve batı cephelerinde gölge veren ağaçlar tercih edilir (Ayan 1985, Moffat 1993)

Akdeniz İklim Bölgeleri;

Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlı geçmektedir. Enerjinin etkin kullanımı amacıyla; yazın sıcaktan, kışın soğuktan koruyacak önlemler alınmalıdır. Kışın güneş ve radyasyondan yararlanmak için gerekli düzenlemeler yapılmalı, yazın ise serinletici hava akımlarından yararlanılmalıdır.

Yerleşim için; güney ve güneydoğuya bakan yamaçlar, güneşten yararlanmak için tercih edilir. Ayrıca bu yamaçların alt ve üst kısımları da rüzgâra karşı önlemler alınmak koşuluyla, kullanılabilir. Yazın serin rüzgârlardan yararlanma avantajı vardır. Yapılaşma, yazın serin hava akımlarından yararlanacak, kışın da soğuktan korunacak ve güneş alacak biçimde oluşturulmalıdır. Bitişik nizam, sıra yapılar doğu batı doğrultusunda kullanılabilir. Yüksek ve masif yapılar kullanıldığında yapı derinliği kontrollü olmalıdır.

Bu iklimde yapı malzemesi taş ve ahşaptır. Karma malzemeler de kullanılabilir. Taş, ahşap ve tuğla bir arada kullanılabilir. Bitkisel düzenleme yapılırken; kışın yaprağını döken yoğun gölge veren geniş ağaçlar tercih edilmelidir. Böylece yazın gölge, kışın güneşten yararlanma olanağı sağlanır. Yeşil çim alanlar, gruplandırılmış gölgeli ağaçlar tercih edilir (Ayan 1985,Moffat 1993)

Güneydoğu Anadolu Karasal İklim Bölgesi;

Yazları sıcak ve kuru, kışları soğuk, gündüz ısısı yüksek, gece ısısı düşük, bulutluluk oranı az, nem düşüktür. Yaz ve kış radyasyon miktarı fazladır. Yaz-kış ve gündüz-gece ısı farkları yüksektir.

Bu iklim bölgesinde enerji etkinliği amacıyla; ısıyı arttırmaktan kaçınılmalıdır. Radyasyon azaltılmalı veya kaybı sağlanmalıdır. Buharlaşma arttırılmalıdır.

Doğu ve güneydoğuya bakan yamaçların serinletici hava akımının etkisinde kalan alt kısımları tercih edilmelidir. Yüksek bölgelerde buharlaşmanın olduğu kesimler avantajlıdır. Isıya karşı korunacak bir biçimde, gölgeli ve yoğun bir konut dokusunun oluşturulmasına gidilmelidir.

Yoğun atrium tipi evler tercih edilmesi uygundur. Doğu-batı doğrultusunda bitişik nizam, sıra yapılar tercih edilebilir. Yüksek fakat masif yapılar kullanılabilir. Yoğun (kompakt)

şekiller tercih edilmeli veya termal kapasiteyi arttıracak derinlik yapıya verilmelidir. Yapı formları solar etkiden minimum etkilenecek şekilde olmalıdır.

Yapılarda malzeme için kerpiç, tuğla, taş vb. toprak ve taştan yapılanlardan tercih edilmelidir. Isı yansıtıcı özelliği nedeniyle beyaz rengin özellikle güneş alan cephelerde tercih edilmesi uygundur.

Bitki dokusu; gerek radyasyon emici yüzeyler yaratmak ve gerekse buharlaşma ve gölge elde etmek amacıyla tercih edilebilir (Ayan 1985, Moffat 1993).

Yukarıda sıralanan bu yöntemler bölgesel iklim özellikleri göz önüne alınarak yapılmıştır. Ama daha önce de belirtildiği gibi iklim çevresel özelliklerin de etkisiyle yerel ölçekte farklı özellikler de sergileyebilmektedir. Bu mikroklimanın oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle planlama ve tasarım aşamasında mutlaka alanın mikroklimatik özelliklerinin iyi analiz edilip alana yönelik yapım tekniklerinin ona göre geliştirilmesi gereklidir. Yukarıda sayılan iklim bölgelerine yönelik olarak ele alınacak enerji etkinlik yöntemleri farklı iklimik koşullar için yeni yöntemlerin oluşturulmasında temel olarak kullanılabilir. (Karaca 2008).

Çizelge 2.4' de iklim bölgelerine göre enerji etkin tasarım stratejileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Çizelge 2.4. İklim bölgelerine göre enerji etkin tasarım stratejileri

	İç Anadolu Karasal, Doğu Anadolu Karasal ve Trakya Karasal İklim Bölgeleri	Karadeniz ve Marmara İklim Bölgeleri	Akdeniz Bölgeleri	İklim	Güneydoğu Anadolu Karasal
Yön	Güney ve güneydoğuya	Güneydoğu	Güney ve güneydoğu	ve	Doğu ve güneydoğuya bakan yamaçların serinletici hava akımının etkisinde kalan alt kesimleri ve yüksekte buharlaşma olan kesimler
Konut Dokusu	<ul style="list-style-type: none"> • Bitişik nizam yapılar • Yapılar doğu - batı aksında yer almalıdır 	<ul style="list-style-type: none"> • Doğu - batı doğrultusunda uzun yapılar tercih edilebilir. Mekânlar arası geçişler, ısı kayıplarını azaltabilir; sundurmalar ise yazın serin mekânlar oluşturmaya yardımcı olur. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bitişik nizam, doğu batı doğrultusunda kullanılabilir. Yüksek ve masif yapılar kullanıldığında yapı derinliği kontrollü olmalıdır. 		<ul style="list-style-type: none"> • Yoğun atrium tipi yapılar tercih edilmelidir. Doğu-batı doğrultusunda bitişik nizam, sıra evler, yüksek fakat masif yapılar kullanılabilir.
Malzeme	Tuğla, kerpiç vb. ısı depolama kapasitesi yüksek malzeme çeşitleri kullanılmalıdır.	Isı yalıtımına imkan veren ahşap konstrüksiyon .Metal kullanımı ise mümkün olduğunca az olmalıdır.	Taş ve ahşaptır. Karma malzemeler de kullanılabilir. Taş, ahşap ve tuğla bir arada kullanılabilir.		Kerpiç, tuğla, taş vb. toprak ve taştan yapılanlardan tercih edilmelidir. Yapılarda beyaz renk özellikle güneş alan cephelerde ısı yansıtıcı özelliği nedeniyle tercih edilir.
Peyzaj	<ul style="list-style-type: none"> • Kuzeydoğu - güneybatı doğrultusunda her dem yeşil bitki ve ağaç kullanılarak yüksekliğinin 2 katı mesafede rüzgâr kırıcılar yapılmalıdır. •Kış güneşinin kavisinin dışında olan; doğu, kuzey ve batıda, yoğun ağaçlıklı çalılı ve çitli peyzaj oluşturulmalıdır. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ağaçlardan yapılacak rüzgâr kırıcılar, yazın güney ve güneybatıdan gelecek serinletici rüzgâra engel olmayacak, kışın da kuzeybatıdan gelecek soğuk rüzgârları kesecek biçimde olmalıdır. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kışın yaprağını döken yoğun gölge veren geniş ağaçlar Yeşil çim alanlar, gruplandırılmış gölgeli ağaçlar tercih edilir. 		<ul style="list-style-type: none"> • Gerek radyasyon emici yüzeyler yaratmak ve gerekse buharlaşma ve gölge elde etmek amacıyla oluşturulmalıdır.

2.4.1.3 Atmosferik Veriler (Mikroklimatik Koşullar)

Yapının konumlandırıldığı çevredeki atmosferik veriler enerji etkin tasarım için önemli bir yer teşkil etmektedir. Örneğin, yapının yapılaşmanın yoğun olduğu bölgelere konumlanmasıyla, yapılaşmanın az olduğu kırsal alanlara konumlanması enerji etkin tasarım için oldukça önemli bir farklılık oluşturur. Yapılaşmanın yoğun olduğu alanlarda hava hareket hızı daha az, hava sıcaklığı daha yüksek, hava kirlilik oranı daha fazla, artan hava kirliliği nedeniyle güneş ışınımı daha zayıf, azalmış bitki dokusuyla nem oranı daha düşüktür. Kentsel alanlardaki rüzgâr hızı kırsal alanlardakine oranla %25 daha azdır. Ancak yüksek binaların arasında oluşan lokal kanyonlarda anormal rüzgâr hızları oluşabileceği unutulmamalıdır (Utkutuğ, Soysal 2007).

Yapıların yerleşim dokusu, ölçekleri ve birbirleriyle ilişkileriyle, mikroklima üzerinde etkilidir. Caddeler, park gibi yeşil alanlar da mikroklimayı etkiler. Yapılaşma arasında oluşan hava hareketleri, gölge atma, ısı biriktirme, parlak cephe ve çatılardan kaynaklı güneş ışığını yansıtma, kendi aralarında ısı transferi gibi etkenler yoğun yerleşme içinde dikkat edilmesi gereken unsurlardır (Soysal 2007).

Yapının bulunduğu bölgenin iklimine ait mikroklimatik parametreler; güneş ışınımı, dış hava sıcaklığı, dış hava nemliliği ve rüzgâr olarak sayılabilir.

Güneş ışınımı; Güneş, tüm ekolojik sistemler için en büyük enerji kaynağıdır. Tüm ekolojik sistemler, güneş enerjisi ile çalışmaktadır. Güneş çok yüksek ısıda olan hidrojen kütesidir. Güneş ışınlarının yarıya yakın kısmı, atmosferden geçerken çeşitli gazlar tarafından tutulur. Geriye kalan kısmı ancak yeryüzüne ulaşmaktadır.

Kısa dalga boylu ve çok yüksek enerjiye sahip olan mor ötesi ışınlarının %99'u, atmosferdeki ozon tabakası tarafından tutulur, sadece ozon tarafından filtre edilen ve canlılar için yararlı olan %1 yeryüzüne ulaşır.

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır.

Yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük global güneş ışınımına bağlı olarak, gerçek atmosfer koşullarında düşey yüzeyi etkileyen aylık ortalama saatlik direkt güneş ışınımı

şiddeti (ID, kcal/m²h°C) değerleri hesaplanmaktadır. Direkt güneş ışınımı yeğnlükleri; yöreye, zamana ve yönlere göre değişim göstermektedir.

Dış Hava Sıcaklığı; Canlıları yakından ilgilendiren fiziksel çevre faktörlerinden biri de sıcaklıktır. Yerleşim alanlarının aynı enlem derecesinde olmasına karşın yıllık sıcaklık ortalamaları farklılık gösterir. Bunun sebebi:

- Güneş radyasyonunun şiddeti,
- Güneş enerjisinin atmosferden geçerken değişiminin etkisi,
- Zeminin niteliği,
- Yerküre ve atmosfer arasındaki ilişki,
- Buharlaşıma, ergime, donma gibi olaylardaki enerji değişim miktarları,
- Hava hareketleri ve deniz akıntılarının yönü ve şiddeti, konveksiyon ve türbülansla enerjinin dikey nakli,
- Yükseklik' tir.

Mimarlık çalışmalarında 10 yıllık ortalama dış hava sıcaklığı değerleri ele alınmaktadır. Meteorolojide, her saat için belirlenen dış hava sıcaklığı değerleri 10 yıllık ortalamalar olarak ve aylar ve gün saatlerine bağlı olarak tablolar şeklinde derlenmektedir.

Dış Hava Nemliliği; bir ekosistemin yağış miktarı ve su kaybı (buharlaşıma) üzerinde etkilidir. Yağışlar ise su faktörü olarak bütün canlılar için son derece önemlidir. Tüm canlılar için gerekli suyun kaynağı olan yağışların miktarı, mevsimlere dağılışı, kar ve yağmur şeklinde oluşu bölgelere göre farklılık gösterir. Su miktarını, sıcaklık, hava hareketleri gibi diğer iklim elemanları ile toprak, bitki rölyef özellikleri de önemli ölçüde etkiler.

Rüzgâr; yerleşme ölçeğinde olduğu gibi yapı ölçeğinde de, enerji etkin tasarım kararlarını etkileyen önemli bir faktördür. Bu nedenle öncelikle rüzgârın yapı yüzeylerinde ve çevresinde oluşturduğu hava devinimlerini öğrenme gereği vardır.

Bir yapıya doğru esen rüzgâr, yapıyla karşılaştığında esiş düzeni değişmekte, yapı çevresine ve üstüne doğru yön değiştirmektedir. Rüzgâra karşı olan yapı yüzeyinde basınç artışı (+ basınç bölgesi) olurken, yapı arkasında ise basınç azalmakta ve emme etkisi (- basınç bölgesi) görülmektedir.

Dikdörtgen bir yapıya dik esen rüzgâr, yapının ön yüzünde (+) basınç oluştururken, bu yüzde kenarlara doğru basınç azalmaktadır. Yapının arka yüzünde ise rüzgâr hızı azalmakta, (-) basıncın yani emme etkisinin ana rüzgâr akımından kopardığı ayrımlar, burgaçların görüldüğü bir rüzgar gölgesi oluşturmaktadır.

Eğer rüzgâr yapı yüzeylerinden birine dik değil de eğik olarak geliyorsa, rüzgâra karşı olan iki yüzey basınç altında kalırken öteki yüzeylerde emme etkisi görülür.

Yan yana iki yapı arasındaki boşlukta aşırı rüzgâr hızı oluşabilir. Yapılar rüzgârı engelleyeceklerinden, hava engelsiz kesimden sıkışarak ve hızla geçer. Bu olaya hunileme adı verilmektedir.

Kuvvetli rüzgârların bulunduğu bölgelerde yerleştirilen binalarda ‘enfiltrasyon’ olayı olarak bilinen oluşum, ölçeği büyüdüğünde sağlığı bozucu etkileri yanında ısı kayıplarına da neden olur. Bu yolla oluşan ısı kaybı, toplam ısı kaybının %30 unu oluşturur. Bu nedenlerle yer seçiminde soğuk hâkim rüzgâr yönüne yerleşmemeye özen gösterilmeli ya da rüzgar kırıcı ve yönlendiricileri ile önlem alınarak rüzgarın istenmeyen etkisinin azaltılması çalışmaları yapılması gerekliliğidir.

Enerji etkin yapılarda rüzgâr, yerleşim alanı için istenen ya da istenmeyen özelliklere sahip olabilir. En bilinen rüzgârlar olarak gece oluşan soğuk hava akımlarının, yamaç rüzgârlarının, dağ/vadi meltemlerinin günlük hava hareketlerinin meydana geliş saat ve yönleri bilinmektedir. Bir yerleşim alanında hâkim rüzgârların yönü ve şiddeti önemlidir (Özdemir 2005).

2.4.1.4. Doğal Çevre Örtü

Yapılarda enerji denetimi açısından, doğal çevre örtüsünün oldukça önemli bir yeri vardır. Bitki örtüsünün bilinçli kullanımıyla rüzgâr kontrolü, gürültü kirliliğinin azaltılması, havadaki toz parçacıklarının filtrelenerek temizlenmesi sağlanabilir. İnsanlar için psikolojik katkılar sağlamanın yanı sıra ekolojik çeşitliliğin artması yönünde faydaları bulunmaktadır.

Bitki örtüsü buharlaşma etkisiyle havadaki nemin artmasına ve sıcaklığın düşürülmesine yardımcı olur. Bitkisel elemanlar rüzgârın olumlu ve olumsuz etkisini optimize edecek şekilde üçüncü deri olarak kullanılabilir. Soğuk dönemlerde sürekli yeşil kalan

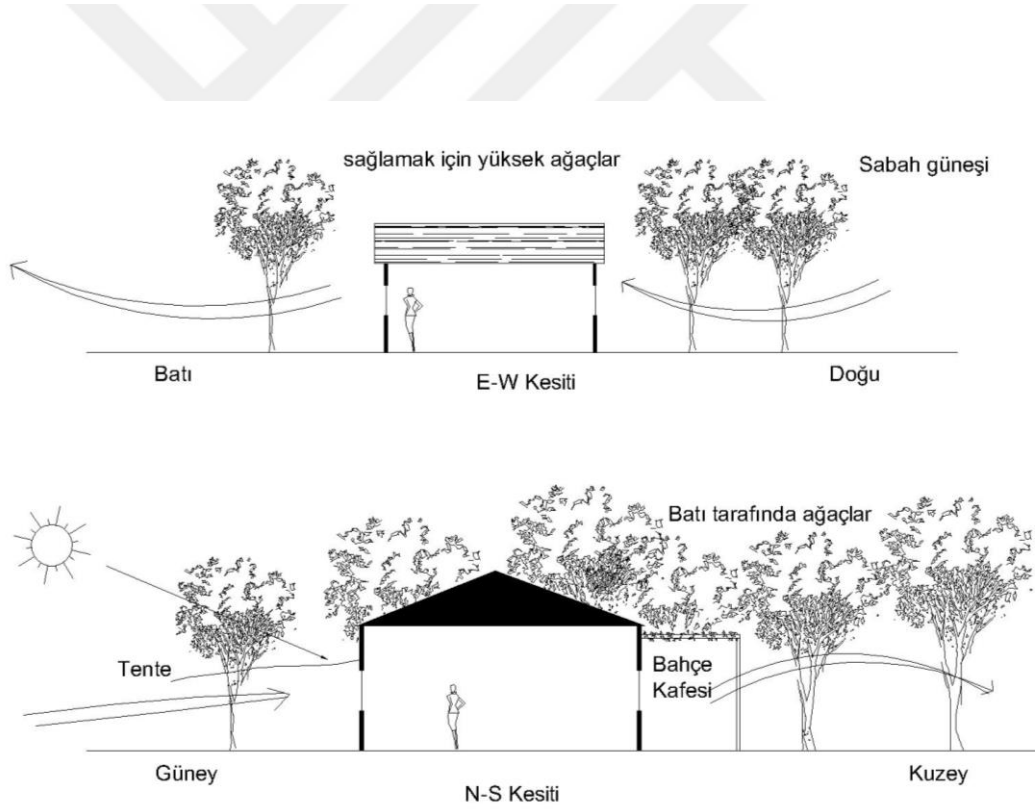
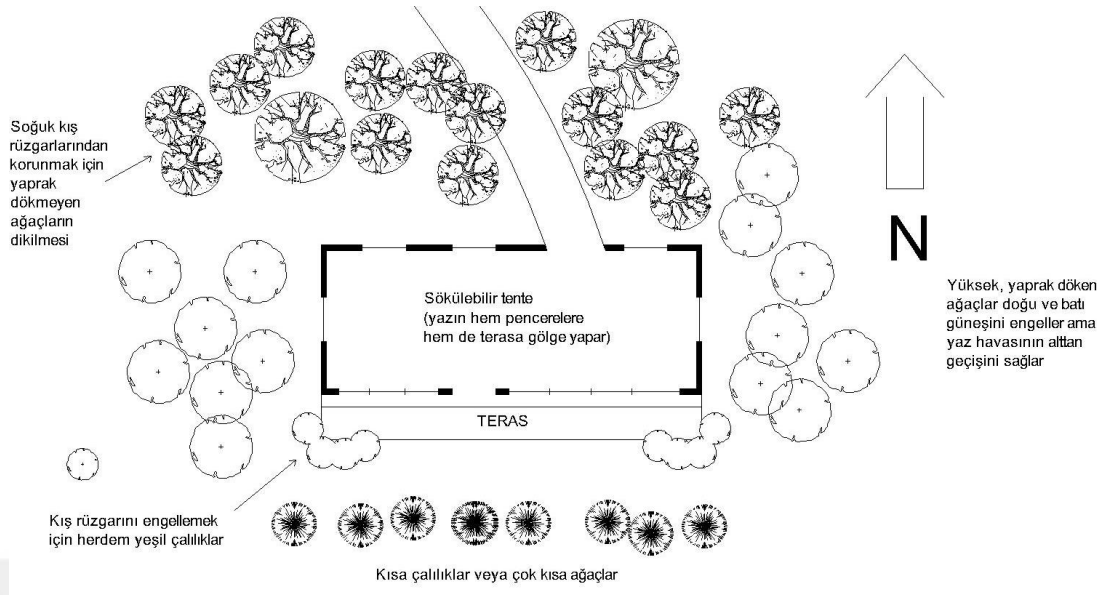
ağaçların ve bodur bitkilerin rüzgâr kırıcı olarak kullanılmasıyla binaların ısı kayıpları azaltılabilir. Bu amaçla kullanılan ağaçların boyları ve yapıdan uzaklıkları doğru konumlandırılmalıdır. Yaprak dökken ağaçlarsa kışın güneşten yaralanmayı engellemezken, yazın gölgeleyici elemanlar olarak kullanılabilir. Bu nedenle peyzaj için kullanılacak ağaçların şekli, yaprak dökme ve gölge atma özellikleri dikkate alınarak kış ve yaz mevsimi için optimum yarar sağlayacak şekilde yerleştirilmelidir (Soysal 2007).

İklim özelliklerine göre yapılması gereken peyzaj düzenlemesi çizimlerde ayrıntılı olarak ifade edilmektedir (Şekil 2.12, Şekil 2.13, Şekil 2.14, Şekil 2.15).

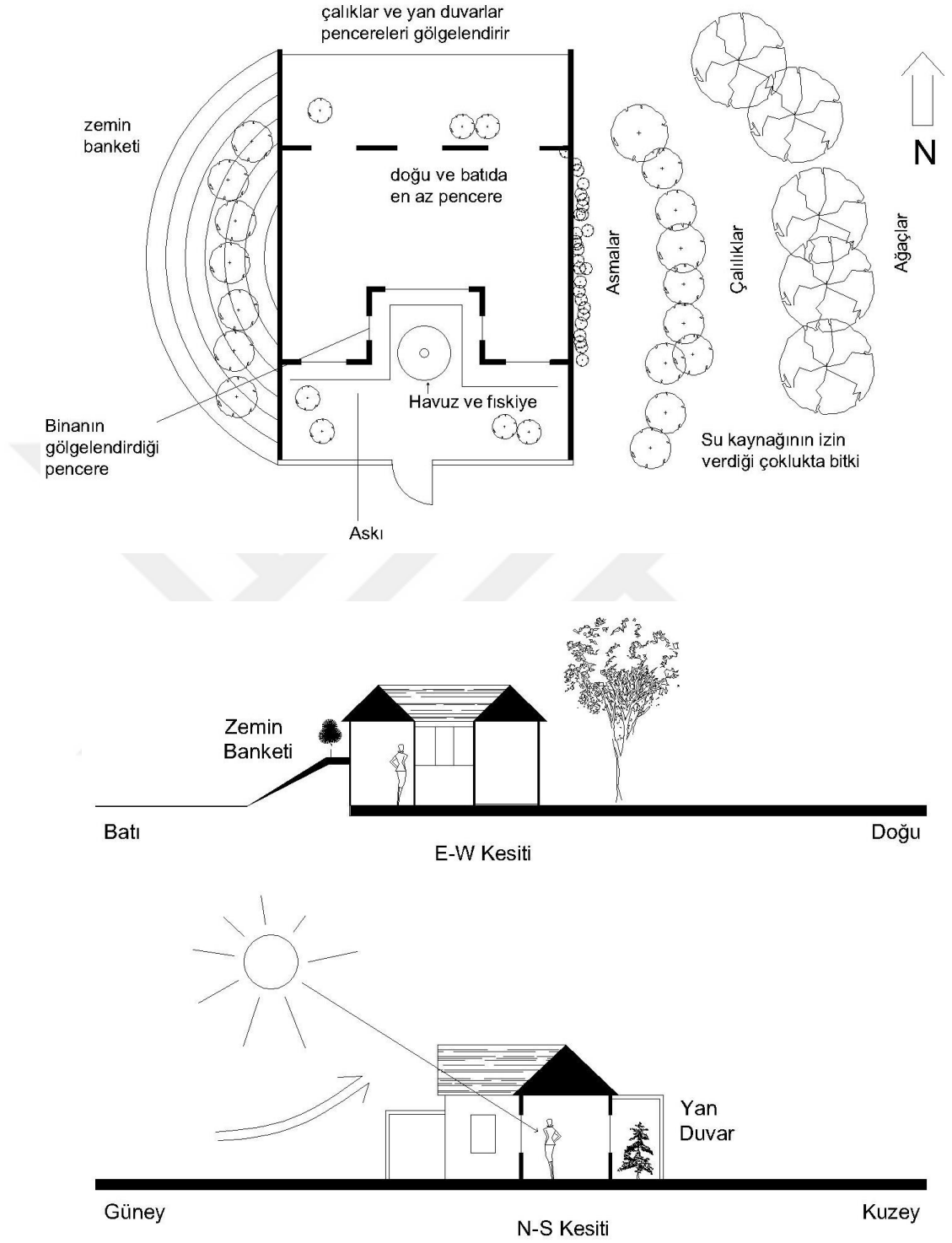
Bitkisel doku oluşturulurken, gerekli görülen durumlarda, yapı ile bütün bir şekilde de düşünülebilir. Sarmaşık gibi bitkilerle oluşturulan yüzeyler, güneş ışığına maruz kalan dış duvarların aşırı ısınmasını önlerken, bitki yaprakları yapıdan dışarıya çıkan ısının bir kısmını kendi bünyesinde muhafaza edip, bir kısmını yapıya geri yansıtırlar. Bu sayede %10'a yakın bir ısı tasarrufuna ulaşmak mümkün olmaktadır. (Çimen 1989, Karaca,2008)

Ayrıca yeşilin iç mekânda kullanımı ile doğal serinletme, aşırı ısınmanın kontrolü ve iç mekân hava kalitesinin artması sağlanabilir. Havadaki CO₂ ve CO gazlarını, alerjik reaksiyonlara neden olan kimyasalları temizleme özelliğine sahip bitki türlerinin seçilmesi ile iç ortam hava kalitesi önemli ölçülerde iyileştirilebilir.

Bitki örtüsünün yapıdaki kullanım alanlarından biri de çatılardır. CO₂'yi emip oksijen üretmeleri, havadaki toz parçacıkları ve toksikleri filtre etmeleri gibi çevresel faydaları olan yeşil çatıların yaygınlaşmasıyla, doğal yaşamın parçası olan bazı canlı türlerinin terk ettikleri şehirlere tekrar geri dönmesi de sağlanabilir. Çatı bahçeleri sadece görsel anlamda avantaj sağlamamakta, yalıtım malzemesinin ultraviyole ışıklardan ve hızlı sıcaklık değişimlerinden korunmasında ve ömrünün uzamasında da etkili olmaktadır (Karaca 2008) (Şekil 2.16).

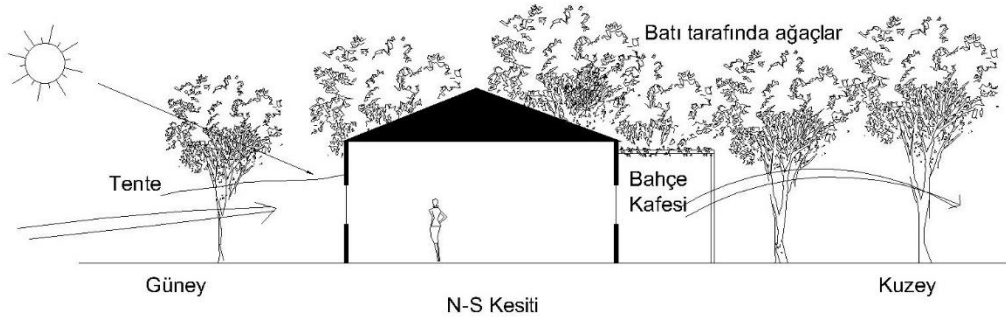
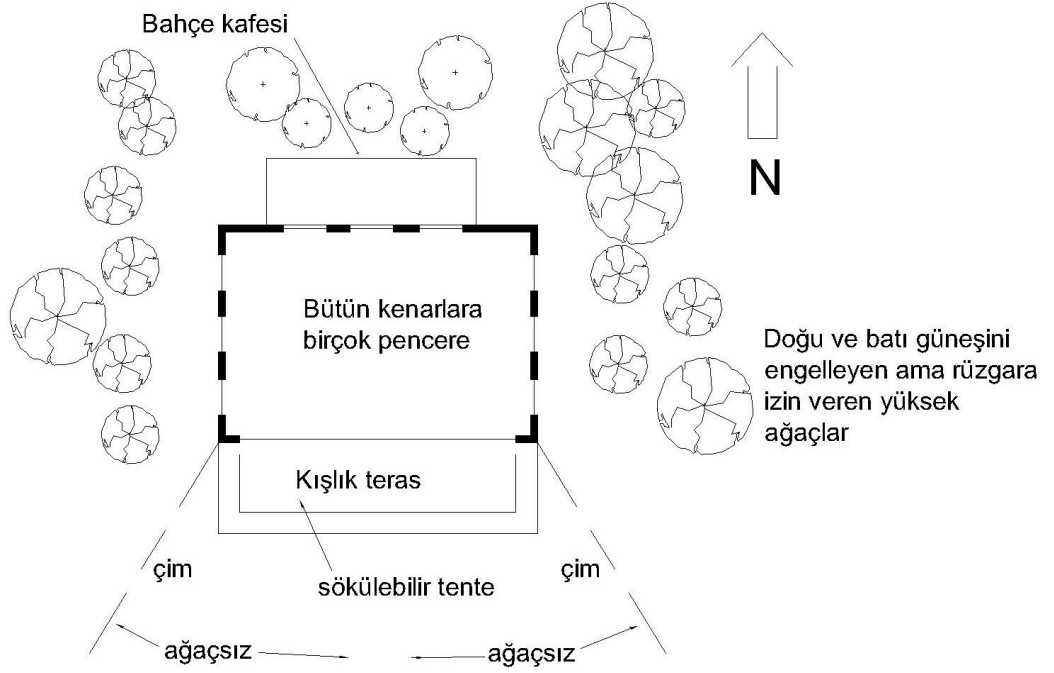


Şekil 2.12 Sıcak iklim bölgelerinde bitkilendirme teknikleri (Lechner 1991)

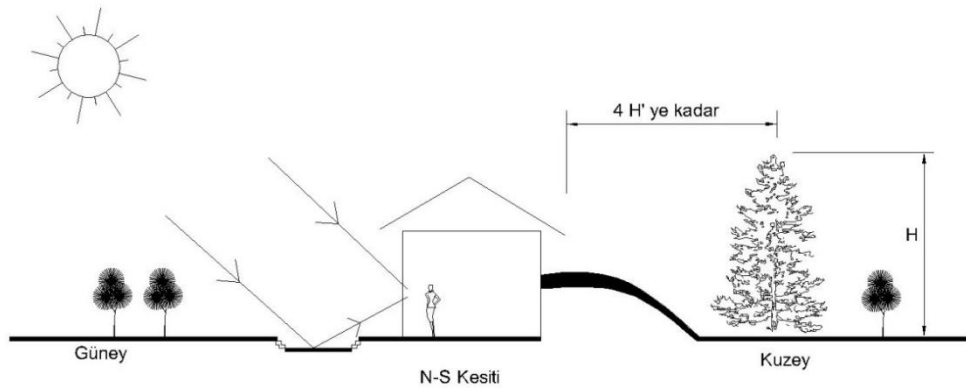
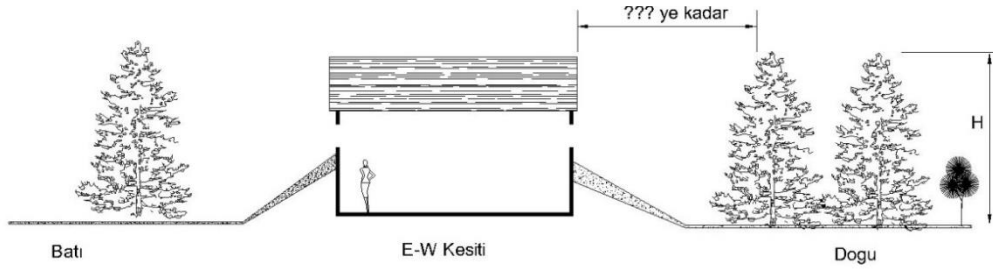
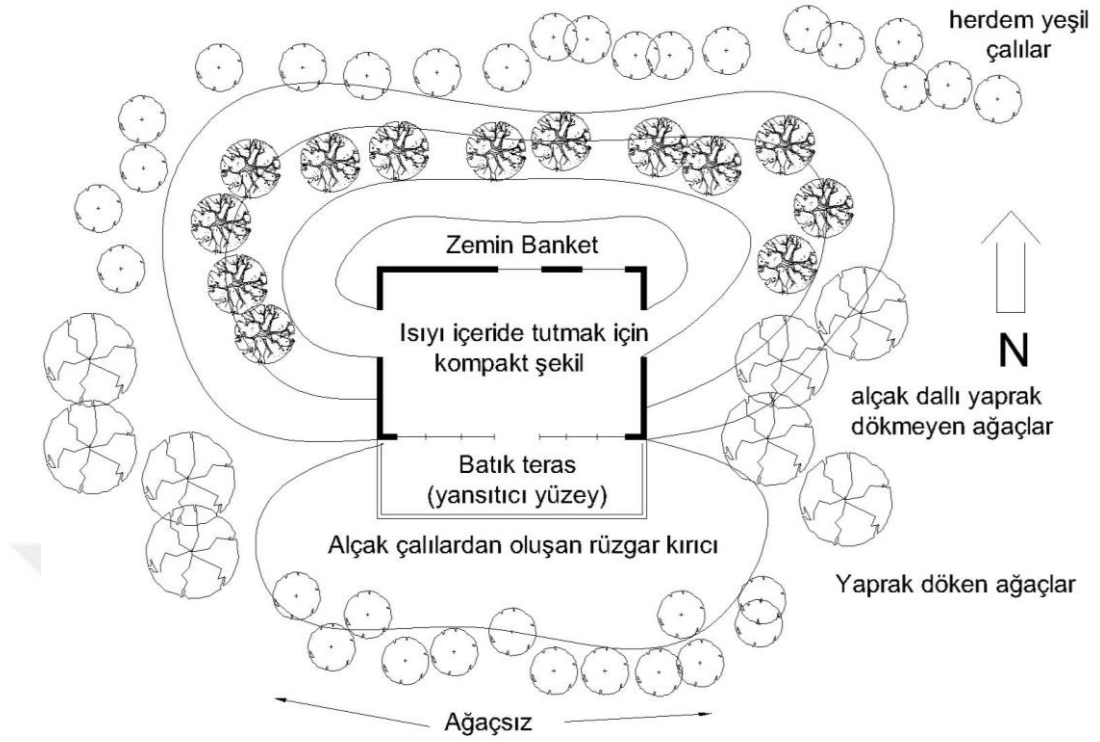


Şekil 2.13. Sıcak ve kuru iklim bölgelerinde bitkilendirme teknikleri (Lechner 1991)

Yazlık Terası gölgelendirmek için ağaçlar



Şekil 2.14. Sıcak ve nemli iklim bölgelerinde bitkilendirme teknikleri (Lechner 1991)



Şekil 2.15. Soğuk iklim bölgelerinde bitkilendirme teknikleri (Lechener 1991)



Sıcak-Nemli

Tasarım: Havalandırma ve gölgelendirme
Ağaçlar: Doğal, gölgelik geniş yapraklı yüksek gövdeli



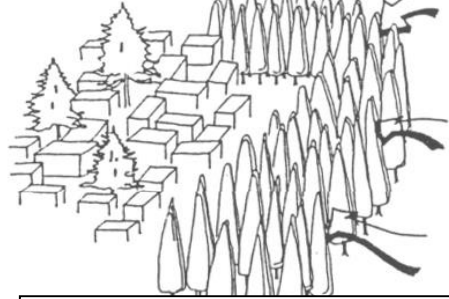
Sıcak-Kuru

Tasarım: Gölge, buharlaşmayla soğutan ve geniş ağaçlık bölgelerden esen rüzgarla soğutulmuş



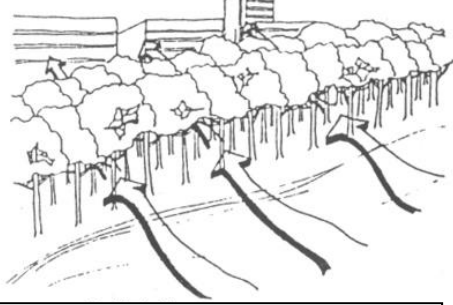
Sıcak-Nemli

Tasarım: Gün ışığı, güçlü rüzgârlara karşı koruma
Ağaçlar: Kara ladin, çam.



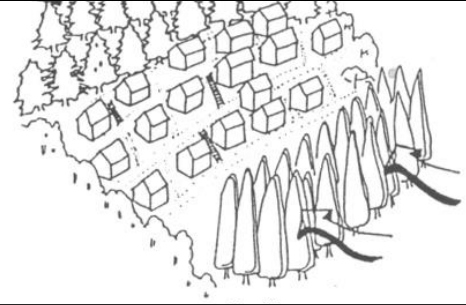
Soğuk-Kuru

Tasarım: Güçlü rüzgârlara karşı koruma
Ağaçlar: Sedir, bariyer, koruyucu duvar



Dağ Eteği

Tasarım: Güçlü rüzgârlara karşı koruyucu ağaçlık bölge sağlar



Deniz kenarı

Tasarım: Havalandırmayı sağlamak için ağaçlarla güçlü rüzgârlara karşı koruma
Ağaçlar: Bottle ağacı (Avusturyalı bir ağaçmış)
Koruyucu: Havalandırmayı kısıtlar

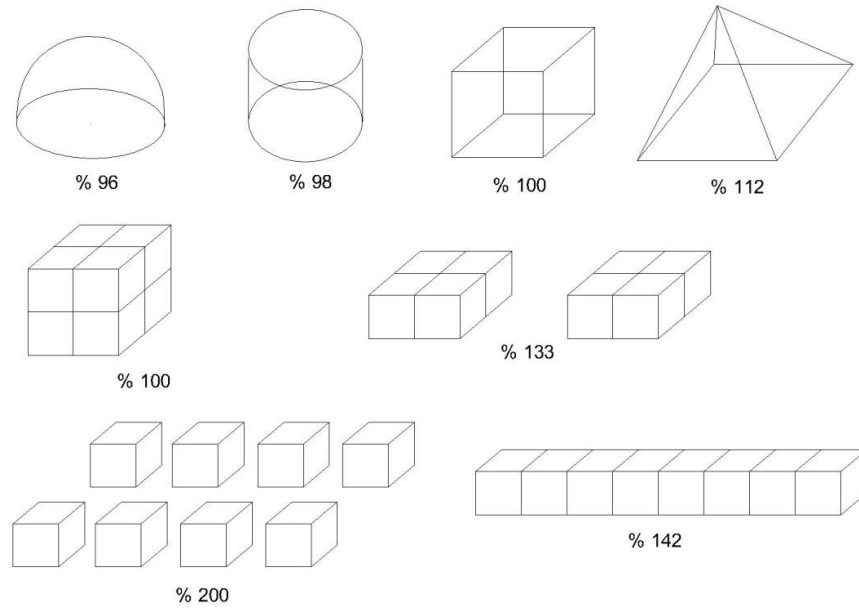
Şekil 2.16. Bitkisel doku oluşturma prensipleri (Lechner 1991)

2.4.2.Yapısal Değişkenler

Bu bölümde yapısal değişkenler ‘Yapı Formu’, Yapının Yönlenmesi’, ‘Yapının Konumlandırılışı’, ‘Mekân Organizasyonu’, ‘ Havalandırma Durumu’, ‘Yapı Kabuğu’ alt başlıkları halinde incelenecektir.

2.4.2.1.Yapının Formu

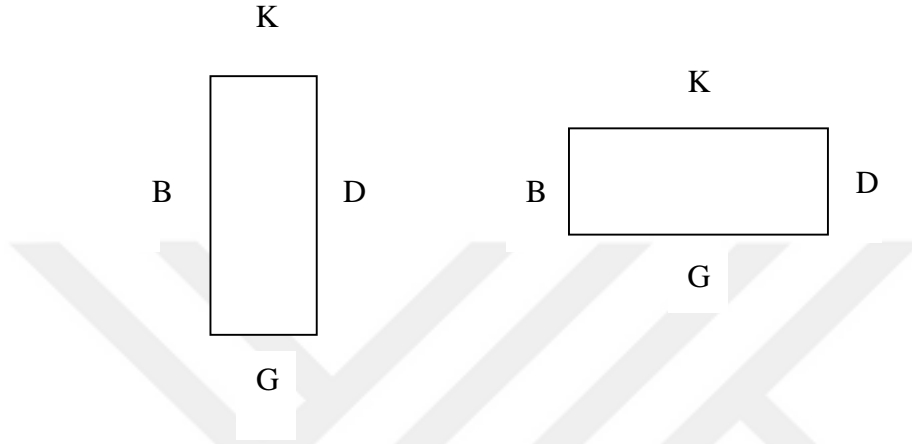
Bina formu; plandaki bina uzunluğunun bina derinliğine oranı, bina yüksekliği, çatı türü, eğimi, cephe eğimi ve çıkıntıları gibi binayı oluşturan geometrik değişkenler aracılığıyla tanımlanabilir. Binaların ısı kaybı- kazancı, mekânı oluşturan yüzeylerin hacme olan oranlarına bağlı olarak artar veya azalır (Göksal ve Özbalta 2002). Aynı hacme sahip farklı geometrik formların yüzey alanlarının düşükten yükseğe doğru sıralanışı; küre, silindir, küp ve dikdörtgen prizmasıdır.(Soysal 2007) (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. Yapı formu yüzey ilişkisi (Daniels 1979)

Şekil 2.17 de farklı geometrik formlarla aynı büyüklükteki hacimler oluşturulmuştur. Küpün yüzey alanı %100 kabul edilip diğer geometrik formların yüzey alanları ile karşılaştırılmıştır. En düşük dış yüzey alanı (%96) yarım kürenindir. Küpün 8 küpe bölünerek oluşturulduğu hacimde ise yüzey alanı iki katına çıkmıştır (%200).

Tasarımda plan şemasındaki fazla hareketli dış konturlar bina yüzeyinin gereksiz olarak büyümesine sebep olur. Bu da soğuk iklim bölgeleri için ısıtma enerjisinin artması demektir (Soysal 2007). Kuzey güney aksında yönlene tüm formlar kış ve yaz koşullarında geniş doğu ve batı cephesi vermelerinden dolayı tercih edilmemelidir (Şekil 2.18) (Şekil 2.20).



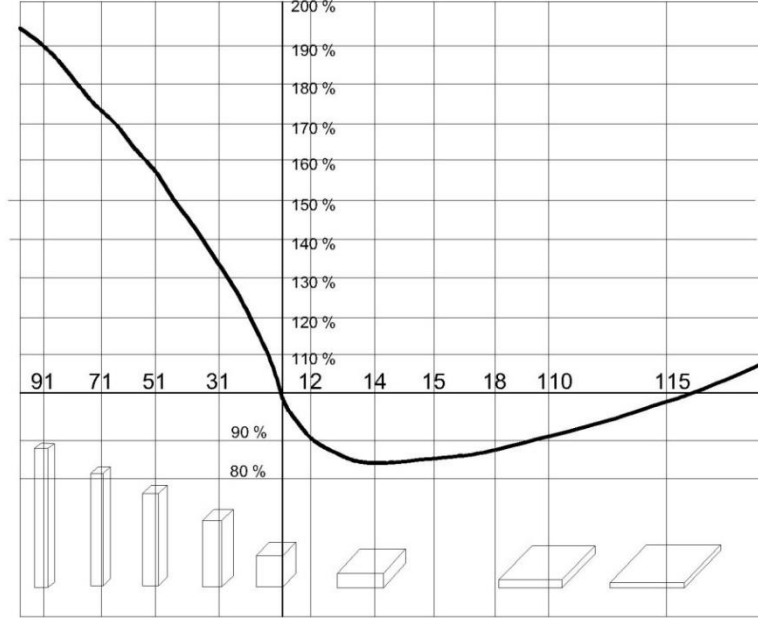
Şekil 2.18. Kuzey güney, Doğu aksında yönlene formlar (Soysal 2007)

Hemen hemen tüm iklim bölgelerinde ve enlemlerde doğu batı yönünden yerleştirilen binalar geniş güney cephesinde kontrollü güneş kazancı sağlarken, kuzey cephelerde ise ısı kaybının minimize edilmesi kaydıyla en uygun çözümü sunarlar. Form uzunluğunun optimizasyonu iklim tipine bağlıdır.

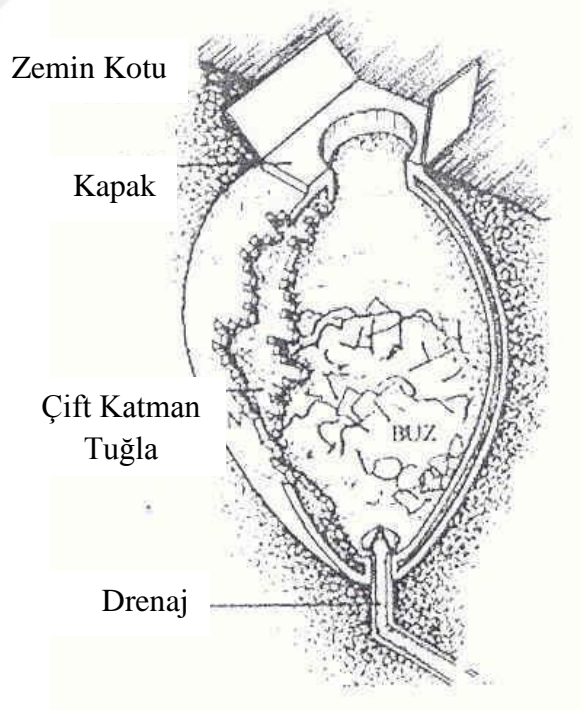
Soğuk ya da sıcak-kuru iklim bölgelerinde kompakt yani yüzey alanı azaltılmış formlar diğerlerine nazaran daha az dış yüzeye sahip olduğundan, ısı kayıp ve kazançlarının kontrolünde önemli avantajlar sağlamaktadır. Optimum bina formu saptanması konusunda yapılan çeşitli teorik ve deneysel çalışmalar sonucunda birçok diyagram oluşturulmuştur. Kare taban alanı ve aynı hacim miktarının farklı kütle oranlarına sahip binanın görelî ısı kayıplarını gösteren eğri Şekil 2.19 incelendiğinde (küp %100 alınmıştır.) binaların boyları yükseldikçe ısı kayıplarının arttığı gözlemlenebilir. İdeale en yakın çözümde yükseklik ve derinlik oranı 1/4' tür (Anon 1979, Soysal 2007).

Buz evleri ısı korunumuna iyi bir örnektir. Buzdolapların olmadığı dönemlerde, göl veya havuzlardan elde edilen buz kütlelerini muhafaza etmeyi amaçlamıştır. Alan/ hacim oranı düşük tutulmaya çalışılarak içerideki ısının korunması sağlanmıştır (Şekil 2.20). Kutup evleri de geodezik kubbe formu ile Alan / hacim oranını minimize etmektedir. Rüzgârın

etkisinin de bu formla azaltıldığı söylenebilir. Isınan havanın yükselmesi prensibi dikkate alınarak, yaşam alanları yüksek kote yerleştirilmiştir (Soysal 2007).

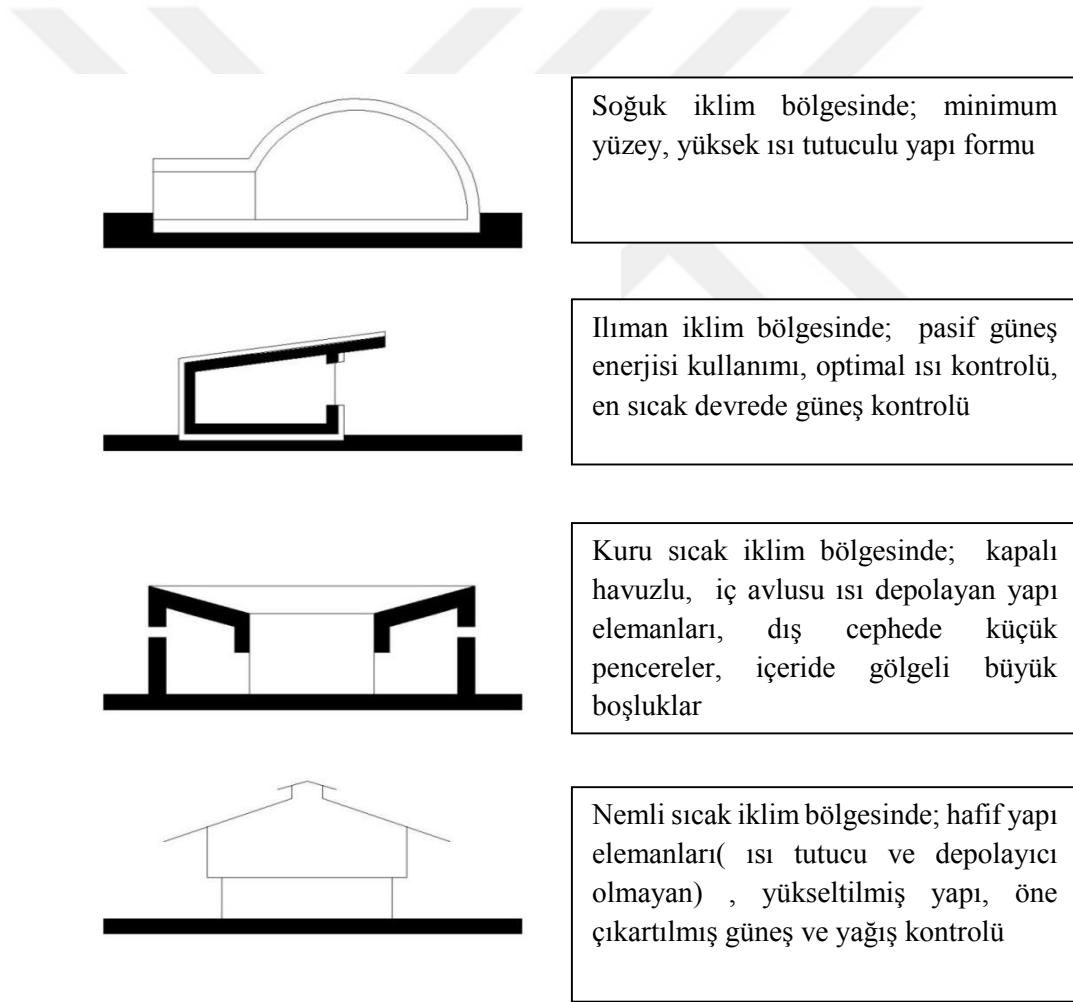


Şekil 2.19. Bina formu/ısı kaybı ilişkisi (Anon, 1979)



Şekil 2.20. Sussex'de buz evi (Beamon ve Roaf 1990)

Yapı formu; yapı biçimi, yapı yüksekliği, çatı türü, eğimi, cephe yüzeyinin eğimi gibi binaya ilişkin geometrik değişkenler aracılığıyla tanımlanabilir. Mekânları sınırlandırarak dış etmenlerden koruyan bina kabuk yüzeyinin büyüklüğünün bina hacmine oranı, enerji kayıp ve kazançlarında önemli rol oynamaktadır (Göksal ve Özbalta 2002). Bu oranın yüksek değerde olduğu yapılar iklim ve dış çevre koşullarıyla daha fazla etkileşim halindedir. Kabuk alanı arttıkça ısı kayıpları çoğaldığından, aynı hacmi kaplayan en basit geometrik şekillerde ısı kaybı en az iken, yüzey / hacim oranı arttığında ısı kayıpları da artmaktadır. Kompakt yapıları yapı formu diğerlerine nazaran daha az dış yüzeye sahip olduğundan ısı kayıplarında ve kazançlarının kontrolünde önemli avantajlar sağlamaktadır (Karaca 2008) (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. Değişik iklim bölgelerindeki bina ve tasarım kriterleri (Yılmaz 1983)

2.4.2.2.Yapının Yönlenmesi

Yönlenme iç iklimsel konfor açısından büyük önem taşımaktadır. Yerel, topografik koşullara uyum, mahremiyet, gürültüden kaçma, manzaraya açılma, rüzgâr ve güneş ışınımlarından gerektiğinde yararlanma ve korunma gibi pek çok faktörün bileşkesi olarak çözülmektedir (Utkutuğ 2007, Soysal 2007).

Yön, güneş ışınımının ısıtıcı ve rüzgârın serinletici etkisinden yararlanmada önemli bir etkidir. Yönle göre değişim gösteren dış iklim koşulları, iklimsel konfor gereksinimlerine bağlı olarak optimize edilebilir. Bu nedenle binaların yönlendirilişine bağlı olarak, bina kabuğunun dış yüzeyindeki güneş ışınım yoğunluğu ve dolayısıyla kabuğun birim alanından geçen ısı miktarı da değişim göstermektedir (Göksal ve Özbaltacı 2007).

Güneş ışınım şiddeti, bölgesel rüzgârların hızı, kalite ve sürekliliği gibi özellikler yönle göre değişiklik gösterir. Mevsimlere göre yeryüzünün farklı noktalarında, farklı yönlerden, farklı saatlerde, farklı şiddette güneş ışınımı alması, yapının yönlenmesine göre farklı aydınlatma olanağı ve ısı kazancı sağlanmasına neden olur. Bu nedenle optimum yönlenmenin güney ile yaptığı açı hakim rüzgar yönleri binanın yerine göre hesaplanarak, saptanmalıdır. Güneş ışınımı ve rüzgâr etkilerinin optimizasyonu yapının yönlenmesiyle sağlanabilmektedir. Yönlenme ile ilgili olarak dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır:

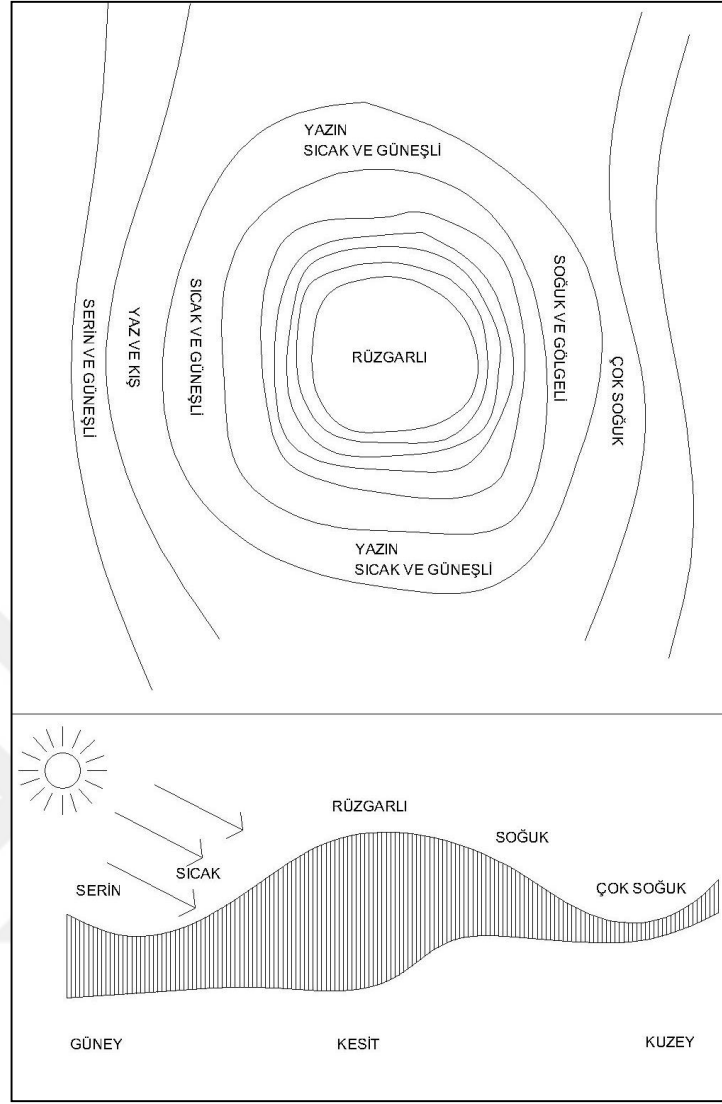
- Yüksek binalar alçak binalardan daha fazla rüzgâr alır ve daha fazla ısı kaybına maruz kalır.
- Birim hacme düşen çatı alanı arttıkça çatının ısı performansına dikkat edilmesi gerekir.
- En iyi yaşam koşullarının sağlanması için yani yazın serin kışın ılık olabilmesi için bina ana cephelerinin güneye yönlenmesi gerekir.
- Doğu ve batı cepheleri, güneydoğu-güney-güneybatı açılmalarına sahip olan cephelere göre yazın daha sıcak, kışın daha soğuk olurlar.
- Güneydoğu ve güneybatıya bakan cephelerde birim alana düşen ışınımın daha düzenli olmasına karşın, güneşin daha alçak bir yörüngede olmasından dolayı ışık kontrolü zordur. Yazın güney cepheler daha sıcak, kışın ise daha soğuk olurlar.

- Isıtma yükü daha fazla olan iklimsel koşullarda, kuzey duvarı sağır tutularak, güney cephesi pencereleri ile (ısı kaybı düşük camlar kullanılarak) ve kuzeyde kalan bölgeler içinde güneye bakan çatı pencereleri ile güneş kazancının zenginleştirilmesi gerekir.
- Doğu ve batıdan alınan güneş ışığının, kontrolünün zor olması nedeniyle binanın ana cephesinin ve camlı alanlarının bu yöne alınmaması, zorunluluk gereği konan camlı alanlarda güneş kontrolü yapılması, binanın doğu-batı aksında güneye daha geniş bir cephe oluşturacak şekilde lineer oturtulması tasarımın temel prensibi olarak kullanılır (Soysal 2007).

Güneş ışınımının ısıtıcı ve rüzgârın serinletici etkisinden yararlanmada yön önemli bir etkidir. Yöne göre değişim gösteren dış iklim koşulları, iklimsel konfor gereksinmelerine bağlı olarak optimize edilebilirler. Bu nedenle yapıların yönlendirilişine bağlı olarak, yapı kabuğunun dış yüzeyindeki güneş ışınımı şiddeti ve dolayısıyla kabuğun birim alanından geçen ısı miktarı da değişkenlik gösterir (Göksal ve Özbalta 2002, Karaca 2008) (Şekil 2.22).

Yapının yönlendirilmesinde; bölgenin iklim koşullarının gerektirdiği ihtiyaçlar önem kazanmaktadır. Güneş ışınım şiddeti, bölgesel rüzgârların hızı, kalite ve süreklilik gibi özellikleri yönler göre değişim gösterirler. Mevsimlere bağlı olarak yeryüzünün farklı noktalarında, farklı yönlerden, farklı saatlerde, farklı şiddette güneş ışınımı alınması, yapıların yönlendirilme koşullarına bağlı olarak farklı miktarda doğal aydınlatma olanağı ve ısı kazancı sağlanmasına neden olur. Bu nedenle optimum yönlendirilmenin güney ile yaptığı açı ve hakim rüzgâr yönleri yapıların yerine göre hesaplanarak saptanmalıdır.

Yapıların yönlendirilmesi yolu ile güneş ışınımı ve rüzgâr hareketlerinin etkilerinin artırılması ya da azaltılması olanaklıdır. Sıcak iklimlerde güneşten sağlanacak ısı kazancını azaltırken doğal havalandırma için hâkim rüzgâr etkisinden yararlanabilecek; soğuk iklimlerde ise güneşten ısı kazancını arttıracak ve rüzgârların etkisinden korunacak şekilde yönlendirilme uygulanmalıdır (Karaca 2008).



Şekil 2.22. Arazinin farklı yönlerdeki mikroklima özellikleri (Lechner 1991)

2.4.2.3. Yapının Konumu

Yapılar arası ve yapı grubu çevresindeki açık alanların tasarımında güneş ışınımı ve rüzgâr/ hava hareketi etkileri gibi tasarım kriterleri göz önünde bulundurulmalıdır (Soysal 2008).

Yapılar, aralarındaki aralıklara, yüksekliklerine ve birbirlerine göre olan konumlarına bağlı olarak, birbirleri için güneş ışınımı ve rüzgâr engelleri olarak işlev görebilirler. Bu nedenle güneş ışınımının ısıtıcı etkisinden pasif ısıtma ve iklimlendirmede yararlanma

veya kaçınma, binalar arasındaki açık mekânların ölçülerinin bir fonksiyonudur (Özdemir 2005).

Pasif iklimlendirmeden yararlanabilmek için yapılar arası açık mekan mesafeleri, binaların boyutlarına bağlı olarak optimal konumlanmalarının belirlenmesi gerekmektedir. Yapı aralıkları boyutlandırılırken güneşin doğuş ve batış saatleri dışında kalan ara saatler arazi eğimi, yönü ve yerleşme yoğunluğu açısından dikkate alınmalıdır.

Rüzgârın hızına bağlı olarak, yapı yüzeyinde oluşacak ısı kayıpları doğrultusunda yapı arkalarında oluşan iz dağılımı dikkate alınarak hâkim rüzgar doğrultusundaki bina aralıkları belirlenmelidir. Şekilde farklı yapıların yerleşme durumlarına göre oluşan hava hareketleri görülebilmektedir (Soysal 2008) (Şekil 2.23).

Güneşin gün boyunca cephelere göre açısız konumu yönlerine bağlı olarak değişim gösterdiğinden, uygun bina aralıklarının da bina dizilerinin yönlendirilişlerine göre değişim gösterecektir.

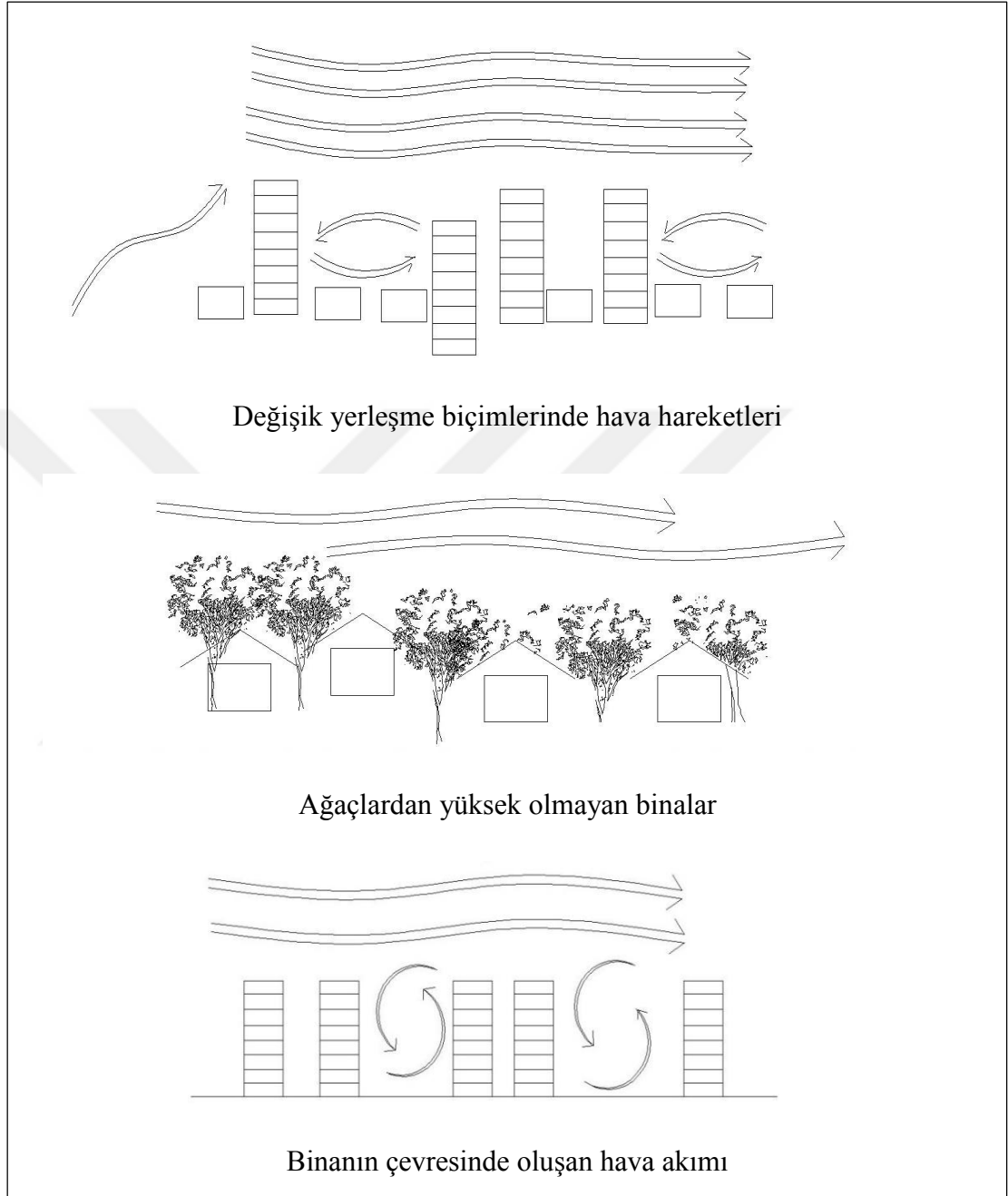
Yapılar arasındaki uzaklıklar, yapıların birbirlerinin güneş ışınımı kazançlarını ve yararlı rüzgâr etkilerini engellemeyecek şekilde belirlenmelidir. Daha önce de değinildiği gibi, yapılar birbirleri için güneş engelleri olduğu kadar rüzgâr engeli olarak da işlev görürler. İstenen iç rüzgâr hızının sağlanabilmesi açısından gerekli olan dış tasarım rüzgâr hızı, yapı aralıklarına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bina aralıkları azaldıkça dış tasarım rüzgâr hızı da azalmaktadır (Özdemir 2005).

Isı kayıplarını önlemek için geniş güney cephesi, fazla parçalanmamış, kuzeye karşı korunaklı kompakt bina cepheleri kullanılmalıdır. Rüzgâra açık bina cephesini en aza indirmek için bitişik nizam yapılar uygun önerilerdir.

Güneş ışınımı bir engele çarptığında (örneğin çevredeki bir bina) engelin etrafında, gün boyunca güneşin açısız durumuna bağlı olarak, bu engelin yaratacağı gölgelenmiş alanda boyutsal değişimler olacaktır (Özdemir 2005).

Rüzgâr ve hava hareketlerinden, binaların soğutma yükünü hafifletmesi amacına yönelik tasarım önlemlerinin binanın ısıtma yükünü artırmayacak şekilde optimize edilmesi gereklidir. Yapıların hakim rüzgar yönünde şaşırtnalı olarak yerleştirilmesi rüzgardan yararlanmayı arttırırken, yapıların birbiri ardına yerleştirilmesi rüzgardan korunmaya

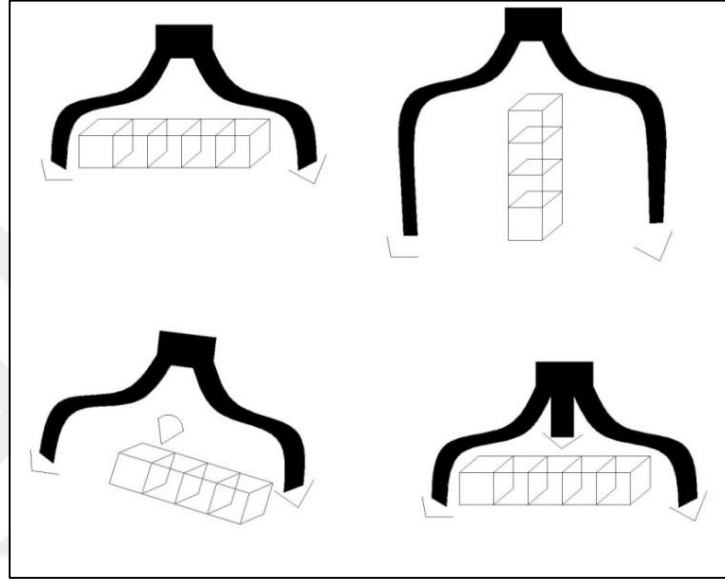
yardımcı olur. Her yapı (boyutlarına göre değişmekle birlikte) yüksekliğinin yaklaşık 6 katı rüzgârın ters yönünde korunma sağlamaktadır (Utkutuğ, Soysal 2007).



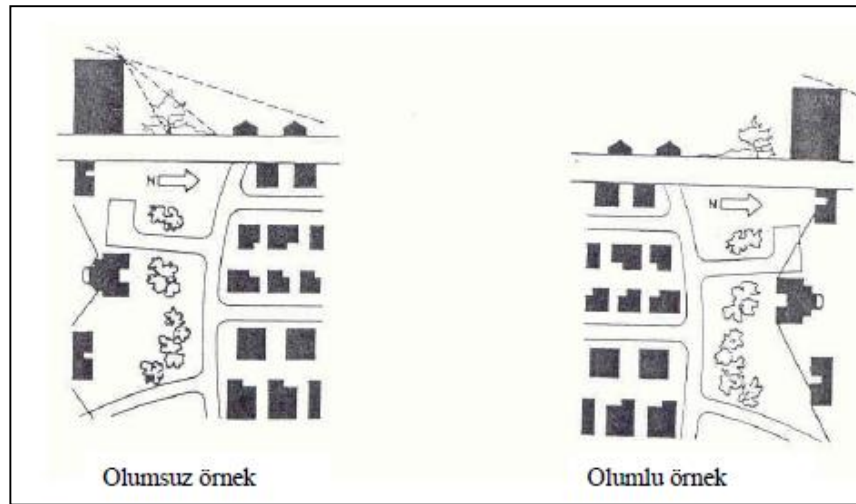
Şekil 2.23. Değişik yerleşme biçimlerinde hava hareketleri (Hillman ve Schreck 1983)

Görüldüğü gibi yapıların konumlandırılışında hâkim rüzgâr yönü enerji korunumu açısından oldukça önemlidir. Şekil 2.24’de ise rüzgâr tünelineki değişik formdaki binaların arkasında oluşan rüzgârsız alanlar görünmektedir.

İmar planları hazırlanırken, binaların güneş enerjisinden faydalanmaları göz önünde bulundurulmalıdır. Yüksek binaların alçak binaların güneşini kesmemesi dikkate alınmalıdır (Şekil 2.25).

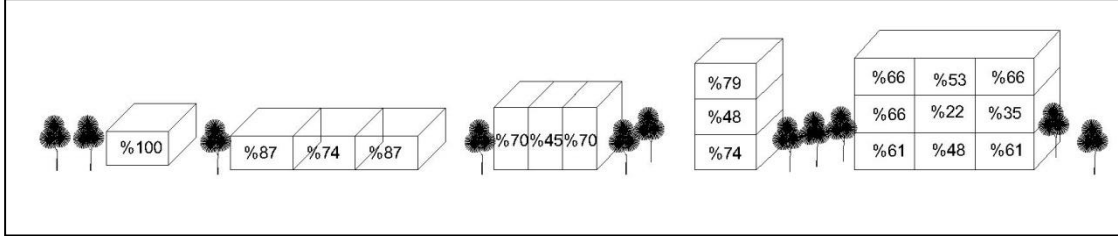


Şekil 2.24. Hâkim rüzgâr yönüne göre bina konumlandırılışı (Anon, 1979)



Şekil 2.25. İmar planı ve güneş enerjisi kullanımı (Schafer ve Weigert,1997)

Yapıların farklı şekilde bir araya gelmesi sonucu ısı kayıp oranları da değişmektedir. Özellikle toplu yerleşmelerin bu prensipler göz önünde bulundurularak tasarlanması gerekmektedir. Şekil 2.26 yapıların farklı şekillerde bir araya gelmesi sonucun ısı kayıp oranlarını göstermektedir (Tönük, 2001) (Şekil 2.26).



Şekil 2.26. Yapıların farklı şekillerde bir araya gelmesi sonucun ısı kayıp oranları (Tönük 2001)

Güneş ışınımı ve rüzgâr gibi dış iklim elemanları yöne göre değişim gösterirler. Güneş ışınımının ısıtıcı ve rüzgârın serinletici etkisi yöne (veya binaların yönlendiriliş durumuna) göre değişmektedir.

Ayrıca binaların yönlendiriliş durumlarına bağlı olarak, binayı çevreleyen kabuk elemanının dış yüzeyindeki güneş ışınımı yoğunluğu ve dolayısıyla kabuğun birim alanından geçen ısı miktarı değişkenlik göstermektedir. Dolayısıyla binalarda iklimsel konfor koşullarının sağlanmasında yönlendiriliş durumu önemli bir parametredir (Özdemir 2005).

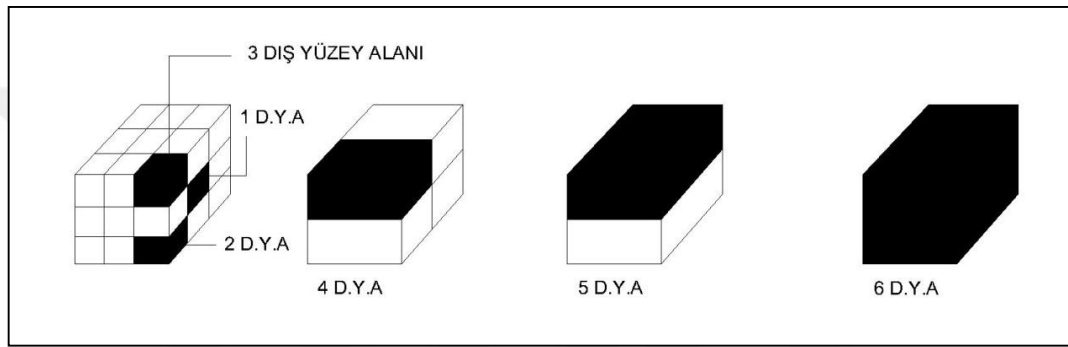
2.4.2.4.Mekân Organizasyonu

Tasarım sürecinde doğru kararlar alınması şekillenecek mekân organizasyonunu ve buna bağlı olarak kullanılan enerjiyi de etkileyecektir. Mekânı çevreleyen elamanların yüzey sıcaklıklarının bir fonksiyonu olan, ortalama ışımsal sıcaklık, kapalı bir mekânda iklimsel koşulları etkileyen önemli değişkenlerden biridir.

Mekânı oluşturan kabuk elamanlarının yüzey sıcaklıkları, yönlenme ve güneş ışınlarından farklı yararlanma gibi sebeplerin yanında kabuk elemanının opak ve saydamlık oranındaki değişimler nedeniyle birbirinden farklılık gösterirler. Kapalı bir mekânda iklimsel konforu etkileyen hava sıcaklığı ve ortalama ışımsal sıcaklık gibi değişkenlerin

değerleri, o mekânı çevreleyen bina kabuğunun yüzey alanının büyüklüğü ile doğrudan ilişkilidir (Yılmaz 1988).

Şekilde 2.27’de görüldüğü gibi, mekânın bina içindeki konumu, mekân oluşturan kabuk elemanların yüzey alanlarının adedini ve büyüklüğünün belirlenmesinde etken rol oynar. Bu nedenle, her mekânın içindeki iklimsel koşullar kabuk elemanlarından geçen ısı miktarlarına bağlı olarak, değişiklikler gösterecektir. Mekânın bina içerisindeki konumu, iklimsel konfor ve enerji tasarrufunu etkileyen önemli değişkenler olarak kabul edilmelidir (Demirbilek ve Yılmaz 1996).



Şekil 2.27. Mekân/ dış yüzey alanı adedi ilişkisi (Dörter, 1994)

Enerji bilinçli tasarımda ortak özellik ve konfor şartları gösteren hacimlerin bir arada toplanması, soğuk ısı bölgelerin **tampon bölge** olacak şekilde kullanılması ve hava hareketlerine dikkat edilmesi ısıtma, soğutma ve aydınlatma için harcanan enerjiden tasarruf elde edilmesine yardımcı olur. Isıtılmayan hacimlerin, servis ve sirkülasyon alanlarının tampon bölge olarak kullanılmasıyla ısıtma ihtiyacının fazla olduğu mekanlar korunmuş olur. Bu tampon bölgeler kışın iç hacimlerin soğuma süresini uzattığı, yazın da iç mekânları gölgeleyerek yüksek sıcaklıkları engellediği için önemlidir. Yapılarda banyolar, tuvalet, çamaşırhane gibi daha az ısı gerektiren hacimlerin dışa yakın yerleştirilmesi ısı ihtiyacı fazla olan yaşama mekânlarının daha korunaklı alanlara yerleştirilmesi sağlanabilir.

Tampon bölgeden kasıt, sıcaklığı belirli bir düzeyde bulunmayan, yaşama mekânlarının sıcaklığı ile dış hava sıcaklığı arasında değişiklik gösteren mekânlardır.

Bu mekânlar komşu mekânlar aracılığıyla ısınırlar. Bu ısınmanın miktarı; mekânı çevreleyen duvar ve döşemelerin genişliğiyle, mekânın konumuna bağlıdır. İç duvarların yüksek ısı transferi ve kapılardan kaynaklanan ısı akışı nedeniyle ısıtılan ve ısıtılmayan mekânlar arasındaki sıcaklık farkı çok azdır. Tampon bölge ile ısıtılan mekân arasındaki duvarın ısı iletkenliğinin fazla olduğu durumlarda sıcaklığı daha az olan tampon bölgeye ısıtılan mekândan ısı transferi olmaktadır. Bu yüzden tampon bölge ile ısıtılan mekân arasında ayırıcı olan yapı elemanların yalıtım düzeyinin iyi olması gerekmektedir. Tampon bölgelerin ısı yalıtımı yerine kullanılmaması gerekmektedir. Bir binada birden fazla tampon bölge kurgulanacaksa bu mekânların birbirine yakın (alt alta veya yan yana) olması faydalıdır.

Tampon bölge oluşturan mekânlar, ısı transferi ve havalandırma sırasında oluşacak ısı kayıplarını azaltmada önemli rol oynamaktadırlar. Merdiven holleri, garajlar, kilerler ve sandık odaları gibi ısıtılmayan mekânlarla yapı çevresinde kullanılan bitkiler rüzgâr nedeniyle oluşacak ısı kayıplarını azaltarak tampon bölge oluştururlar. Yapı girişlerindeki rüzgârlıkların özellikle şiddetli rüzgâra maruz kalan bölgelerde kullanımı önemlidir. Güney cephede şeffaf yapı malzemeleri ile oluşturulacak tampon bölgeler güneş enerjisi için kolektör görevi üstlenirler ancak bu mekânların yazın aşırı ısınmaya karşı tedbirlerinin alınması gerekmektedir.

Termal tampon zon olarak bodrum katlar gösterilebilir. Toprağın kış aylarında bile iki metre derinliğe kadar +4°C ile +10°C arası sıcaklıkta olması, toprak içindeki yapı bölümlerinin dış hava sıcaklığından fazla etkilenmemesini sağlar. Toprakla bodrum kat arasında ısı yalıtımı yapılması bu etkiyi daha fazla artırır. Bu mekânlarda kontrollü havalandırma yapılırsa yazın sıcak günlerde yaşama mekânı olarak kullanma olanağı vardır. Bodrum katların ısıtılıp ısıtılmaması kullanıma bağlıdır (Soysal 2007).

2.4.2.5.Mekân içindeki havalandırma durumu

Yapılarda doğal hava dolanımı basınç veya sıcaklık farkından kaynaklı hava hareketleri ile oluşur. Havayı negatif basınç açıklıklardan almak ve pozitif basınç açıklıklardan boşaltmak havalandırmayı güçlendirir.

İçeri alınan havanın ayrı bir çıkış açıklığında dışarı verilmemesi hava dolanımını azaltırken karşıt açıklıkların uygun basınç alanlarına yerleştirilmesi hava değişimini

hızlandırır. Havanın serinletici etkisinden yararlanmak için hava hızı, değişim miktarından daha önemlidir. Karşıt yüzeylerde eşit alanda havalandırma açıklıkları ile düzgün hava akımları oluşturulabilmektedir.

Etkin bir hava dolanımı sağlamak için havalandırma açıklıkları duvarın ortasında olmalı ve hava akımı yaşama bölgesine yönlendirilmelidir. Pencere dışındaki saçaklar da havayı yakalayıp içeri yönlendirmekte ve hava akımının oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Pencerelemlerin karşılıklı duvarlara yerleştirildiği durumlarda bina hâkim rüzgâr aksına hafif açılı oturacak şekilde yerleştirmelidir.

Baca etkisi doğal konveksiyon yolu ile havalandırmayı zenginleştirir. Etkinin güçlenmesi için hava giriş çıkış alanları geniş, aralarındaki düşey kot mümkün olduğunca fazla olmalıdır. Havanın düşey yöndeki hareketinin engellenmemesine dikkat edilmelidir. Isıtma gerektiren dönemlerde de baca etkisi ve doğal havalandırma önemli ısı kayıplarına neden olduğundan, kontrollü yapılmalı ve atılan havadan enerjinin geri kazanılmalıdır.

Yapı kabuğundaki çatlaklar, pencere ve kapı gibi bileşenlerin sızdırma derzlerinden kaynaklı kontrolsüz hava değişimleri hava sızıntısıdır ve enerji kayıplarına neden olur. Hava sızıntısı dışarıdan içeriye (infiltrasyon) ya da içeriden dışarıya olarak iki şekilde olur (eksfiltrasyon).

Hava sızıntısı toplam ısı kayıplarının %20-%50 'si arasında bir bölümü oluşturmakta, enerji israfının yanı sıra, yapı sağlığını olumsuz etkileyen yoğuşmaya neden olmaktadır (Soysal 2007).

2.4.2.6.Yapı Kabuğu

Yapı kabuğu, yapıyı iç ve dış ortamdan ayıran; yatay, düşey ve eğimli tüm yapı bileşenlerinin oluşturduğu yapı ögesidir. Dış çevreden yapıya bakıldığında ilk algılanan çatı ve cephe yapının kabuğunu oluşturmaktadır.

Yapı kabuğu; enerji korunumu ve iklimsel konforun sağlanmasında tasarımcının kontrolünde olan en önemli değişkendir (Karaca 2008). İklimsel koşulların kontrolü açısından önem taşıyan yapı kabuğu öncelikle rüzgâra, yağmura, sığağa ve soğuğa karşı koruma sağlamalıdır. Bu anlamda ısı kayıplarının azaltılması ve iç çevre sıcaklıklarının denetiminde, ısı kütleden faydalanılmasında, ısı ve nem köprülerinin, hava sızıntılarının

önlenmesinde kabuk kuruluş biçimi, onu oluşturan opak ve şeffaf bileşenlerin özellikleri önem kazanmaktadır.

Bu tezde yapı kabuğu analizlerinde yapıların cephe yüzeyleri incelenecektir. Çalışmanın bu bölümünden itibaren yapı kabuğu olarak nitelenen kısımlar, cepheyi oluşturan kabuk elemanları olarak değerlendirilmiştir. 3.bölümde yapı kabuğu kavramı ayrıntılı olarak açıklanacaktır; yapı kabuğu-enerji etkinliği ilişkisi ayrıntılı olarak incelenecektir.



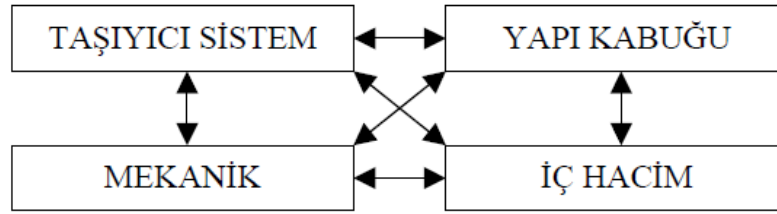
3. ENERJİ ETKİN TASARIMDA YAPI KABUĞU

Yapı kabuğu, yapıda iç ortam ile dış ortamı birbirinden ayıran, kullanıcıları dış iklimsel koşulların negatif etkilerinden koruyarak, iç ortamda gereken konfor koşullarının yaratılmasını, bunun sürdürülmesini sağlayan yapı elemanlarının (cephe bileşenleri, çatı, zemin döşemesi, v.b.) bütünüdür. Fiziksel çevre denetimi açısından kabuk tasarımında kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda iç ortamda belirli bir dengenin kurulması ve devamı amaçlanmaktadır. Bunun için yapı kabuğu, iç ve dış ortamlar arasında bir dengeleyici bileşen rolünü üstlenmektedir (Ayçam 2011).

Çalışmanın bu bölümünde yapı kabuğu kavramı açıklanacak ve ideal yapı kabuğu enerji etkinliği açısından incelenecektir.

3.1. Yapı Kabuğu Kavramı

Yapı sistemi, başlıca dört alt sistemden meydana gelmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Yapı alt sistemlerinin birbiriyle ilişkisi

Yapı kabuğu, yapı tasarımında temel sistemler olan, strüktür (taşıyıcı sistem), mekanik (teknik servisler) iç hacimler ile birlikte bütünün parçalarını oluşturmaktadır. Yapının her alt sistemi birbiri ile ilişkili olup, total performansı etkilemektedir (Rush, 1986, Gür 2007, Ayçam 2011).

Taşıyıcı sistem, yapıyı farklı yükler karşısında sürekli denge halinde tutan sistemdir. Yerçekimi, rüzgâr, sismik hareketler gibi doğal yüklerin yanında yapının kullanımından kaynaklanan programlı yükler de bulunmaktadır. Tüm yükler, sistemde denge konumunu korumak üzere strüktürel elemanlara dağıtılmaktadır.

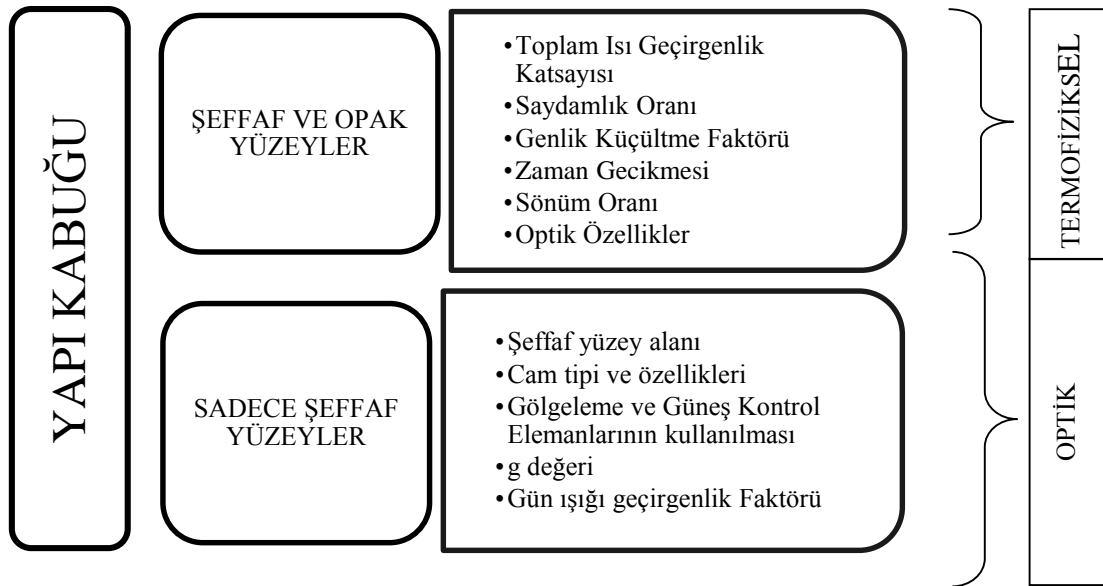
Mekanik sistem, kabuk ile birlikte ısı, akustik, ışıklandırma, güvenlik gereksinimlerini karşılamaktadır. Mekanik alt sistemler enerji ve su sağlanması, atıkların uzaklaştırılması, malzeme ve insan taşınması alanlarında görev üstlenmektedir. Mekanik sistem; ısıtma-

soğutma-havalandırma sistemleri, elektrik ve tesisat sistemleri, asansör, yürüyen merdiven, güvenlik ekipmanı, yangın güvenliğini kapsamaktadır.

İç hacim; tavan, duvar, ince yapı, eşyalar ve ekipmanı kapsamaktadır ve kullanıcının taleplerine, konfor şartlarını sağlayarak çözüm getirmelidir.

Yapı kabuğu, bir yapıda iç ortam ile dış ortamı birbirinden ayıran, iç ortamda kullanıcılar için gereksinilen konfor şartlarının yaratılması, sürdürülmesi ve çevresel etmenlerin kontrolü için uygulanan yapı elemanlarıdır. Kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda iç ortamda belirli bir dengenin kurulması ve devamı amaçlanmaktadır. Bunun için yapı kabuğu, iç ve dış ortamlar arasında bir dengeleme fonksiyonu üstlenmektedir. (Gür 2007)

Yapı kabuğu; iç ve dış çevreyi birbirinden ayıran, yatay, düşey ve eğimli tüm yapı bileşenlerinden oluşan yapı ögesidir (Green 2007). Enerji etkinliği açısından bakıldığında yapı kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri önem kazanır. Kabuk için optik ve termofiziksel özellikleri; şeffaf ve opak yüzeylerle ilişkisi ele alınarak incelemek mümkündür. Şekil 3.2.'de enerji etkinliği açısından yapı kabuğuna ait özellikler ifade edilmektedir.



Şekil 3.2.Yapı Kabuğunun Enerji Etkinliği Açısından İncelenmesi

Toplam ısı geçirgenlik katsayısı (U), genlik küçültme faktörü, zaman gecikmesi, sönüm oranı, yutuculuk, geçirgenlik ve yansıtıcılık tüm kabuk yüzeylerinde incelenebilecek

değerlerken; cam yüzey alanı, kullanılan cam tipi ve özellikleri, gölgeleme ve güneş kontrol elemanlarının kullanılması, gün ışığı geçirgenlik faktörü yalnız şeffaf yüzeylerde incelenebilecek özelliklerdir.

Yapı kabuğunun termofiziksel özellikleri;

Toplam ısı geçirgenlik katsayısı (U): Opak ve şeffaf yüzeylerin oluşturduğu kabuğun ortalama ısı geçirme katsayısının düşmesi, ya da ısı geçirme direncinin artması kabuktan ısı transferini azaltır. Böylece içerideki hava sıcaklığı korunarak ısıtma ve soğutma enerjisinden tasarruf sağlanmış olur.

Saydamlık oranı: Şeffaf alanların toplam kabuk alanına oranı, saydamlık oranı olarak tanımlanmaktadır. Camlı alanların doğru şekilde kullanılmasıyla aydınlatma ve ısıtma için güneş kazançları sağlanırken, kabuğun opak bileşenlerine oranla ısı geçirgenlik direnci az olduğundan, yüksek ısı kayıplarına da neden olabilmektedirler. Soğuk/sıcak ısı kazanç/kayıp dengelerinin ve doğal aydınlatma açısından kabuğun saydamlık oranlarının dikkatli belirlenmesi gereklidir (Soysal 2007).

Genlik küçültme faktörü: Dış ortam sıcaklığının değişimi, yapı kabuğu bileşenlerinin ısı depolama özellikleriyle doğru orantılı olarak ısı akışını yavaşlatmakta ve sıcaklık salınımlarının genliğini yani ortalama sıcaklık değeri sapma değerini düşürmektedir. ‘Genlik Küçültme Faktörü’ denilen bu kavram; iç çevre sıcaklığının ortalamadan sapma değerinin dış çevre sıcaklığının ortalamadan sapma miktarına oranı olarak belirlenir.

Zaman gecikmesi: Gün içinde kabuk dış yüzeyinde etkili olan en yüksek sıcaklığın, bileşenin iç yüzeyinde en yüksek yüzey sıcaklığını oluşturuncaya kadar geçen zaman süresi olarak tanımlanmaktadır. Kabuk ısıl kütlesine bağlı olarak değişim gösterir.

Sönüm Oranı: Bir gün içinde iç yüzeydeki en yüksek ($T_{i,max}$) ve en düşük ($T_{i,min}$) sıcaklık farkının, dış yüzeydeki en yüksek ($T_{d,max}$) ve en düşük ($T_{d,min}$) sıcaklık farkına oranı olarak tanımlanır.

Yapı kabuğunun optik özellikleri;

- Kabuk iç ve dış yüzeyinin yutuculuğu(absorbance)
- Kabuk iç ve dış yüzeyinin geçirgenliği(transmittance)

- Kabuk iç ve dış yüzeyinin yansıtıcılığı (reflectance)

Yapı kabuğunun optik özellikleri; cam duvar, çatı gibi kabuk bileşen yüzeylerinin güneş ışınımı ile olan ilişkisi olarak tanımlanabilir. Kabuk malzemesinin opak ve saydamlık özelliklerine göre yutuculuk, geçirgenlik ve yansıtıcılık özellikleri değişmektedir. Şeffaf yüzeylerin kısa dalga boyu ışığı geçirirken, uzun dalga ışınımına karşı opak özellik göstermesi sera etkisi yaratarak, iç mekânda ısı kazancı oluşturur. Opak malzemeler ise ışını arka tarafa geçirmez, malzemenin rengine, dokusuna, yüzey sıcaklığına ve gelen ışının dalga boyuna, geliş açısına bağlı olarak ışınımın bir kısmını yansıtır ve kalanını yutarak ısı enerjisine dönüştürür. Bu özelliklerinden yararlanarak, pasif güneş enerjili yapılarda gündüz depolanan enerjinin gece kullanımı olanaklıdır. Güneş enerjisinin günlük çevrimi dikkate alındığında ısıl kütle olarak kullanılacak malzemenin sınırlı bir kalınlıkta olması yeterlidir. Malzemenin ısıl kapasitesi, özgül ısı ve kütlesi dolayısı ile malzemenin yoğunluğu ve toplam hacmi ile orantılı olarak değişmektedir (Çengel 1998, Soysal 2007).

Uygun yönlenme; yapının tasarım aşamasında uygun yönlenmesi ve mekânların buna bağlı olarak organizasyonu, binanın güneş kontrolü ve gölgeleme açısından performansını etkiler.

Pencere yönü ve alanı kış aylarında bile %12'ye varan enerji artırımını sağlamaktadır. Ekim ve mart aylarında ölçülmüş enerji korunumu miktarının pencerenin yönü, büyüklüğü, çerçeve değeri, temizliği, camın yansımaya faktörü, havanın açık veya kapalı olması gibi faktörlere bağlı olarak %15–20 oranında değişim göstermektedir (Anon 1979).

Camlı yüzey alanı; İstenmeyen ısı kazancı veya kaybını önlemek için camlı yüzeyleri toplam alanı, bina alanının %10–15 ini geçmemesi gerekmektedir.

Kullanılan cam tipi ve özellikleri; pencerenin ısıl açıdan enerji performansına ait net değerleri, şeffaf ve opak bileşenlerin güneşten ısı kazançlarına ait değerleriyle, iç-dış ortam arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanan kondüksiyon, konveksiyon ve ışıma (radyasyon) yolları sonucu gerçekleşen ısı transferinin birlikte hesaplanması ile elde edilmektedir. Kabuğun şeffaf yüzeylerinden konveksiyon yolu ile ısı transferi, iç-dış ortam sıcaklık farkından kaynaklanmaktadır ve ısı sıcak ortamdan soğuk ortama doğru hareket eder. Isı akışı yönünde havadan konveksiyon yoluyla cama iletilen ısı, camı

kondüksiyon yolu ile aşarak diğer yüzden yine konveksiyon yolu ile havaya iletilir. Camın ısı geçirme direncinin opak bileşenlere göre daha düşük olması kabuktan yolu ile gereksiz ısı kazanç ve kayıplarının artmasına neden olur. Işıma yolu ile ısı transferi ise malzemenin optik özelliklerine ve güneş ışınımının yüzeye geliş açısına bağlıdır (Utkutuğ ve Ayçam, 1999). Güneş kontrolü ve ısı korunumuna yönelik olarak yaygın olarak kullanılan camlar;

- Isı Soğuran (Renkli) Camlar (Heat Absorbing-Tinted Glass)
- Yansıtıcı (Reflektif) Camlar
- Düşük Emissiviteli (Low-E) Camlar
- Seçici Geçirgen (Spectrally Selective) Özellikteki Camlar
- Polyester Film Kaplamaları
- Isı Aynası (Heat Mirror) Cam
- Camlar arası Boşlukta Asal Gaz Kullanımı
- Akıllı Camlar (Smart, Switchable Glazing)(Ayçam,1998)

Fotokromik camlar, elektrokromik camlar, termokromik camlar, holografik camlar ve sıvı kristallerin kullanıldığı camlar; akıllı cam grubu içinde tanımlanmaktadır. Cam sabit olarak kullanımın ötesinde çevresel etkilere tepki vererek dış ortam koşullarına karşı kendini uyum sağlayacak şekilde değiştirmektedir. Akıllı camların, dış ortamdan gelen ışık, elektrik akımı, sıcaklık, elektrik alanı gibi uyarılar karşısında; geri dönüşümü olacak şekilde renk ve saydamlık değişir. Bunun sonucu olarak da ışık geçirgenlikleri değişmektedir (Soysal 2007).

Gölgeleme ve güneş kontrol elemanlarının tasarımı ve kullanımı; yapılarda güneşin ısı ışınımının etkilerinden korunmak için uygulanacak en etkili kontrol, ışınımın yapı kabuğu düzenlemede (camlar) ve kabuk içerisinde (perde, jaluzi) kontrolünden önce yapı kabuğunun dışında yakalanarak durdurulması ile sağlanabilmektedir. Yakalanan ışınların yansıtılarak geri atılması mevsimlik güneş yörünge ve açılara göre güneş kontrol elemanlarının esnek ve hareketli olması güneş kontrolünün performansını artırmaktadır. Bu nedenle binanın yeri, konumu, enlemi, yönlenmesi, etkin bir güneş kontrol sisteminin tasarlanması açısından önemlidir.

Güneş kontrol elemanları olarak, değişik performanstaki güneş kırıcılar, kepenkler, storlar, yalıtımlı kepenkler, tenteler, jaluziler ve perdelerin yanı sıra derin balkonlar, yatay saçaklar, dikey güneş kırıcıları – kanat duvarları, yatay ve dikey elemanların birleşimi olan kompozit elemanlar kullanılmaktadır (Utkutuğ 2007).

Güneş kontrol elemanlarının yapının içinde ve dışında yer alması performanslarını etkiler. İçeride yer alanlar bakım ve kullanım açısından oldukça kullanışlıdır. Dışarıda yer alanlar ise daha iyi performans sağlarlar. Fakat dış ortam şartlarına maruz kaldıkları için düzenli bakım gerektirirler.

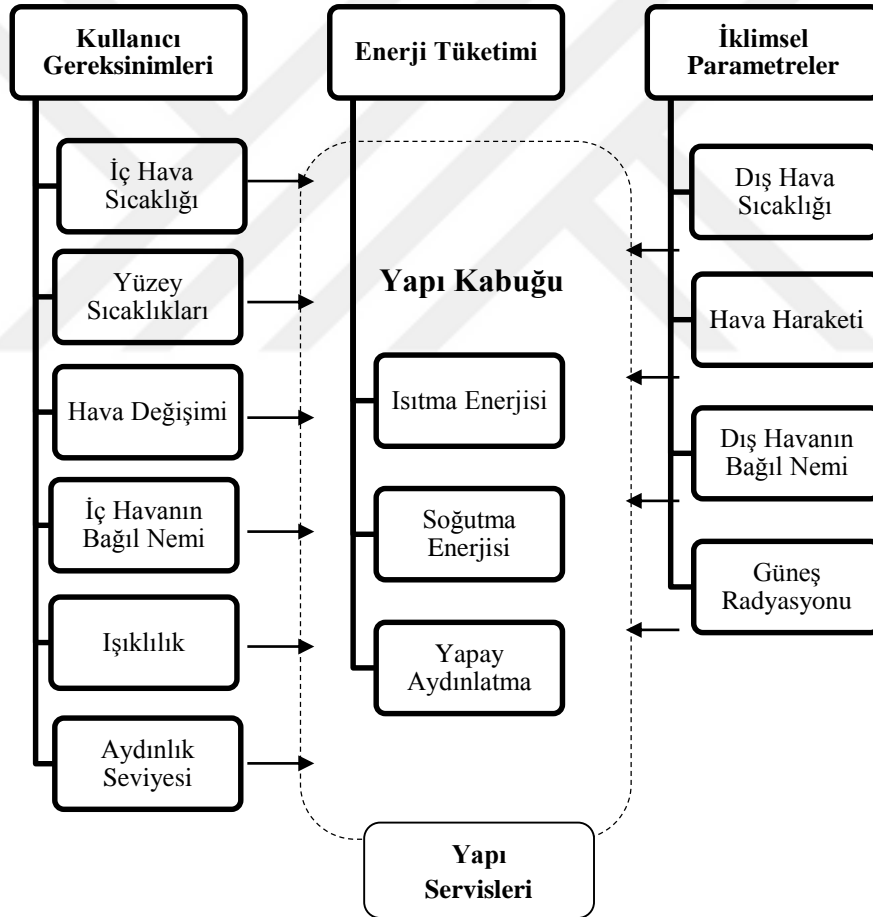
Danimarka'da AB enerji performansı direktifleri çerçevesinde, yapının cephesindeki kapı ve pencere açıklık alanlarının, toplam ısıtılan döşeme alanının %22'sini geçmemesi, Pencere U değeri hesaplamasının ön koşulu olarak gösterilmektedir (Thomsen, 2003). Bununla birlikte UKACE'nin (United Kingdom Association for Conservation of Energy) açıklaması pencerelerin taban alanının %25'inden daha azını oluşturduğu durumda duvarlarda daha az ısı yalıtımı yapılmasına izin verildiğidir (Oliver, 2001). Ancak küçük pencereler güneşten enerji kazancını ve doğal aydınlatma düzeyini olumsuz etkileyeceğinden pencere boyutlarının optimizasyonu bu bağlamda ele alınmalıdır (Soysal 2007).

g-değeri; toplam güneş enerjisi geçirgenliği (g-değeri) saydam veya yarı saydam dış duvarlardan iç ortama geçen toplam güneş radyasyonu (dalga boyu 320-2500 nm) yüzdesini ifade etmektedir. Bu değer, doğrudan geçen radyasyon ile kabuktan içeri yayımlanan radyasyonun toplamından oluşmaktadır.

Gün Işığı Geçirgenlik Faktörü; camdan geçen gün ışığının (dalga boyu 320-780 nm) yüzdesini ifade etmektedir. Dış koşullardaki günlük ve yıllık periyotlarda gerçekleşen sürekli değişimin yol açtığı farklı ve kısmen birbiri ile çelişen ihtiyaçlara karşı, yapı kabuğu da iç ortam konfor koşullarını sağlamak için bu değişime tepki göstermelidir (Schittich 2001).

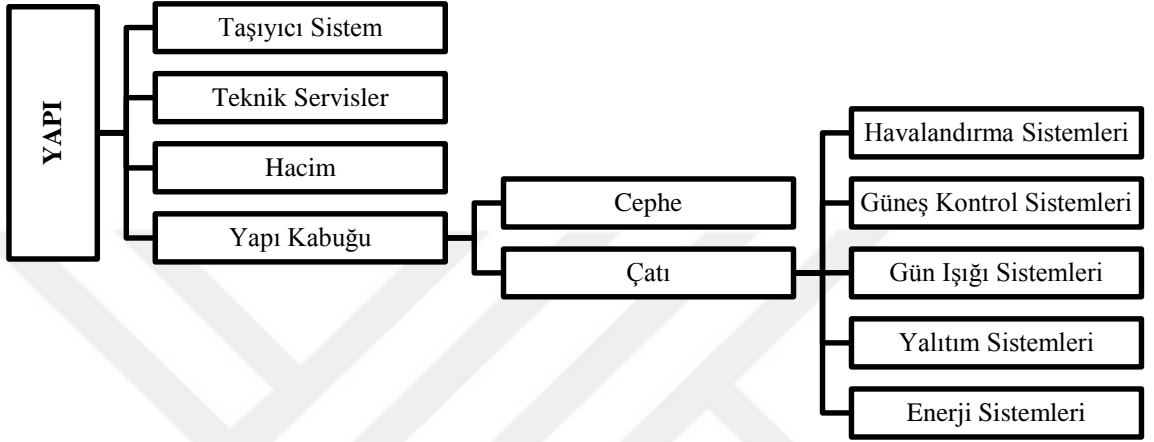
3.2.Yapı Kabuğunun Enerji Etkinliği Açısından İncelenmesi

İdeal yapı kabuğu, dış ve iç ortamlardaki değişiklikler karşısında, kullanıcı için sürekli optimum şartların yaratılması için reaksiyon göstermelidir; bu da gölgeleme, ışıklandırma, soğutma, ısıtma, iklimlendirme v.b. için pahalı ve karmaşık ekipman kullanmadan olmalıdır. Dış ve iç ortam şartlarının sürekli değişmesinden dolayı yapı kabuğu sabit fiziksel özelliklere sahip olmamalıdır. Işık geçirgenliği, ses, ısı ve hava için değişen ihtiyaçlara, aynı zamanda enerji kullanımını minimize ederek uyum sağlayabilmelidir (Sobek, 2001). Yapı kabuğu, hem kullanıcı gereksinimlerinden hem de iklimsel parametrelerden etkilenmektedir. Şekil 3.3; yapı kabuğunun enerji etkinliği ile ilgili parametrelerini göstermektedir.



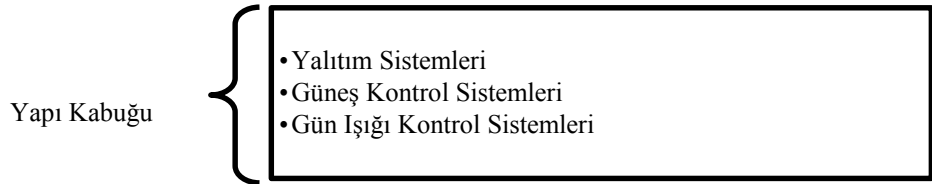
Şekil 3.3. Yapı kabuğunda enerji etkinliği açısından dikkate alınması gereken parametreler (Schittich, 2011)

Yapı kabuğu pek çok katmandan meydana gelebilmektedir ve konstrüktif olarak kendisini taşıyabilen özelliğe sahiptir. Literatürde yapı kabuğu ve enerji etkinliği ilişkisi konstrüktif kriterlere göre, şekilde yer aldığı gibi sınıflandırılmaktadır. Şekil 3.4; yapıda farklı düzeydeki sistemleri hiyerarşik bir yapıda sıralayarak açıklamaktadır (Gür 2007, Ayçam 2011).



Şekil 3.4. Yapıda farklı düzeydeki sistemleri hiyerarşik bir yapıda sınıflandırılması

Bu tezde, Şekil 3.4'te belirtilen enerji sistemleri ve havalandırma sistemleri ele alınmamıştır. Enerji sistemleri ve havalandırma sistemleri kabuk tasarımını etkileyecek sistemler değil kabuğa adapte edilebilecek, yapıya eklenebilecek sistemlerdir. Yapı kabuğu 'yapıların cephe yüzeyleri' olarak incelenmiştir; yalıtım, güneş kontrolü, gün ışığı kontrolü açıklanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Yapı kabuğu enerji sistemleri

3.2.1. Yalıtım Sistemleri: Isı yalıtımı

Isı yalıtımı için genel olarak ısı iletkenlik katsayısı düşük malzemeler kullanılmaktadır. Yalıtım ile ısı kayıpları düşürülürken dış duvarın iç yüzey sıcaklığında artış

sağlanabilmektedir. Saydam kısımlarda ise saydam veya yarı saydam ısı yalıtım sistemleri kullanılabilir.

Çizelge 3.1’de, cephenin ısı özelliklerinin geliştirilmesinin yolları ve çözümlerin dış duvara göre pozisyonunun uygunluğu gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Cephenin ısı özelliklerinin geliştirilmesi (Schittich, 2001)

Sistem	Tanım	Dış duvara göre durumu	
		İçte	Dışta
Sabit sistemler		İçte	Dışta
Opak ısı yalıtımı	Entegre ısı yalıtım sistemi	✓	✓
	Havalandırmalı cephe yalıtımı	-	✓
Saydam / Yarı Saydam Yalıtım	Güneş duvarı ısıtması	-	✓
	Kış penceresi	✓	✓
Saydam / Yarı Saydam Kabuk	Kış bahçesi	-	✓
	İkincil kabuk cephe	-	✓
	Güneşle ısınan hava kolektörü	-	✓
Hareketli sistemler		İçte	Dışta
Opak yalıtım elemanları	Kepen	✓	✓
	Menteşeli kepenk	✓	✓
	Sürme kepenk	✓	✓
	Katlanır kepenk	✓	✓
	Perde	✓	-
	Lameller	✓	✓
Saydam yalıtım elemanları	Pencere kanatları (örn. Çift pencere)	✓	✓
	Film, folyo	-	✓
	Low-e kaplama	-	✓
✓ eleman belirtilen fonksiyon için ideal - eleman belirtilen fonksiyon için uygun değil			

Enerji etkin tasarımda, yapı kabuğunun ısı performansının denetimi önemli bir konudur. İklimsel konfor açısından önem taşıyan yapı kabuğunun öncelikle rüzgâra, sıcağa ve soğuğa karşı koruma sağlaması gerekmektedir. Kabuğu oluşturan katmanların ısı iletim özellikleri, kabuğun hava sızdırmazlık düzeyi, pencerelerin konumlandırılması, doğramalar,

kullanılan camların renk ve yansıtıcılıkları konuta enerji denetimi için önemli girdilerdir (Soysal 2007).

Yalıtım malzemeleri içte dışta, dıştan içe veya sandviç yalıtımla iki tabaka arasında bulunabilirler. Yapıların dıştan yalıtılması, oluşacak ısı köprülerini kesmesi ve kabuğun diğer katmanlarının ısı depolama özelliklerinden yararlanması yönünden olumludur. Dışarıdan ısı yalıtımı yapılmış, içeride yüksek ısı kütlesi içeren yapı kabukları sistemleri güneş enerjisinden yararlanan pasif sistem tasarımlarında daha iyi sonuçlar vermektedir.

Enerji korunumlu bina kabuğu oluşturma uygulamalarında bir diğer yöntem saydam yalıtım malzemeleridir. İletim (kondüksiyon), taşınım (konveksiyon) ve ışınım (radyasyon) yolu ile meydana gelen ısı kayıplarını azaltırken aynı zamanda ısı kazancı da sağlayan saydam veya yarı saydam malzemeler olarak adlandırılmaktadır (Yeşildal, 2004, Soysal 2007)

Geleneksel sistemde ısı geçiş kayıplarının azaltılması amaçlanırken, saydam yalıtım malzemesi kullanımında temel prensip; oluşan ısı kayıplarının güneş ışınım yolu ile giderilmesidir. Saydam yalıtım malzemelerinin iki temel özelliği vardır. Bunlar: ısı korunumunda etkili olması (ısı geçirme katsayısının, U değerinin düşük olması) ve güneş ışınımı geçirgenliğinde etkili olmasıdır.(enerji geçirgenlik değeri olan 'g' değerinin olabildiğince yüksek değerde olması)

Saydam yalıtım malzemeleri kısa dalga kızıl ötesi ışınımı geçirmekte, uzun dalga kızıl ötesi ışınımına karşı ise opak davranmaktadır. Yalıtımın içinden geçen kısa dalga kızıl ötesi ışınım, emici yüzey tarafından soğurularak duvar yüzeyinde ısıya dönüşmektedir ve masif duvar ısı kütlesi olarak çalışmaktadır (Soysal 2007).

Ülkemizde enerji tüketiminin en yoğun olarak gerçekleştirildiği alan, mekânların ısıtılmasıdır. Güneş enerjisine dayalı ısıtma sistemleri yıllardır dünyanın çeşitli kurumlarında araştırılmakta ve uygulanmaktadır. Bu noktada gelişen teknolojiyle birlikte gündeme gelen 'suydam yalıtım malzemeleri' gelinen en son noktadır. Temel prensip olarak opak yalıtım malzemeleri gibi ısı korunumunda etkili olma özelliğine sahip olmalarıyla beraber güneş ışınımını mekâna geçirimde de etkin rol oynamaktadırlar. Elde edilen veriler saydam yalıtım malzemelerinin yüksek sıcaklık veya depolama sistemleri için yüksek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (Soysal 2007).

3.2.2.Güneş Kontrol Sistemleri: güneş kırıcı, güneş kontrol camı

Dış ortamda uygulanan güneş kontrol elemanları, yapılarda soğutma enerjisi kullanımını, güneş kontrolü yapılmayan cam cephe sistemlerindeki kıyasla yarı yarıya azaltabilmektedir. İç ortamda uygulanan kontrol ise soğutma enerjisi ihtiyacını %20'den daha fazla azaltmamaktadır (Schittich 2001). Özellikle cam oranının fazla olduğu yapılarda aşırı ısı yüklemesine karşı güneş kontrolü yapılmalıdır. Sabit elemanlar ile kontrolün gün ışığı kullanımında fonksiyonel dezavantajları ortaya çıkabilmektedir.

Hareketli sistemler ise ayarlama yapabilme olanakları ile güneş kontrolü ve doğal ışıktan maksimum yararlanma arasında optimum bir çözüm getirebilmektedir. İçten yapılan güneş kontrolünde elemanlar güneşten soğurdukları enerjiyi iç ortama verdiklerinden yazın istenmeyen ek soğutma yükü ortaya çıkmaktadır. Dış ortam etkilerinden korunaklı şekilde yerleştirilebilen güneş kontrol elemanlarının kirlenmeye karşı dayanıklı olmasından dolayı, bu elemanların gün ışığını yönlendirmek üzere yüksek yansıtıcılık özelliğinden maksimum düzeyde yararlanılabilmektedir. Güneş kontrol elemanlarının, çift kabuklu cephe sistemlerinde ara boşluğa yerleştirilmesi bakım ve temizlik açısından avantaj sağlamaktadır. Dıştan uygulanan sistemlerin etkinliği daha fazladır, ancak dış ortamın etkilerine dayanıklı elemanlar seçilmelidir.

Fazla miktardaki gün ışığının kontrol edilebilmesi için farklı türde sistemler kullanılabilir. Bu sistemler: perdeler, yatay lameller, dikey lameller, jalousiler, yarı saydam camlar, elektrokromik camlar olarak sıralanmaktadır. (Schittich 2001):

Gün ışığı kontrol sistemlerinin kullanımında dikkat edilecek nokta, gün ışığı geçişinin yapay aydınlatmayı gerektirecek derecede düşürülmeden ve iç-dış arasındaki görsel bağlantıyı koparmadan uygulanmasıdır.

Doğal ışığın kullanımı, hem kullanıcının görsel konforu, hem de yapay aydınlatmaya duyulan ihtiyacın azaltılması yönlerinden önemlidir. Gün ışığı düzeyine bağlı yapay aydınlatma sistemleri elektrik enerjisinden tasarruf sağlayabilmektedir. Gün ışığından yararlanma ve güneş kontrolü sağlama arasındaki optimum dengeyi sağlayabilmek üzere aşağıdaki sistemler kullanılabilir:

- Seçici kaplamaların uygulandığı camlar

- Gün ışığııı iç mekanın derinliğine doğru yönlendiren reflektörler
- Yüksek yansıtıcı kaplamaların uygulandığı mikro-ızgara sistemler
- Prizma sistemleri
- Işığı dağıtan/ yayan camlar
- Cam lamelli sistemler
- Holografik kırıcı sistemler (Schittich 2001)



4. MATERYAL VE YÖNTEM: ÖRNEK BİR YAPI ÜZERİNDE YAPI KABUĞUNUN ENERJİ ETKİNLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Günümüzde yapı teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak kabuk bileşenlerinin performansı arttırılırken, kabuğun enerji korunumu açısından daha verimli hale gelmesini sağlayan yöntemler geliştirilmektedir (Karaca 2008).

Tez çalışmasının bu bölümünde; Design Builder enerji simülasyon programı kullanılarak, Bursa Uludağ Üniversitesi Mimarlık Bölümü Binasının enerji ihtiyaçları hesaplanacaktır. Yapı kabuğuna yapılan müdahalelerle bina tekrar simüle edilecektir ve oluşan sonuçlar değerlendirilecektir.

4.1.Enerji Simülasyonunda Kullanılacak Design Builder Programının Tanıtılması

DesignBuilder EnergyPlus dinamik termal simülasyon motoruna grafiksel ara yüz oluşturan ilk ve en kapsamlı programdır. Bu grafiksel ara yüzü sayesinde binalar tasarımlarının, enerji performanslarının ve CFD simülasyonlarının irdelenmesine destek olmak amacıyla 3 boyutlu olarak görüntülenmesine olanak sağlamaktadır.

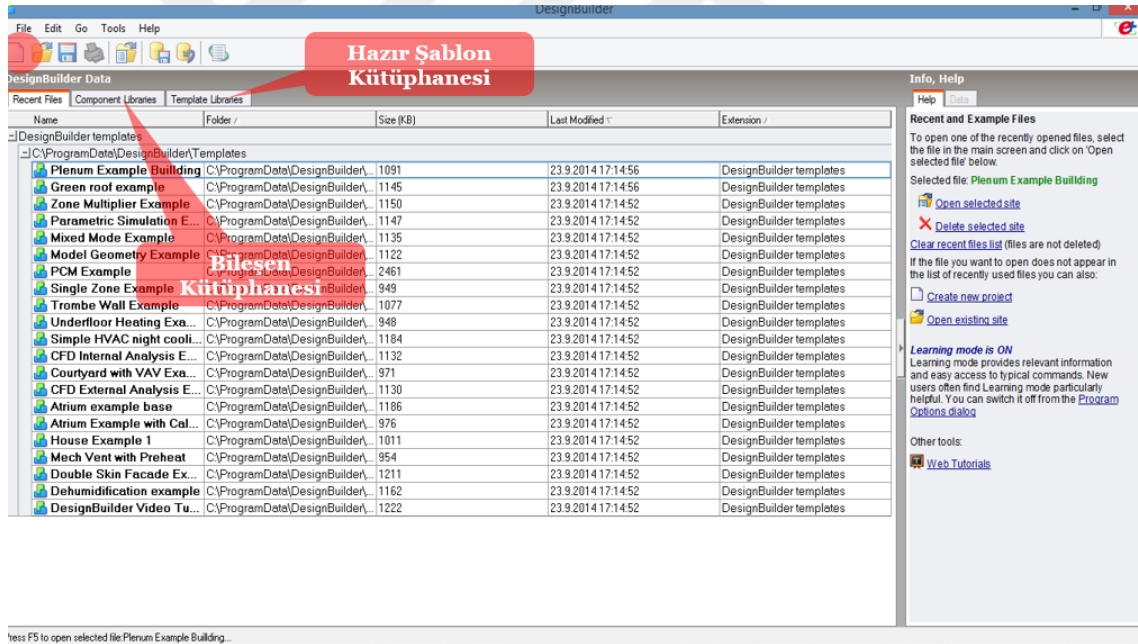
Design Builder mimarlar, mühendisler, bina hizmetleri sorumluları, enerji danışmanları ve üniversitelerin ilgili bölümleri tarafından çok geniş bir yelpazeye hitap edecek şekilde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Bazı tipik kullanım amaçları aşağıda özetlenmiştir:

- Cephe seçeneklerinin aşırı ısınma, enerji tüketimi ve gölgeleme parametreleri açısından değerlendirilmesi.
- Günışığının optimum seviyede kullanımının değerlendirilmesi. Aydınlatma kontrol sistemlerinin modellenmesi ve ilgili elektrik enerjisindeki tasarruf oranlarının belirlenmesi.
- Bina içindeki ve etrafındaki sıcaklık, hız ve basınç dağılımlarının CFD (Computational Fluid Dynamics) modülü kullanılarak hesaplanması.
- Vaziyet planının ve gölgelemenin görselleştirilmesi.
- Doğal havalandırma ile havalandırılan binalarda termal simülasyon.
- Isıtma ve soğutma ekipmanların kapasitelerinin belirlenmesi konularını da içerecek şekilde HVAC tasarımına yardımcı olmak.

DesignBuilder binanın enerji performansını hesaplamak için en son sürüm EnergyPlus simülasyon motorunu kullanmaktadır. Sonuç verileri istenilen şekilde filtrelenip grafikler halinde sunulabilmekte ya da tablo biçiminde diğer uygulamalarda kullanılmak üzere başka bir ortama aktarılabilir (http://www.altensis.com/hizmetler/designbuilder-software/ 2015).

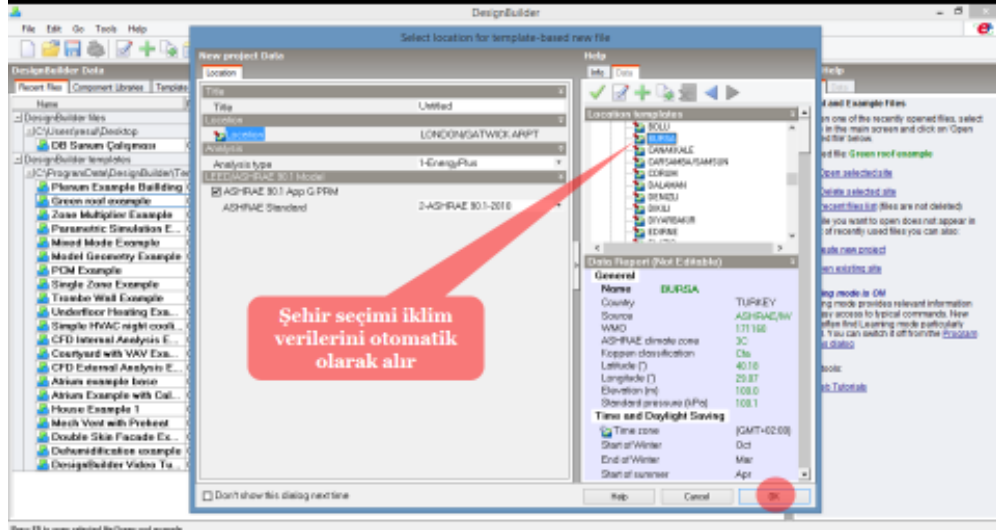
Bu bölümde Design Builder programının kullanıcı ara yüzünden ve bir yapının nasıl simüle edileceğinden özet olarak bahsedilecektir.

Yapılarda enerji etkinliğinin hesaplanabilmesi için yapının bulunduğu dış iklim koşullarına ait güneş ışınımı, dış hava sıcaklığı, dış bağıl nemlilik ve toprak sıcaklığı gibi verilere gereksinim vardır. Yıllık toplam ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimleri için yapılacak hesaplamalar ele alınan yapının yerleşimine ait meteorolojik verilere dayandırılmaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1.Design Builder Programı ara yüzü

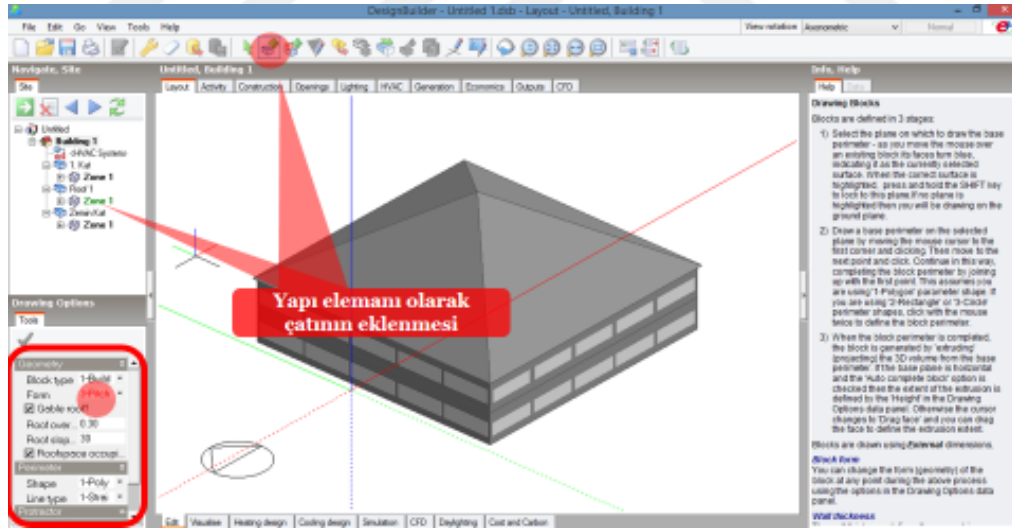
Program açılır ve yeni bir dosya oluşturulur. Yapı yerleşim bilgileri girilir ve ilk olarak sistemde iklim verileri ve atmosferik veriler oluşur. Yapı yerleşimi tamamlandıktan sonra yapının oluşturulması aşaması gelmektedir (Şekil 4.2).Yapı oluşturulurken sisteme yapıya ait tüm yapısal ve yerleşim verilerinin girilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.2. Design Builder Programı İklim Verilerinin Elde Edilmesi

Yapısal ve yerleşim değişkenlerine ait verilerin toplanması:

Yapı lokasyonu belirlendikten sonra yapının yönlenmesi, çevresindeki yapılara göre durumu, konumlanışı sisteme eklenmektedir (Şekil 4.3).

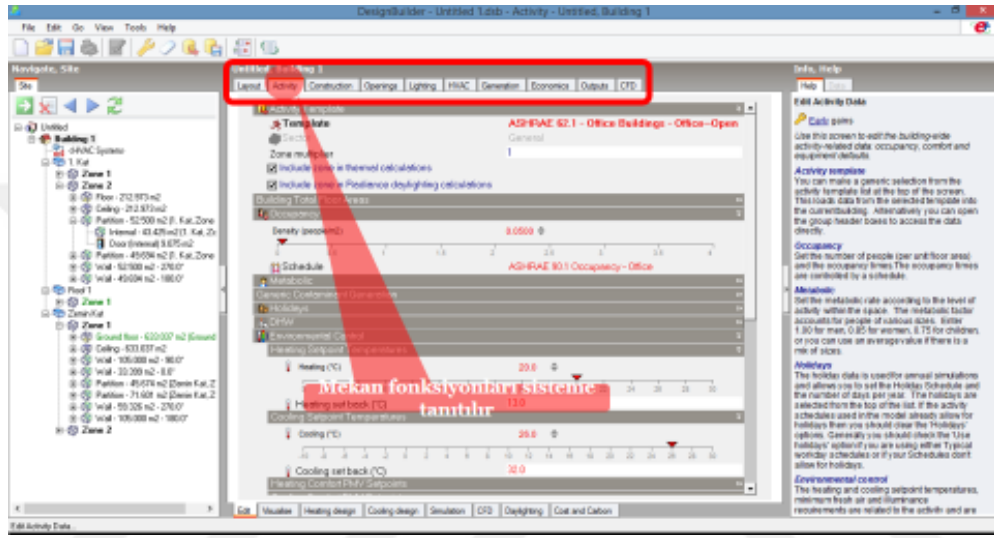


Şekil 4.3. Design Builder Programında Yapının Modellenmesi

Yapı tipi seçilir ve yapının modellenmesi aşamasına geçilir. Kütle ortaya çıktıktan sonra yapı içindeki hacimlerin sisteme tanıtılması gerekmektedir. Yapı zonlara ayrılır. Yapının zonlara ayrılması, yapıdaki enerji dağılımın gözlemlenmesini sağlamaktadır. Her bir zon için ilk olarak fonksiyon detayları sisteme girilir. ‘Mekan hangi amaç için

kullanılmaktadır?’, ‘Kullanıcı yoğunluğu nedir?’ soruları enerji ihtiyacının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Şekil 4.4).

Fonksiyon detaylarından sonraki aşama konstrüksiyon detaylarının girilmesidir. Bu detaylar sırasıyla; yönlenme, fonksiyon, konstrüksiyon detayları, bölücü detayları, iç mekan tüm malzeme detaylarıdır. Doğru sonuçlara ulaşabilmek için bu kısımda verilerin eksiksiz girilmesi gerekmektedir (Şekil 4.5).



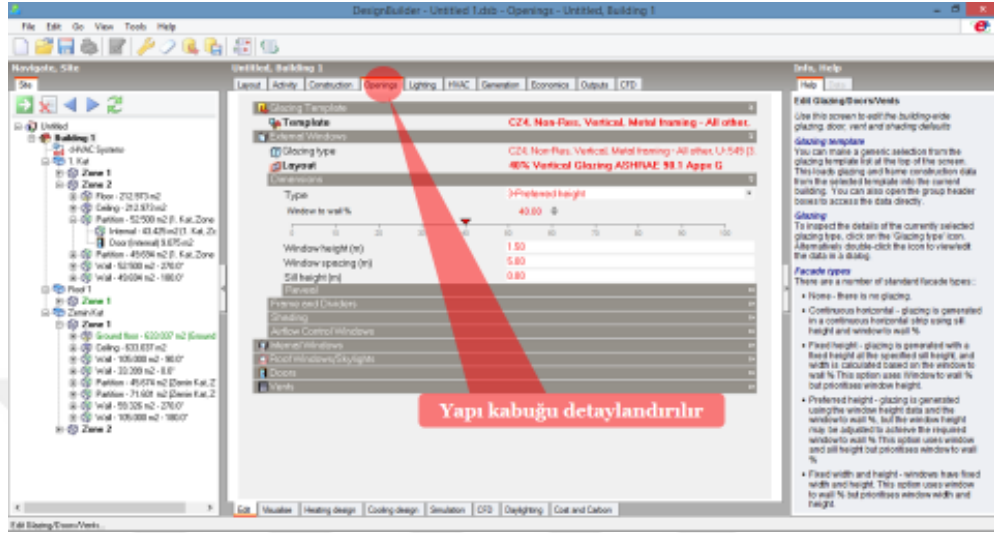
Şekil 4.4. Design Builder Programında Mekan Fonksiyonlarının Girilmesi



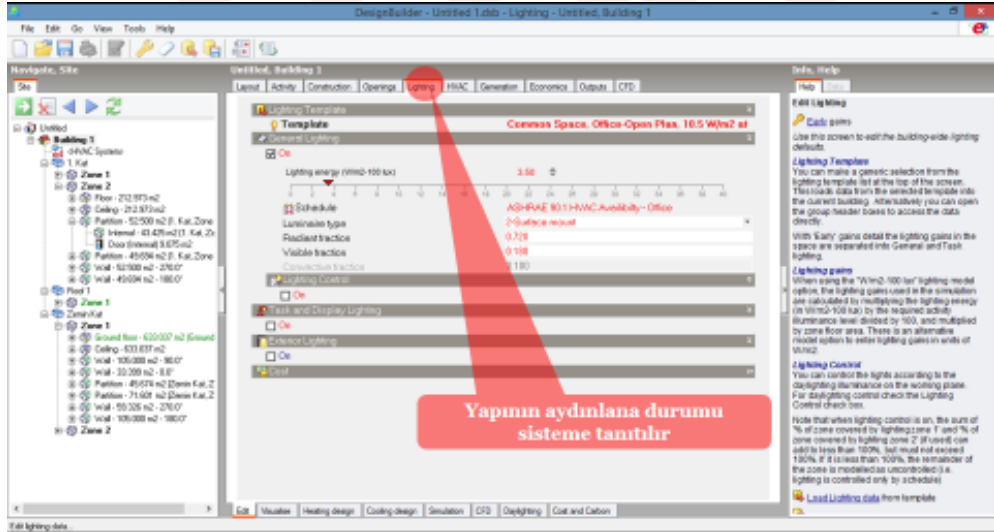
Şekil 4.5. Design Builder Programında Konstrüksiyon Verilerinin Girilmesi

Bir sonraki aşama yapı kabuğu detaylarının sisteme dahil edilmesidir. Yapının yönlenme durumuna göre her bir yapı kabuğu katmanı eklenmektedir (Şekil 4.6).

Yapıya ait aydınlanma enerjisi ihtiyacı yıllık enerji ihtiyacının önemli bir kısmını oluşturur. Her bir zon için fonksiyon ve yönlenme durumuna göre aydınlanma ihtiyacı ve elektrikli ekipman durumu sisteme dahil edilir(Şekil 4.7).



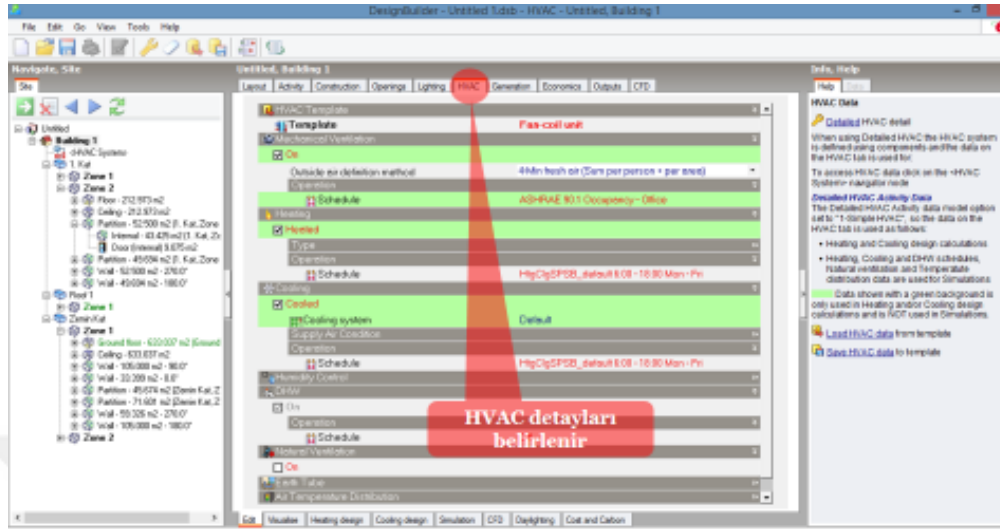
Şekil 4.6. Design Builder Programında Yapı Kabuğu Verilerinin Girilmesi



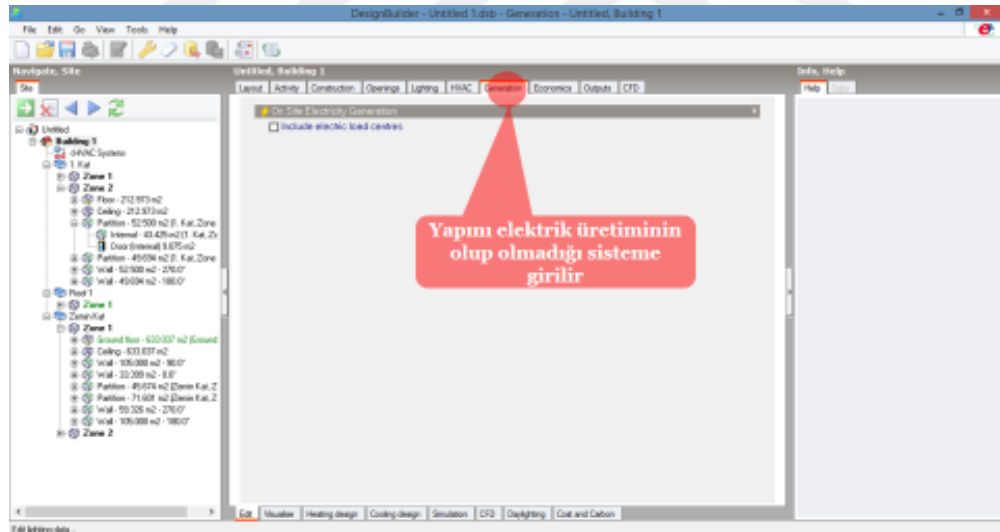
Şekil 4.7. Design Builder Programında Yapı Aydınlanma Verilerinin Girilmesi

Design Builder yapıya ait ısıtma ve soğutma yüklerini de zonlara göre hesaplamaktadır. Mevcut duruma ait yapının tüm ısıtma soğutma havalandırma verileri sisteme eklenmelidir(Şekil 4.8).

Son olarak yapıda elektrik üretimine ait herhangi bir durum varsa o da sisteme dahil edilir ve simülasyon aşaması başlar (Şekil 4.9).



Şekil 4.8. Design Builder Programında Isınma, Soğutma, Aydınlanma Verilerinin Girilmesi



Şekil 4.9. Design Builder Programında Elektrik Üretimi Verilerinin Girilmesi

Yapıya ait tüm teknik bilgiler girildikten sonra maliyet değişkenleri ve istenen simülasyon raporları işaretlenir ve yapı enerji simülasyon raporları için simülasyon başlar. Günlük, haftalık, aylık ya da yıllık olarak alabileceğimiz enerji performans raporları alınabilmektedir. Simülasyon tamamlandıktan sonra istenen raporlara göre, raporlar sunulur (Şekil 4.10).

Yapıların performanslarının değerlendirilebilmesi önceki bölümlerde açıklanan verilerin toplanması ve gerekli hesaplamaların yapılabilmesine bağlıdır. Yapının enerji performansının hızlı ve doğru şekilde hesaplamalarının yapılabilmesi için yapılara ait verilerin işlendiği Design Builder programı önemli bir adım oluşturmaktadır.



Şekil 4.10. Design Builder Programında Oluşan Enerji Performans Grafikleri

4.2. Alan Çalışması: Bursa İli Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Binası

Bursa Uludağ Üniversitesi Mimarlık Bölümü binası kurucu öğretim üyeleri Prof. Cengiz Bayülgen ve Prof. Erhan Balkan ve Bölüm öğretim elemanları tarafından tasarlanmıştır ve 1998 yılından itibaren kullanılmaktadır. Bursa ili, Nilüfer ilçesi, Görükle semtinde,

40°13'38.3"N enlemi 28°52'37.6"E boylamlarında bulunmaktadır. Yapıya ait vaziyet planı Şekil 4.11 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Bursa Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Binası Vaziyet Planı (<https://www.google.com.tr/maps/place/2015>)

Üç katlı olarak tasarlanan, Mimarlık Bölümü Binası, 3568 m² kapalı alan (giriş katı: 1428 m², 1. kat: 1200 m²; çatı katı: 940 m²) ve 359 m² açık iç avlu alanından oluşmaktadır. Toplam yapı yüksekliği 11,15 m dir.

Mimarlık Bölümü Binası içinde giriş katında; 5 stüdyo birimi, 1 seminer salonu, 1 bilgisayar laboratuvarı, 1 öğrenci kantini, 1 hizmetli odası, 1 teknik hacim ve sergi

alanları bulunmaktadır. 1. Katta; akademik ve idari personel odaları, çok amaçlı salon (sosyal alanı da içermektedir), 2 seminer odası ve çatı katında, seminer, çalıştay, sergi aktiviteleri ve stüdyo çalışmaları için kullanılan bir serbest alan ile malzeme teşhir alanı ve arşiv alanları bulunmaktadır. Toprak altında bulunan herhangi bir mekân yoktur. Yapıya ait giriş cephesi görseli Şekil 4.13’de gösterilmektedir.



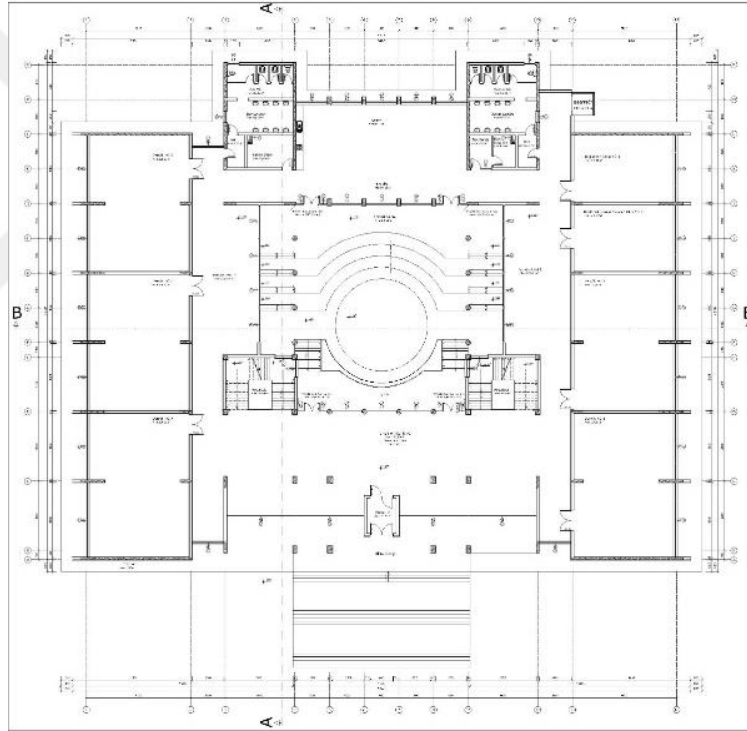
Şekil 4.12. Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Binası Giriş Cephesi

Mimarlık Bölümü Binası, bir avlu çevresinde oluşturulmuş bir plan şemasına sahiptir. Binayı 15 öğretim üyesi, 3 öğretim görevlisi, 14 araştırma görevlisi, 446 öğrenci, 12 personel kullanmaktadır.

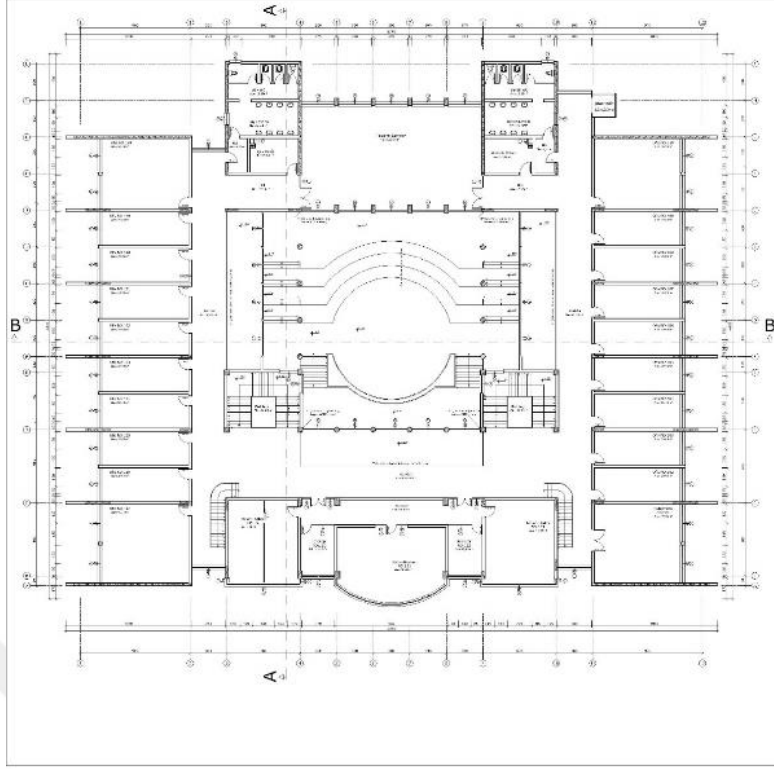
Yapı girişi güneybatı-kuzeydoğu doğrultusunda yönelmektedir. Giriş galerisinde sergi alanları tasarlanmış ve avlu çevresini saran koridorlarla ilişkilendirilmiştir. Kantin, ıslak hacimler kuzeybatı yönünde konumlanmaktadır ve kantinin avluyla bağlantısı sağlanmıştır. Derslikler zemin katta güneybatı ve kuzeybatı doğrultusunda yer almaktadır.

Akademik personel odaları 1. Kat güneydoğu-kuzeybatı doğrultusunda konumlanmaktadır. Bölüm başkanı odası ve toplantı odası giriş cephesinin üst kotunda bulunmaktadır ve güneybatı doğrultusunda konumlanmıştır. Plan zemin kattaki gibi avlu çevresinde şekillenmiştir.

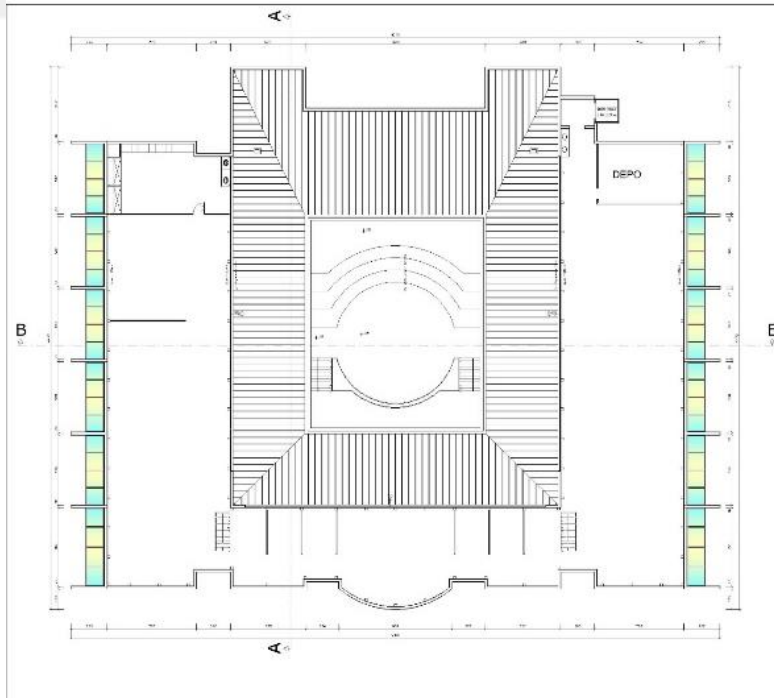
Tüm planın avlu çevresinde oluşturulmuş olması gün ışığı kullanımını yapıya ait tüm mekânlarda sağlamıştır ancak iç mekânda avluya bakan cephelerde özellikle kış aylarında ısı kaçışlarının arttığı gözlemlenmiştir. Güneybatı ve güneydoğu cephesinde konumlanmış derslik ve akademik personel odalarının ise özellikle yaz aylarında aşırı ısındığı gözlemlenmiştir. Kuzeye bakan cephedeki aydınlık düzeylerinin daha düşük olduğu, kış aylarında daha az ısındığı görülmüştür. Çatı katında, stüdyo çalışmalarının yürütüldüğü dersliklerin yazın çok ısındığı kısım da diğer katlara göre soğuk kaldığı gözlemlenmiştir. Yapıya ait kat planları şekil 4.13, 4.14, 4.15’ da gösterilmektedir. Yapıya ait dış cephe görünüşleri Şekil 4.16’de gösterilmektedir.



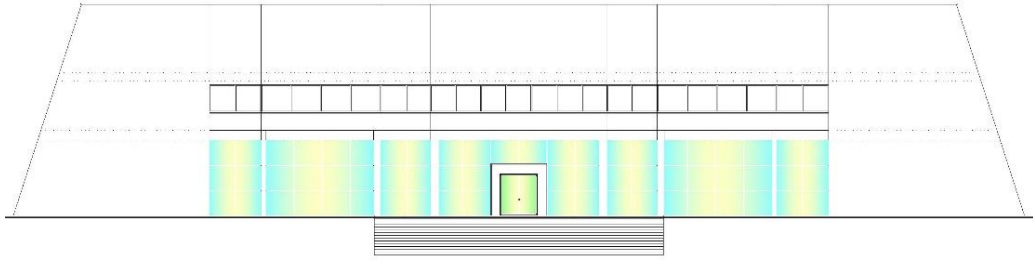
Şekil 4.13.Uludağ Üniversitesi Mimarlık Bölümü Binası Zemin Kat Planı



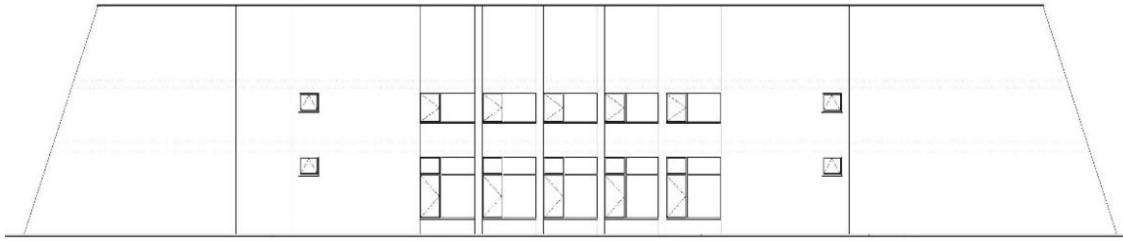
Şekil 4.14. Uludağ Üniversitesi Mimarlık Bölümü Binası 1. Kat Planı



Şekil 4.15. Uludağ Üniversitesi Mimarlık Bölümü Binası 2. Kat Planı



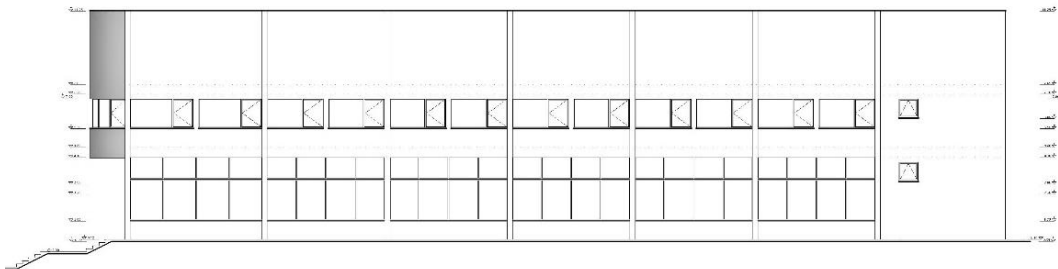
ÖN GÖRÜNÜŞ



ARKA GÖRÜNÜŞ



SOL YAN GÖRÜNÜŞ



SAĞ YAN GÖRÜNÜŞ

Şekil 4.16. Yapı Görünüşleri



Şekil 4.17. Kuzeybatı cephesi



Şekil 4.18. Güneydoğu cephesi



Şekil 4.19. Kuzeybatı cephesi



Şekil 4.20.Örnek yapı iç mekana ait görseller

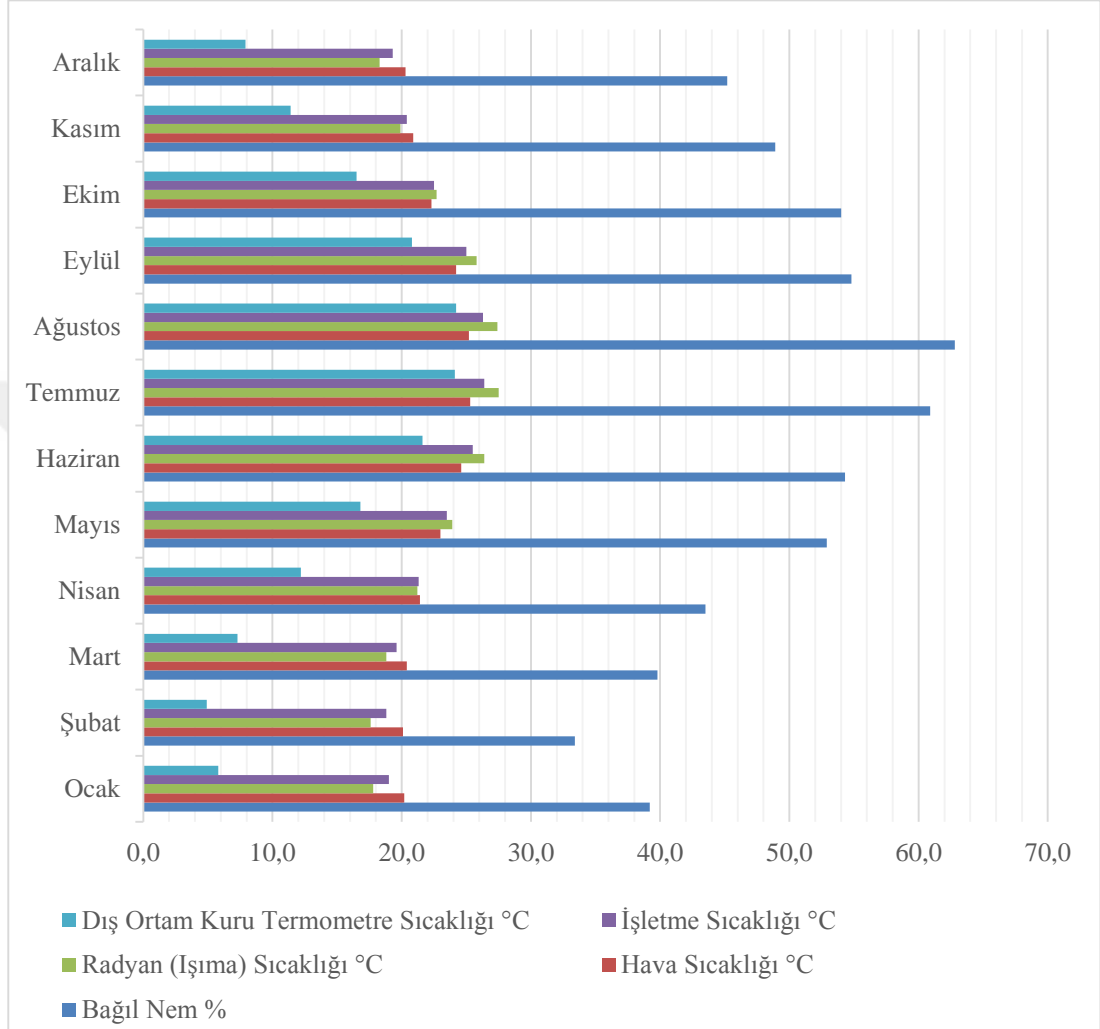
4.3. Örnek Yapının Isıl Zonlara Bağlı Olarak Yıllık Toplam Enerji İhtiyacının Hesaplanması

Bu bölümde, bir önceki bölümde anlatılan tüm adımlar takip edilerek yapının Design Builder programa tanıtılması sağlanacaktır. Yönlenme ve mekân fonksiyonuna göre zonlar oluşturulmuş ve programa girilen tüm veriler sonucu enerji simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde Design Builder Programı kullanılarak aşağıdaki adımlar izlenecek ve hesap sonuçları verilecektir:

1. Yapı için ısı konforunun belirlenmesinde iç ortama ait faktörler ve aylara göre dağılımı
2. Yapının yöneliş durumu ve fonksiyonlarına göre zonlara ayrılması ve tablolştırılması
3. Yapı kabuğu opak ve şeffaf bileşenleri optik ve termofiziksel özellikleri
4. Yapı kabuğu ısı geçirgenlik katsayısı hesabı
5. Yapı kabuğu şeffaflık opaklık oranları
6. Yapı elemanları ısı geçirgenlik katsayılarının izin verilen değerler ile karşılaştırılması
7. Yıllık toplam enerji ihtiyacının hesaplanması
8. Yapının yıllık toplam enerji ihtiyacının aylara göre; ısıtma, soğutma, aydınlanma, elektrikli ekipman olarak dağılımının hesaplanması
9. Enerji ihtiyacının zonlara göre dağılımının hesaplanması
10. Enerji ihtiyacının her bir zon için birim alana düşen enerji miktarlarının hesaplanması
11. Yapı için en çok enerji harcanan zonların belirlenmesi

Yapıya ait yerleşim verileri; hava sıcaklığı, güneş ışınımı, hava hareketi ve nemlilik gibi dış iklim elemanlarına ait verilerden oluşmaktadır. Design Builder simülasyon programında hesaplamalar için, simülasyonlarda ele alınan Bursa iline ait epw (energy plus weather) formatındaki yerleşim verileri kullanılmıştır. Bu çalışmada tüm hesaplamalar, metrolojik veriler doğrultusunda hazırlanmış meteorolojik veri dosyasının Design Builder programına aktarılmasıyla, gerçek atmosfer koşulları altında yapılmıştır.

Belirlenen değişkenler yardımıyla Design Builder Programında oluşturulan modelde yapılan hesaplamalar sonucu yapı için o için hesaplanan ısı konforu belirlenmesinde iç ortama ait faktörler ve aylara göre dağılımı Şekil 4.21 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.21. Isıl Konforun Belirlenmesinde İç ortama Ait Faktörler ve Aylara Göre Dağılımı

Şekil 4.21'de yıl içinde değişen hava sıcaklıklarına göre, iç ortamda ısı konfor bileşenleri sunulmuştur. Isıl konforu etkileyen iç ortam bileşenleri:

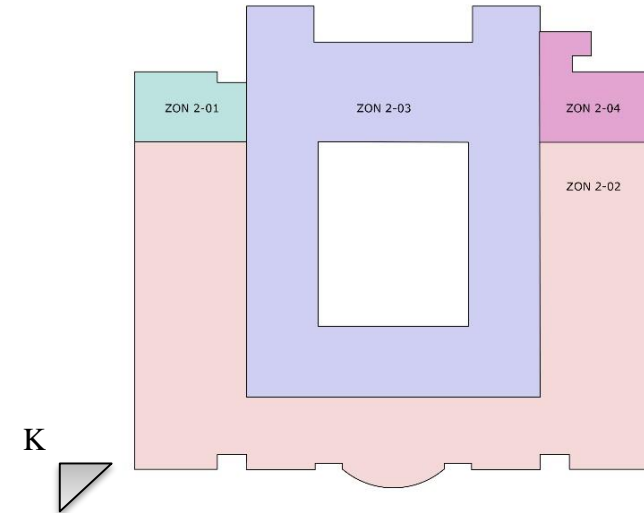
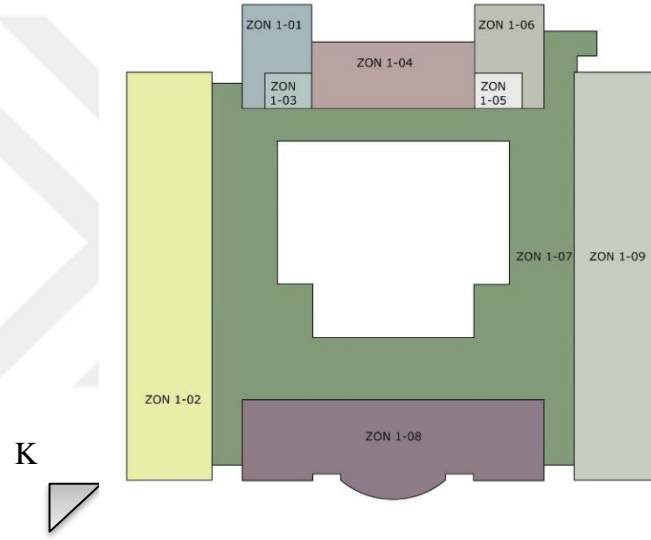
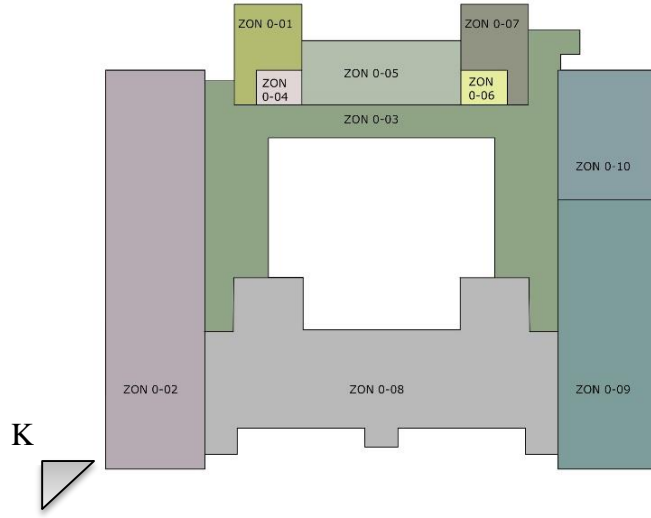
Dış Ortam Kuru Termometre Sıcaklığı; Atmosferik havanın normal termometre sıcaklığıdır. **Radyan Sıcaklık;** ışıınımdan kaynaklanan sıcaklıktır. Glob Termometre ile ölçülür. **Hava Sıcaklığı;** insan vücudunu çevreleyen havanın sıcaklığıdır. Santigrat (°C) veya Fahrenayt (°F) olarak ifade edilir. **Bağıl Nem;** havanın, içerisinde barındırabileceği

en fazla nem miktarının ne kadarını barındırdığının % olarak oranıdır. Higrometre ile ölçülür.

Yapının kış aylarında ısı konfor değerlerine ulaşması için gerekli ısıtma ihtiyacı merkezi sisteme bağlı döşemeden ısıtma tesisatıyla sağlanmaktadır. Mekân fonksiyonu ve yön durumuna göre yapı içinde 23 adet zon oluşturulmuştur. Kat planları üzerinde oluşturulan zonlar Çizelge 4.1’de gösterilmektedir. Şekil 4.22’de ise zonların plan üzerindeki konumları gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Yapıya ait zonlar

ZEMİN KAT	
ZON 0-01	BAY WC
ZON 0-02	DERSLİK (KUZEY BATI)
ZON 0-03	KORİDOR
ZON 0-04	KANTİN DEPO
ZON 0-05	KANTİN
ZON 0-06	TEKNİK BİRİMLER
ZON 0-07	WC BAYAN
ZON 0-08	GİRİŞ HOLÜ
ZON 0-09	DERSLİK (GÜNEYDOĞU)
ZON 0-10	DERSLİK (DOĞU)
1. KAT	
ZON 1-01	WC BAY ÖĞRETİM GÖREVLİLERİ ODASI (KUZEYBATI)
ZON 1-02	DEPO
ZON 1-03	TOPLANTI VE SEMİNER ODASI
ZON 1-04	PERSONEL ODASI
ZON 1-05	WC BAYAN
ZON 1-06	KORİDOR
ZON 1-07	DEKANLIK
ZON 1-08	ÖĞRETİM GÖREVLİLERİ ODASI (GÜNEYDOĞU)
ZON 1-09	
2.KAT	
ZON 2-01	DEPO
ZON 2-02	DERSLİK
ZON 2-03	DEPO
ZON 2-04	TEKNİK BİRİMLER



Şekil 4.22. Kat planlarına göre zonların dağılımı (Zemin Kat,1. Kat,Çatı Katı)

Bu çalışmada mevcut yapının uygulama projesi esas alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Eldeki mevcut verilere dayanarak yapı elemanlarının uygulama projesi üzerinden ısı geçirgenlik katsayıları hesaplanmıştır. Yapı kabuğuna ait termofiziksel özellikler çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Mevcut yapı kabuğu termofiziksel özellikleri

Opak Bileşen	Malzeme	λ (W/mK)	Kalınlık (m)	U (W/m ² K)
Dış Duvar	Çimento Esaslı Sıva	1	0,03	1,783
	Tuğla	0,62	0,2	
	Alçı Sıva	0,4	0,03	
Zemin Kat	BA Döşeme	2,5	0,2	2,05
	Yüksek yoğ. Beton Harç	2	0,07	
	Mozaik Kaplama	3,5	0,05	
Çatı	Alüminyum sac	0,19	0,0025	0,817
	Poliüretan esaslı köpük	0,035	0,05	
	Alüminyum sac	0,19	0,0025	

Yapı kabuğuna ait şeffaf yüzeyler için :

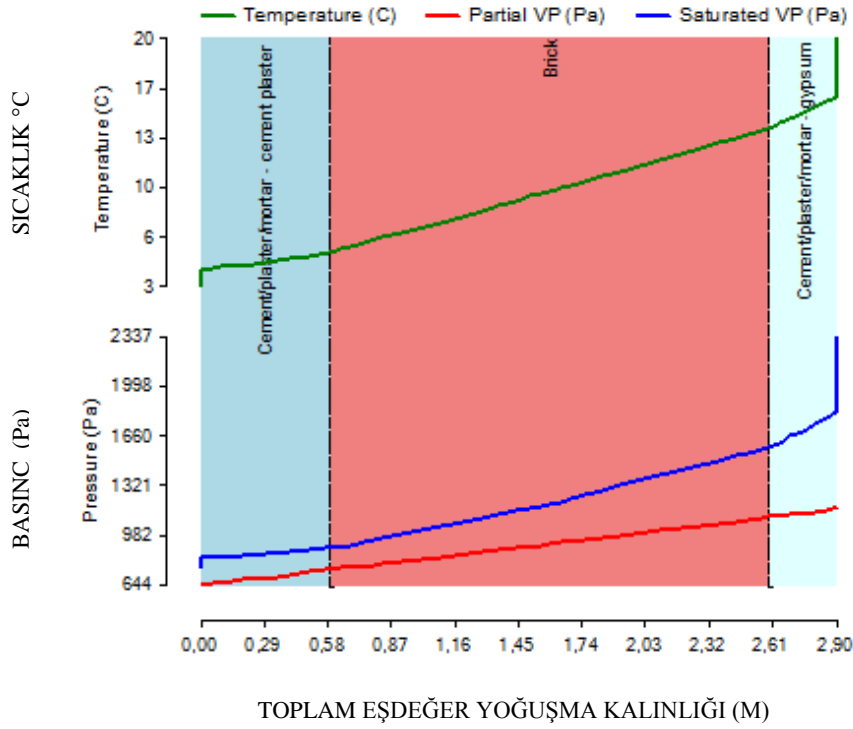
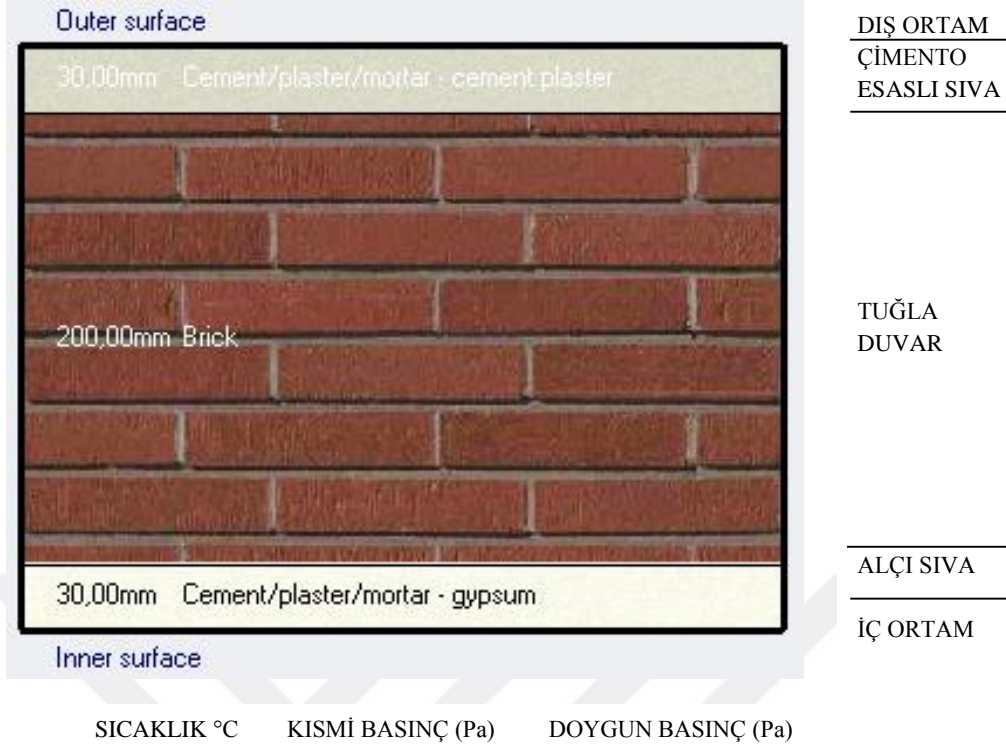
Cam Tipi: 3 mm+ 13mm hava boşluğu+ 3 mm (renksiz cam)

Doğrama tipi: Alüminyum Doğrama

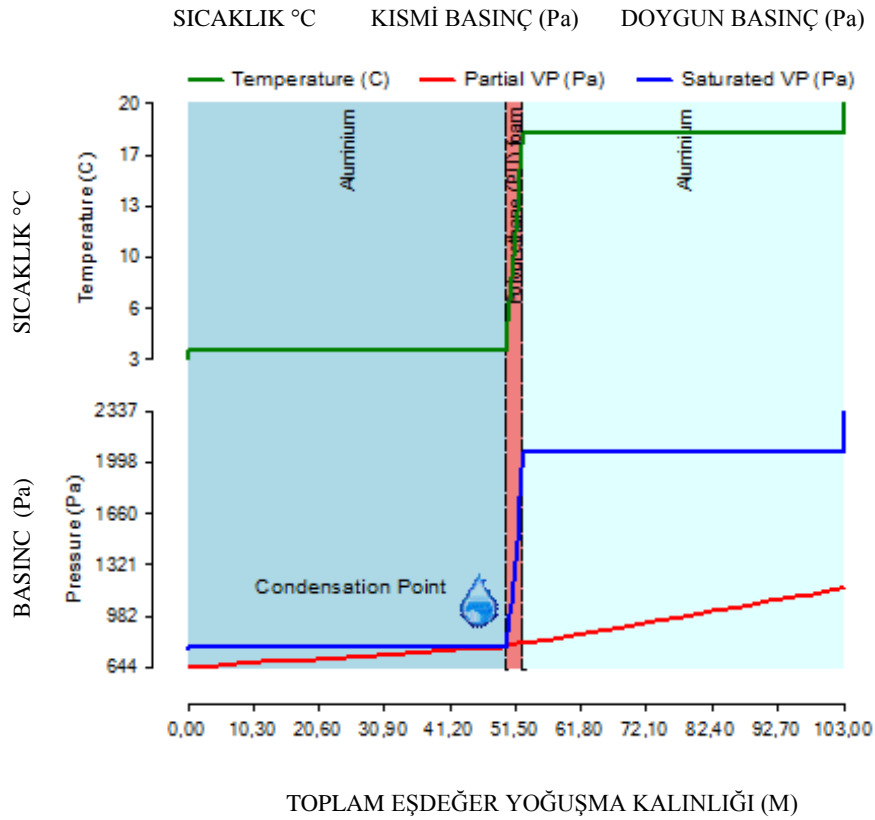
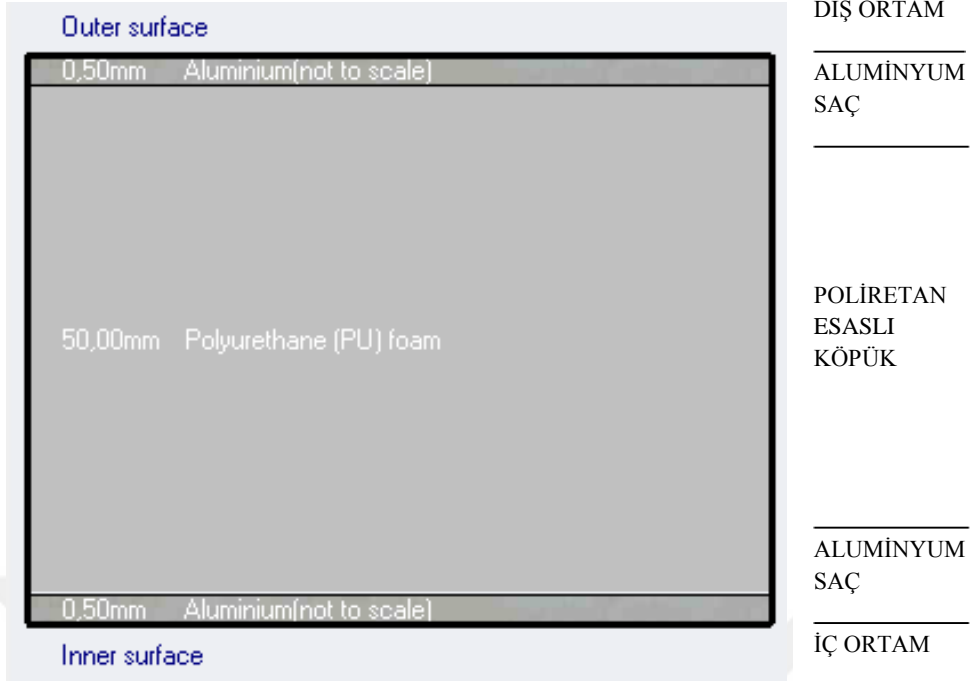
Pencerelerin toplam ısı geçirme katsayısı $U=3,159$ W/m²K olarak hesaplanmıştır. Yapı infiltrasyon değeri 0,6 ac/h olarak seçilmiştir. Yapıya ait şeffaflık oranları ise yönlerine göre çizelge 4.3’de gösterilmiştir. Yapı kabuğu opak yüzeyler için katman kesitleri ve yoğunlaşma diyagramları Şekil 4.23 ve Şekil 4.24.’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. Yüzey Şeffaflık Oranları

	Total	Kuzey (315 to 45 deg)	Batı (45 to 135 deg)	Güney (135 to 225 deg)	Batı (225 to 315 deg)
Yüzey Şeffaflık Oranı [%]	33.48	31.49	29.17	42.27	23.39



Şekil 4.23. Dış duvarlar için katman kesiti ve yoğuşma grafiği



Şekil 4.24.Çatı için katman kesiti ve yoğuşma grafiği

Yapıya kabuğuna ait mevcut değerler Çizelge 4.2 deki gibiyken; TS825 in, Bursa'nın yer aldığı ikinci bölge için izin verdiği ısı iletkenlik katsayısı değerleri (U) çizelge 4.4'te gösterilmektedir.

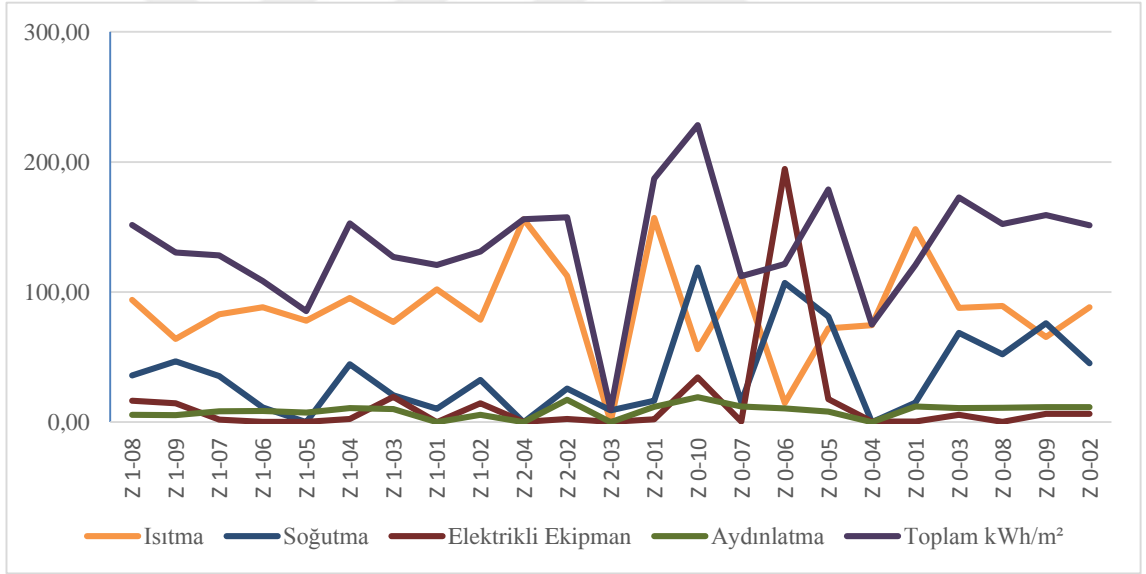
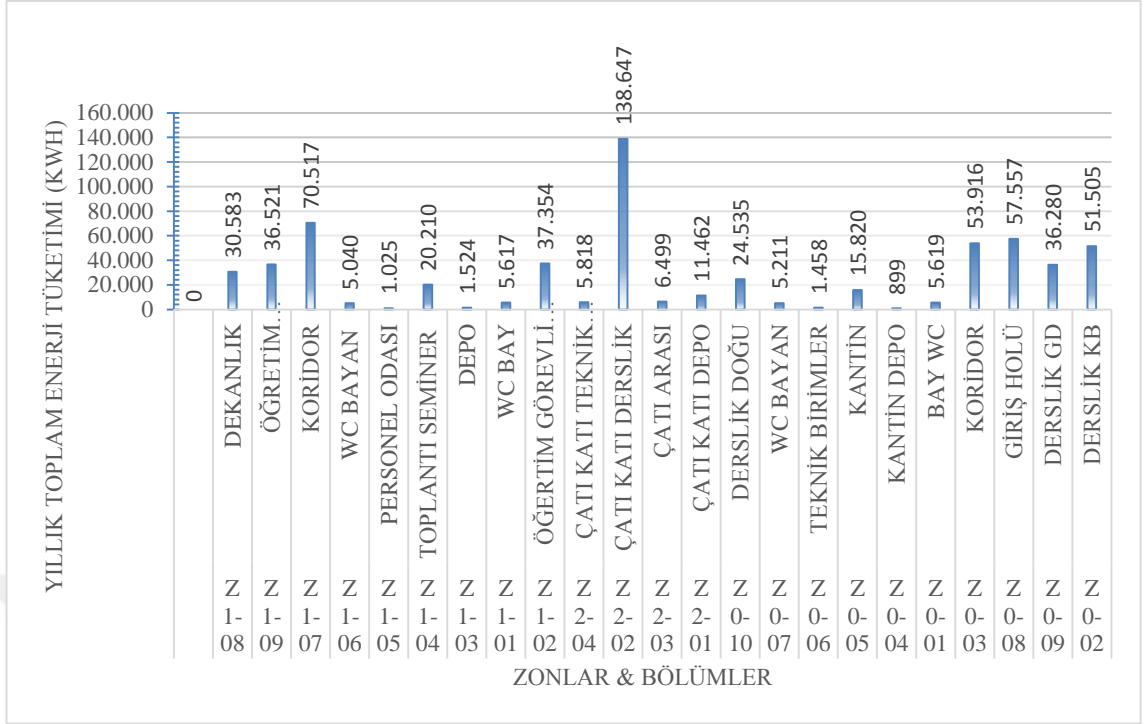
Çizelge 4.4. TS 825'e göre 2. Bölge Sınır U Değerleri ile Örnek Yapının Karşılaştırılması

Bölge	U_D (W/m ² K)	U_T (W/m ² K)	U_t (W/m ² K)	U_P (W/m ² K)
2	0,60	0,40	0,60	2,4
Yapı	1,78	2,05	0,817	3,19

Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.4 de yapı kabuğuna ait ısı iletkenlik katsayıları incelendiğinde; uygulama projesindeki durumun olması gereken minimum değerlerin altında olduğu görülmektedir. Yapının optimum enerji verimliliği sağlaması yönünde ilk adım; Design Builder programından faydalanılarak yapılan hesaplar sonucu yapı için gerekli enerji ihtiyacının aylara göre dağılımının hesaplanmasıdır. (Çizelge 4.5) Şekil 4.25' de ise yapıya ait zonların yıllık enerji ihtiyacının dağılımı gösterilmektedir.

Çizelge 4.5. Yapıya ait yıllık enerji ihtiyacı dağılımları

Örnek Yapıda Yıllık Toplam Enerji İhtiyacı Dağılımı (kWh)					
	Isıtma Enerji Tüketimi	Soğutma Enerji Tüketimi	Elektrikli Ekipman Enerji Tüketimi	Aydınlatma Enerji Tüketimi	Toplam
Ocak	82.749	44	3.008	3.942	89.742
Şubat	81.284	105	2.625	3.578	87.592
Mart	64.472	388	2.765	3.848	71.473
Nisan	24.046	2.412	2.685	3.784	32.927
Mayıs	4.451	12.833	2.806	4.041	24.130
Haziran	52	33.729	2.462	3.300	39.543
Temmuz	0	48.294	198	3.758	52.250
Ağustos	0	47.399	198	3.758	51.355
Eylül	110	26.834	2.652	3.615	33.211
Ekim	6.954	6.445	3.122	4.042	20.562
Kasım	37.578	684	2.894	3.795	44.950
Aralık	68.993	37	3.010	3.843	75.883
Toplam	370.688	179.204	28.422	45.304	623.618

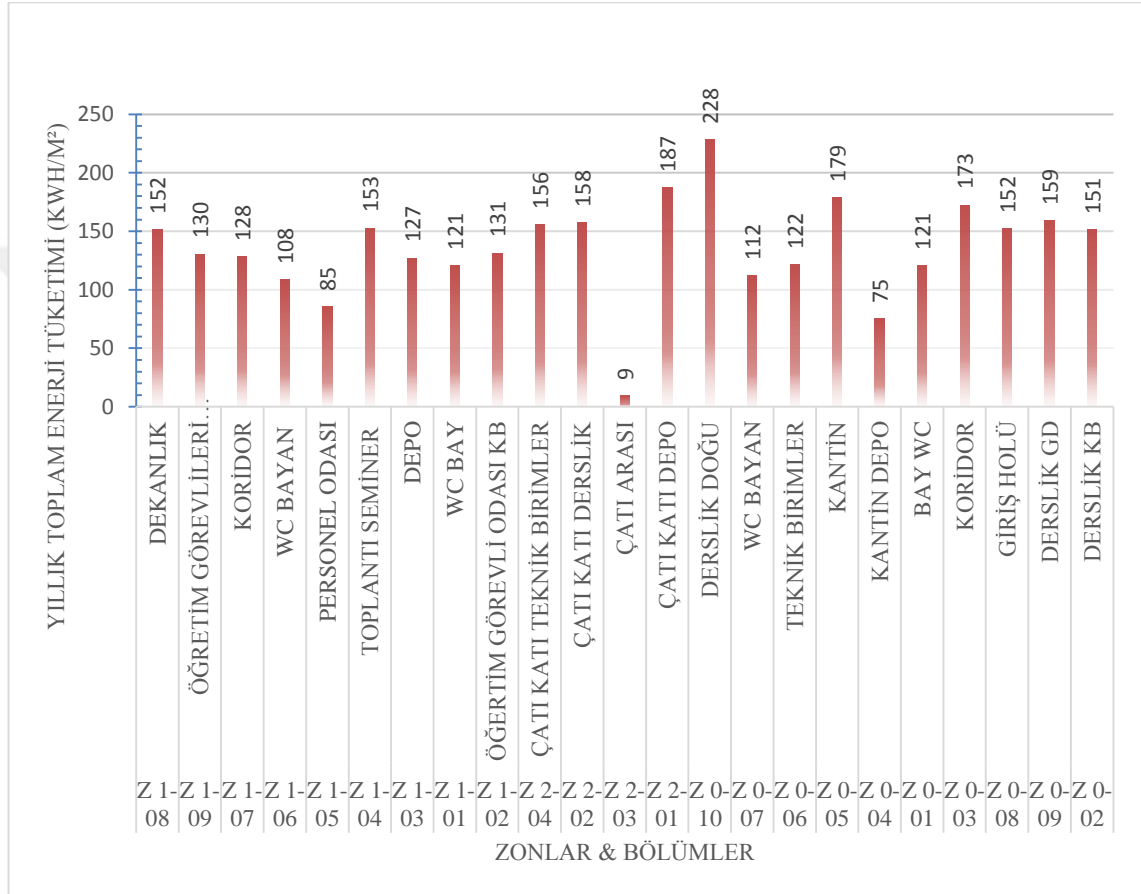


Şekil 4.25 Yapıya ait toplam yıllık enerji ihtiyacının zonlara göre dağılımları

Yapıda yaz ayları için herhangi bir soğutma sistemi mevcut değildir. Merkezi sistem herhangi bir HVAC sistemi bulunmamaktadır. Yapı inşa edilirken herhangi bir ısı yalıtımı yapılmamıştır. Kullanım sırasında ihtiyaç görülmüş, daha sonradan belirli bölgelere yalıtım yapılmıştır ancak bu yalıtımın da yeterli düzeyde olmadığı gözlemlenmiştir.

Şekil 4.25 incelendiğinde yapıda enerji ihtiyacının en fazla olduğu zonların Z2-02, Z1-07, Z0-08, Z0-03 olduğu görülmektedir.

Şekil 4.26' de ise enerji ihtiyacının birim alana göre dağılımı görülmektedir. Her bir zon eşit alana sahip olmadığından, Şekil 4.26 birim alanda en çok enerji ihtiyacının olduğu zonların belirlenmesinde en önemli adımı oluşturmaktadır.



Şekil 4.26. Yapıya ait yıllık birim alana düşen enerji ihtiyacının zonlara göre dağılımları Şekil 4.26 incelendiğinde yapıda birim alana düşen enerji ihtiyacının en fazla olduğu zonların sırasıyla Z0-10, Z2-01, Z0-05, Z0-03, Z0-09 olduğu görülmektedir.

Z0-10; zemin kat doğu yönüne bakan derslik alanlarını, Z2-01; çatı katındaki depo alanını, Z0-05; zemin kat kantini, Z0-03; zemin kat koridoru ve Z0-09; zemin kat güneydoğu yönüne bakan derslik alanlarını temsil etmektedir.

4.4. Yapı Kabuğunun İyileştirilmesi

Yapıya ait ısı zonlarda gerçekleşen enerji harcamalarının azaltılması amacıyla yapının uygulama projesi üzerinden, yapı kabuğu için iyileştirme önerileri gerçekleştirilmiştir.

Öneri 1: Yapı kabuğunun TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı gereği 2. Bölgede yer alan Bursa ili için tavsiye edilen toplam ısı geçirme katsayısı sınır değerleri optimum kabul edilerek, bu değerleri sağlanacak şekilde yapı kabuğu iyileştirilmesi sağlanacaktır. Yönetmelik ile uyumlu olarak yapılan iyileştirmelere göre müdahale edilecek noktalar şöyledir:

- Dış duvarların ısı iletkenliği açısından yetersiz olduğu görülmektedir. Yapının ilk hali varsayılarak ısı yalıtım tipi alternatifleri belirlenmiştir. Uygun ısı iletim katsayısı (U) değerini sağlayacak şekilde dış duvarlar için iyileştirilme ön görülmüştür.
- Pencerelerin ısı iletkenliği açısından yetersiz olduğu görülmektedir. Bu bina için uygun cam tipi seçilmiştir. Uygun U değerlerini sağlayacak cam tipi alternatifleri belirlenmiştir.
- Çatı kaplama malzemesinin dış duvar ve pencerelere göre daha iyi durumda olduğu görülmektedir. Ancak uygun değerlere ulaşabilmesi için yalıtımın iyileştirilmesi gerekmektedir.

Yapı kabuğunun TS825' e göre iyileştirilmesi duvar, çatı, pencere olarak ele alınmıştır ve uygun termofiziksel değerleri sağlayacak şekilde alternatifler üretilmiştir. Bu doğrultuda geliştirilen yapı kabuğu bileşen detayları, termofiziksel özellikleri ve getirilen ısı iletim katsayıları (U) Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. Yapı kabuğunun Öneri 1(TS 825)'e göre iyileştirmesi sağlandıktan sonra simülasyon tekrarlanmıştır.

TS 825 gereğince pencereler için olması gereken ısı iletkenlik katsayısı değeri $U_P = 2,4$ (W/m²K) tür. Yapı kabuğundaki tüm şeffaf yüzeyler bu ısı iletkenlik katsayısı (U) değerine getirilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucu yapının yıllık ısıtma, soğutma, aydınlanma ve elektrikli ekipmanlar için gerekli enerji ihtiyacının dağılımı Çizelge 4.7'de gösterilmiştir.

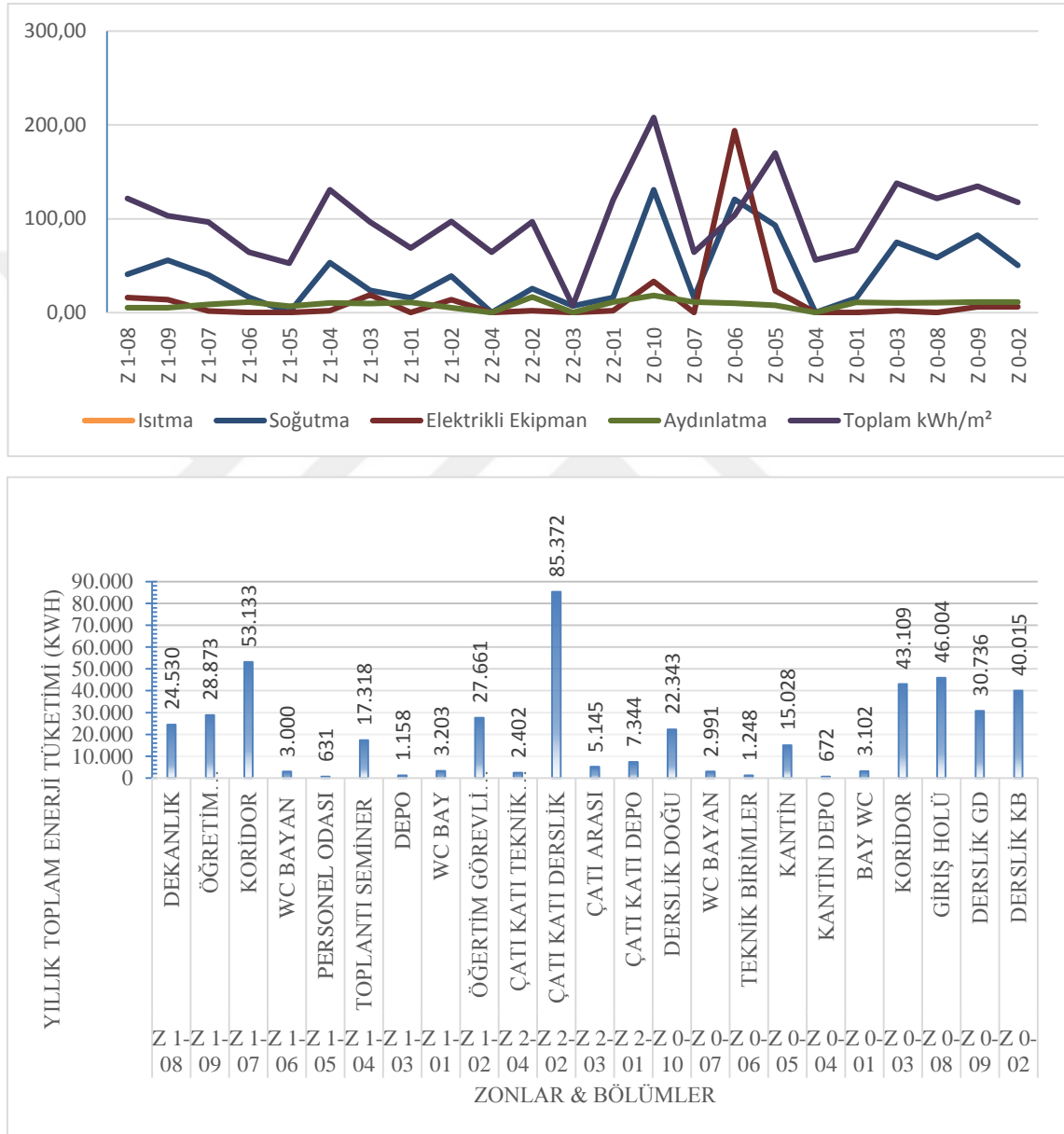
Çizelge 4.6. Öneri 1 yapı kabuğu termofiziksel özellikleri

Opak Bileşen	Malzeme	λ (W/mK)	Kalınlık (m)	U (W/m ² K)
Dış Duvar (Alternatif 1)	Çimento Esaslı Sıva	0,72	0,03	0,641
	Tuğla	0,72	0,2	
	EPS ısı yalıtımı	0,040	0,04	
	Alçı Sıva	0,42	0,03	
Dış Duvar (Alternatif 2)	Çimento Esaslı Sıva	0,72	0,03	0,615
	Tuğla	0,72	0,2	
	Taş yünü ısı yalıtımı	0,047	0,05	
	Alçı Sıva	0,42	0,03	
Çatı (Alternatif 1)	Alüminyum sac	160	0,05	0,610
	EPS ısı yalıtımı	0,040	0,06	
	Alüminyum sac	160	0,05	
Çatı (Alternatif 2)	Alüminyum sac	160	0,05	0,614
	Taş yünü ısı yalıtımı	0,047	0,07	
	Alüminyum sac	160	0,0025	

Çizelge 4.7 Öneri 1 yapıya ait yıllık enerji ihtiyacı dağılımları

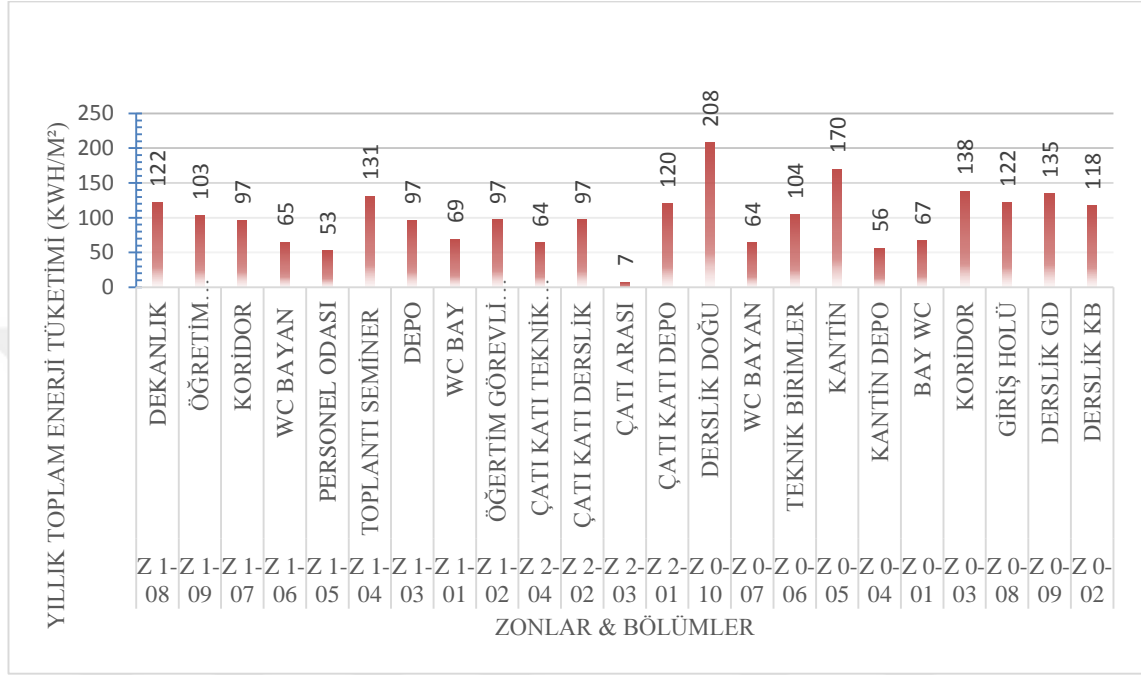
TS-825' e göre Yıllık Toplam Enerji Dağılımı (kWh)					
	Isıtma Enerji Tüketimi	Soğutma Enerji Tüketimi	Elektrikli Ekipman Enerji Tüketimi	Aydınlatma Enerji Tüketimi	Toplam
Ocak	46.253	142,5357807	2.909	3.809	53.113
Şubat	45.910	259,6884772	2.535	3.457	52.162
Mart	38.780	885,4791308	2.669	3.731	46.066
Nisan	9.439	4.739	2.598	3.659	20.434
Mayıs	983	17.408	2.716	3.905	25.012
Haziran	-	35.943	2.380	3.538	41.861
Temmuz	-	48.178	197	3.660	52.035
Ağustos	-	46.935	197	3.631	50.763
Eylül	2,928817412	29.877	2.489	3.494	35.863
Ekim	1.428	10.404	2.908	3.905	18.645
Kasım	17.305	1.618	2.661	3.660	25.244
Aralık	37.169	149,369688	2.788	3.713	43.819
Toplam	197.270	196.539	27.047	44.162	465.019

Çizelge 4.7' de yıllık toplam enerji ihtiyacının 623.618 kWh den 465.019 kWh değerine düştüğü hesaplanmıştır. Enerji ihtiyaçlarının zonlara göre dağılımı Şekil 4.27'de gösterilmektedir. Yapı kabuğunun TS825 standardında tavsiye edilen minimum ısı iletkenlik katsayısı (U) değerlerine göre düzenlenmesi yapıdaki enerji ihtiyacının yapı kabuğunda % 25,4 azalmasını sağlamıştır.



Şekil 4.27 TS825'e göre düzenlenen yapı kabuğuna göre yapıya ait yıllık enerji ihtiyacı dağılımları

Şekil 4.28’de ise zonlara göre enerji ihtiyaçlarının birim alana göre dağılımı sunulmuştur. Öneri 1 doğrultusunda geliştirilen yapı kabuğu uygulandığında; yapıya ait zonlarda enerji ihtiyacının hangi oranda değiştiğinin belirlenmesi Şekil 4.28’daki veriler yardımıyla sağlanmaktadır.



Şekil 4.28 TS825’e göre düzenlenen yapı kabuğuna göre Yapıya ait yıllık enerji ihtiyacının zonlarda birim m2 göre dağılımları

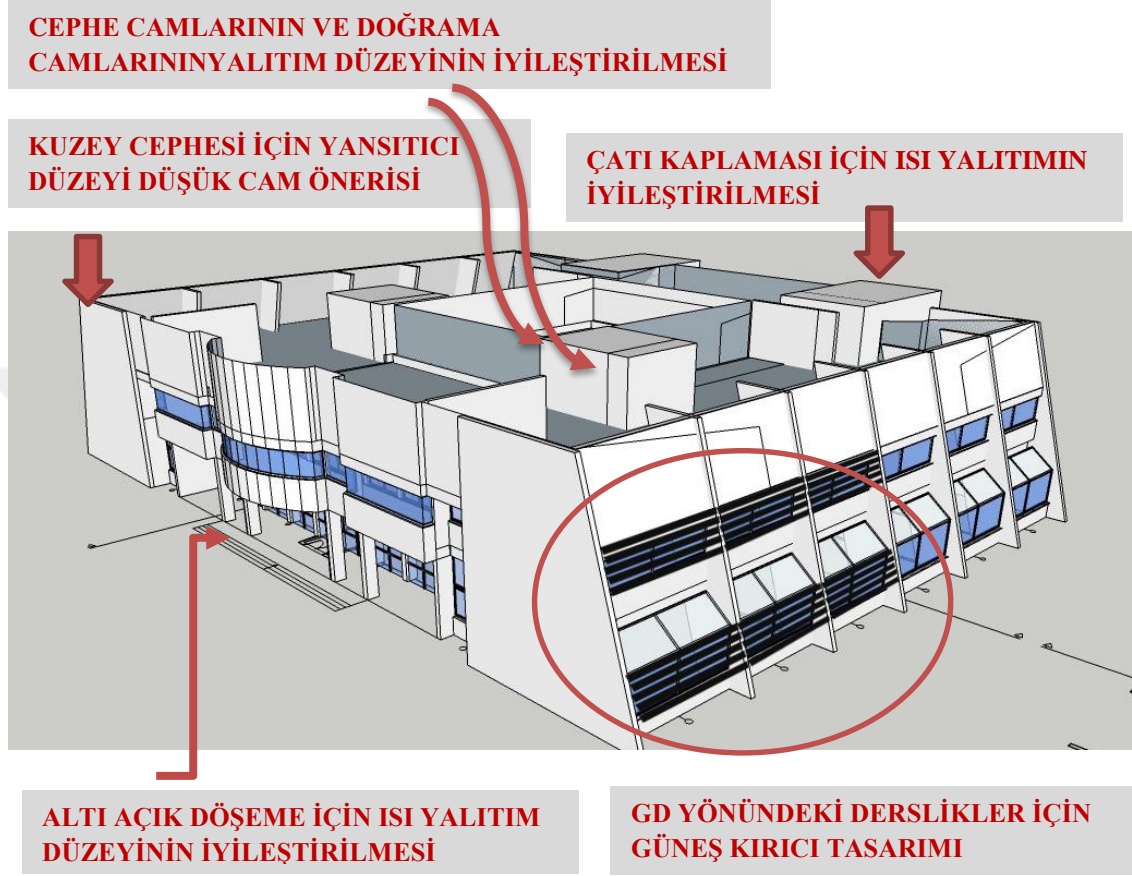
Yönetmelik ile uyumlu olarak yapılan iyileştirmelerle beraber, program tarafından yapıda en fazla enerji tüketime sahip zonlarda da en az enerji tüketimine sahip zonlarda da aynı oranda enerji kazanımının olduğu görülmüştür. Yapılan iyileştirmenin yapının tamamını etkilediğini ve yapıya ait bölümler arasında enerji farklılığı ve konfor durumunu değiştirmedeği görülmüştür.

Şekil 4.29 incelendiğinde yapıda birim alana düşen enerji ihtiyacının en fazla olduğu zonların sırasıyla Z0-10, Z2-01, Z0-05, Z0-03, Z0-09 olduğu görülmektedir. Bu zonların enerji ihtiyacının yapı geneline göre dengelenmesi sağlayacak bir kabuk tasarımı önerisi hedeflenmektedir. Bu tasarım Öneri 2 olarak sunulacaktır.

Öneri 2: Yapı kabuğunda iyileştirme önerisinin ikinci alternatifi için müdahale edilecek noktalar şöyledir:

- Yapının uygulama projesi varsayılarak ısı yalıtım tipi alternatifleri belirlenmiştir. Yapıda ısıtma-soğutma enerjisi ihtiyacı ihtiyacının en fazla olduğu zonlar sırasıyla: Z0-10; doğu yönüne bakan derslik alanlarını, Z2-01; çatı katındaki depo alanını, Z0-05; zemin kat kantini, Z0-03; zemin kat koridoru ve Z0-09; zemin kat güneydoğu yönüne bakan derslik alanlarını temsil etmektedir. Bu zonlar için müdahale edilecek ilk adım dış duvar yalıtım düzeyini iyileştirmek olacaktır. Uygun değeri sağlayacak şekilde dış duvarlar için iyileştirilme ön görülmüştür. Yalıtım durumunu en çok enerji harcanan Z0-10, Z2-01, Z0-05, Z0-03, Z0-09 zonları, standardın öngördüğü U değerinden göre daha iyi bir seviyeye getirildiğinde oluşacak sonuçlar sunulacaktır.
- 1.kat Z1-08 (Dekanlık) zonun konumlandığı döşemenin dış ortam ile temas ettiği ve enerji ihtiyacının en fazla olduğu zonlara ilave olarak bu zonun da yalıtım durumun iyileştirilmesi gerektiği öngörülmüştür.
- Özellikle en fazla enerji ihtiyacına sahip zonlardan Z0-03 (koridor), Z0-05 (kantin)'in dış cephe şeffaf yüzey oranlarının yüksek olduğu görülmektedir. Öneri 1 doğrultusunda iyileştirilen pencere termofiziksel değerlerinin yapı genelinde dengeli enerji ihtiyacı dağılımı sağlanmasında yeterli olmadığı görülmüştür. TS 825 kapsamında pencereler için istenen minimum U değeri, günümüz teknolojisine göre de çok alt bir değerdir. Bu doğrultuda, cam tipinde iyileştirmeler yapılması önerilmiştir. Güney batı güney doğu yönünde kontrollü ışık geçiriminin sağlanması amacıyla reflekte cam tercih önerilirken, kuzey cephede şeffaf cam önerilmiştir. Tüm pencereler için ısı iletim katsayısı U_p (W/m^2K) 1,6 değerine getirilmiştir.
- Özellikle güneydoğu ve doğu cephesinde yer alan derslikler (Z0-09, Z0-10) için güneş kırıcısına ihtiyaç duyulduğu gözlemlenmektedir. Bu bölgeye yerleştirilecek güneş kırıcılarının kabuktaki iyileştirme yaklaşımına eklenmesi öngörülmüştür.
- Çatı kaplama malzemesinin dış duvar ve pencerelere göre daha iyi durumda olduğu görülmektedir. Ancak kullanıcı konforu açısından daha uygun değerlere ulaşabilmesi için yalıtımın iyileştirilmesi öngörülmüştür. Çatı kaplaması için U değeri U_t (W/m^2K) : 0,4 değerine getirilmiştir.

Geliştirilen iyileştirme önerilerinin pratik olarak uygulanabilirliği ve mekânsal boyutların kullanıcı ihtiyaçlarına ve planlama esaslarına göre niteliklerini yitirmemeleri göz önünde bulundurulacak şekilde Öneri 2 hazırlanmıştır. (Şekil 4.29)



Şekil 4.29 Öneri 2 için yapı kabuğunda müdahale edilmesi öngörülen alanlar

Öneri 2 için geliştirilen yapı kabuğu için opak bileşen detayları, termofiziksel özellikleri ve toplam ısı geçirme katsayısı değerleri Çizelge 4.8’ de de gösterilmiştir. Yapı geneli toplam yıllık enerji dağılımları Çizelge 4.9’de gösterilmektedir.

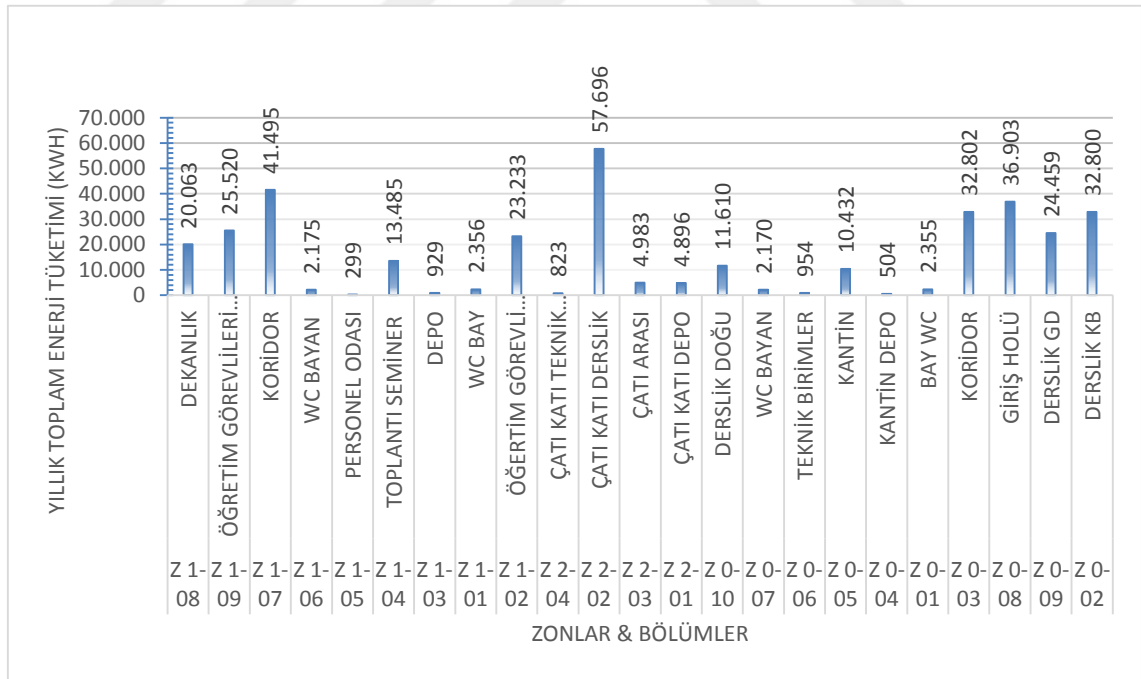
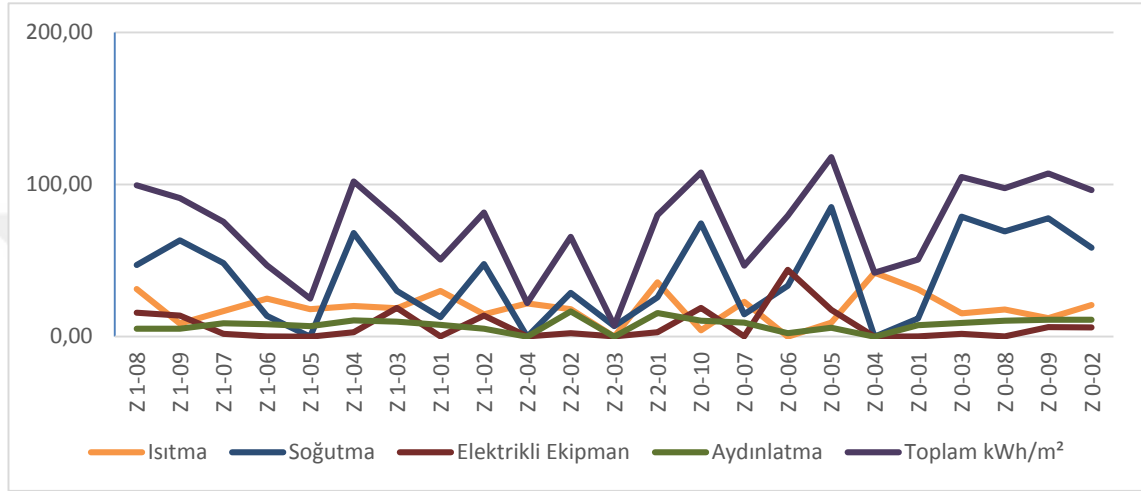
Çizelge 4.8 Öneri 2 Z0-10, Z2-01, Z0-05, Z0-03, Z0-09, Z1-08 için yapı kabuğu termofiziksel özellikleri

Opak Bileşen	Malzeme	λ (W/mK)	Kalınlık (m)	U (W/m ² K)
Dış Duvar (Alternatif 1)	Çimento Esaslı Sıva	0,72	0,03	0,319
	Tuğla	0,72	0,2	
	EPS ısı yalıtımı	0,035	0,09	
	Alçı Sıva	0,42	0,03	
Dış Duvar (Alternatif 2)	Çimento Esaslı Sıva	0,72	0,03	0,304
	Tuğla	0,72	0,2	
	Taş yünü ısı yalıtımı	0,033	0,09	
	Alçı Sıva	0,42	0,03	

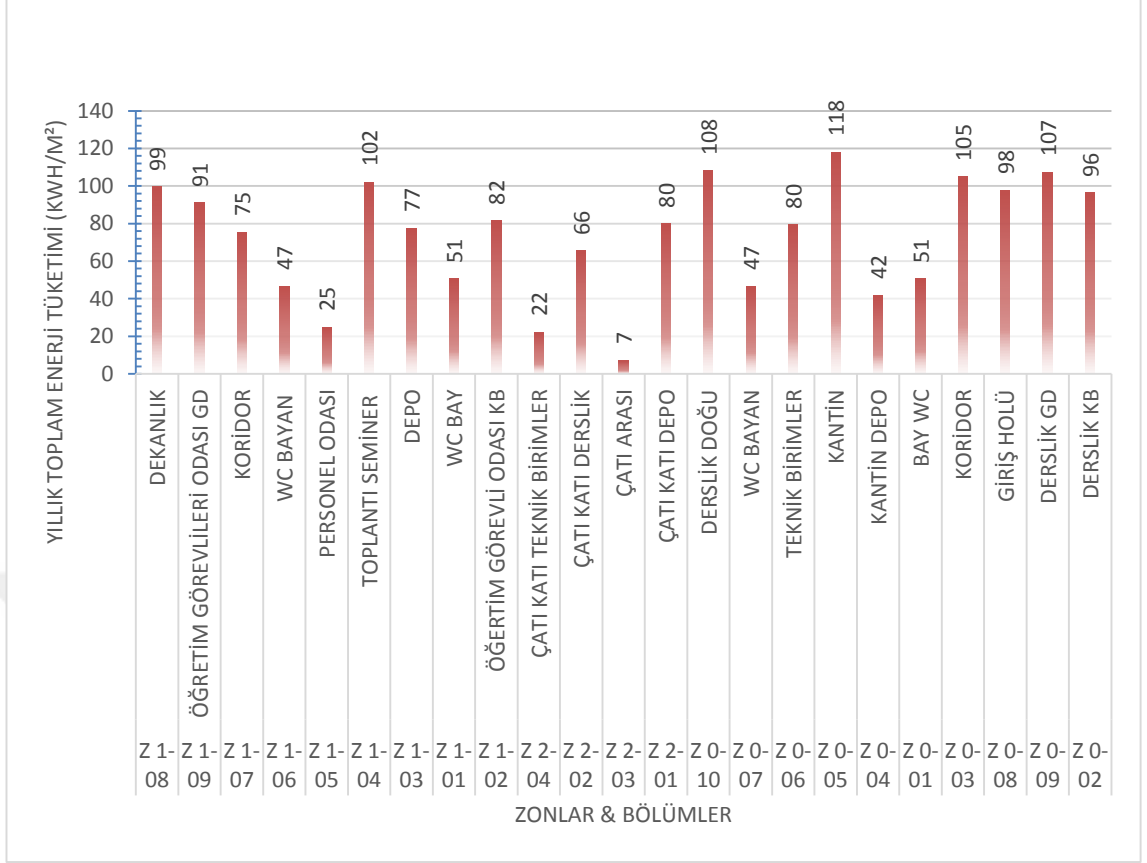
Çizelge 4.9 Öneri 2 yapıya ait yıllık enerji ihtiyacı dağılımları

Öneriye Göre Yıllık Toplam Enerji Dağılımı (kWh)					
	Isıtma Enerji Tüketimi	Soğutma Enerji Tüketimi	Elektrikli Ekipman Enerji Tüketimi	Aydınlatma Enerji Tüketimi	Toplam
Ocak	18.761	477	2.895	3.789	25.923
Şubat	19.546	687	2.523	3.438	26.194
Mart	11.474	2.171	2.660	3.709	20.015
Nisan	1.387	8.789	2.679	3.640	16.495
Mayıs	33	22.376	2.705	3.885	28.998
Haziran	-	36.199	2.370	3.521	42.090
Temmuz	-	45.879	197	3.608	49.684
Ağustos	-	44.487	197	3.611	48.295
Eylül	-	31.916	2.477	3.475	37.868
Ekim	25	15.237	2.894	3.885	22.041
Kasım	4.088	3.988	2.652	3.646	14.374
Aralık	13.920	575	2.778	3.692	20.965
Toplam	69.233	212.783	27.027	43.899	352.943

Çizelge 4.9' a göre yıllık toplam enerji ihtiyacının 465.019 kWh 352.943 kWh değerine düştüğü hesaplanmıştır. Değişen enerji ihtiyaçlarının zonlara göre dağılımı Şekil 4.22'de, gösterilmektedir. Zonlara göre birim alanda tüketilen enerji dağılımları ise Şekil 4.31'de gösterilmiştir. Şekil 4.31 gösterilen yapının yıllık toplam enerji ihtiyacının zonlara göre dağılımı grafiği Öneri 2 için öngörülen dengeli enerji ihtiyacı dağılımı hedefinin temelini oluşturmaktadır.



Şekil 4.30 Öneri 2'ye göre düzenlenen yapı kabuğuna göre yapıya ait yıllık enerji ihtiyacı dağılımları

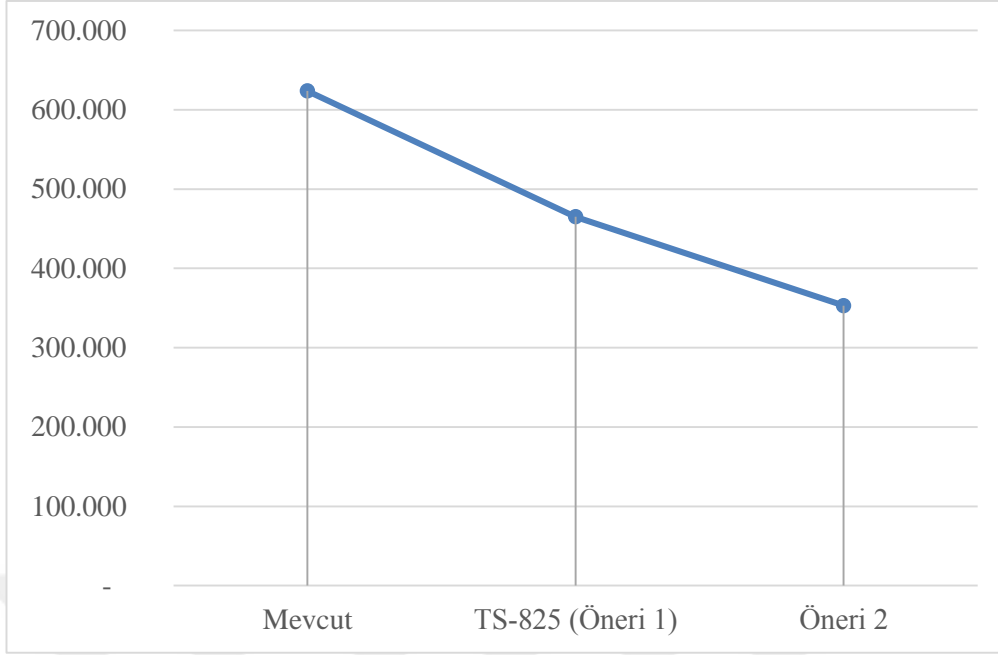


Şekil 4.31 Öneri 2'ye göre düzenlenen yapı kabuğuna göre yapıya ait yıllık enerji ihtiyacının birim alanlara göre dağılımları

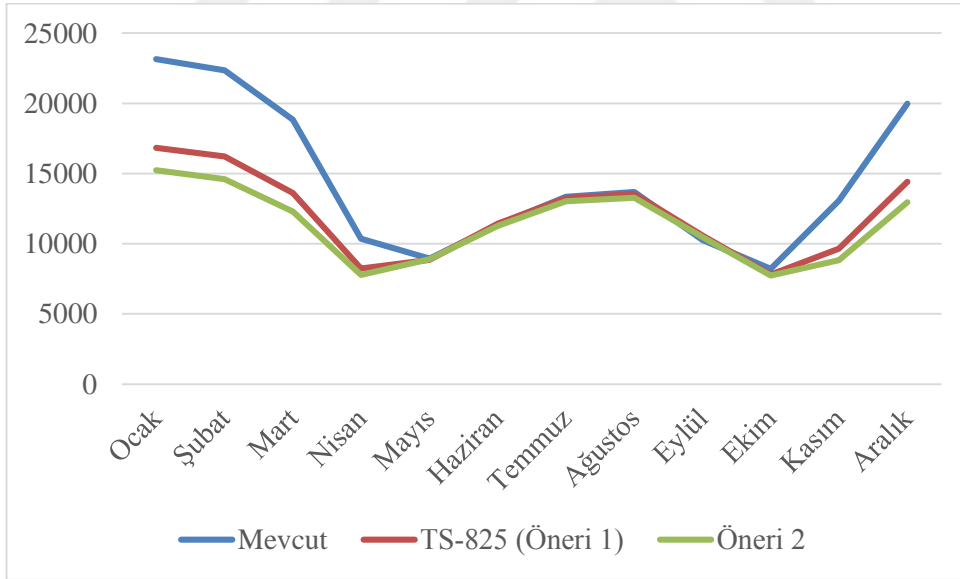
Şekil 4.31 de yapıda en yüksek enerji ihtiyacına sahip olan zonların; yapı geneliyle dengeli konuma geldiği görülmüştür ve Öneri 2'de enerji ihtiyacının projenin ilk durumuna göre % 43,4 azaldığı hesaplanmıştır.

Yapılan iyileştirmelerle birlikte oluşan 3 farklı durum için, değişen yıllık toplam enerji ihtiyaçları Şekil 4.32' de gösterilmiştir. Enerji dağılımına bağlı olarak değişen CO₂ emilimi miktarları ise Şekil 4.33' de gösterilmiştir.

Tüm bu verilerin ışığı altında genel bir değerlendirme yapıldığında yapı kabuğunun uygulama projesindeki durumu, TS 825 standardına uygun düzenlenmiş durumu (Öneri 1) ve son yapılan iyileştirmeye göre oluşan durumun (Öneri 2) tüm enerji diyagramlarının karşılaştırılması şekil 4.34'de gösterilmektedir. Şekil 4.35'de ise yapının enerji etkin hale getirilmesi sürecindeki tespit edilen problemler ve Öneri 1 ve Öneri 2 kapsamında oluşturulmuş çözüm önerileri özetlemiştir.



Şekil 4.32.Yapı geneli yıllık enerji ihtiyaçları dağılımı değişimi (kWh)



Şekil 4.33.Yapı geneli yıllık CO₂ Salınımı (kg) diagramı

Zon kodu	Z 1-08	Z 1-09	Z 1-07	Z 1-06	Z 1-05	Z 1-04	Z 1-03	Z 1-01	Z 1-02	Z 2-04	Z 2-02	Z 2-03	Z 2-01	Z 0-10	Z 0-07	Z 0-06	Z 0-05	Z 0-04	Z 0-01	Z 0-03	Z 0-08	Z 0-09	Z 0-02	
Bölüm / Kısım Adı	DEKANLIK	ÖĞRETİM GÖREVLİLER ODASI GD	KORİDOR	WC BAYAN	PERSONEL ODASI	TOPLANTI SEMİNER	DEPO	WC BAY	ÖĞERTİM GÖREVLİ ODASI KB	ÇATI KATI TEKNİK BİRİMLER	ÇATI KATI DERSLİK	ÇATI ARASI	ÇATI KATI DEPO	DERSLİK DOĞU	WC BAYAN	TEKNİK BİRİMLER	KANTİN	KANTİN DEPO	BAY WC	KORİDOR	GİRİŞ HOLÜ	DERSLİK GD	DERSLİK KB	
Alan (m ²)	201,7 m ²	280,1 m ²	549,8 m ²	46,5 m ²	12,0 m ²	132,2 m ²	12,0 m ²	46,5 m ²	284,7 m ²	37,3 m ²	880,2 m ²	692,7 m ²	61,2 m ²	107,5 m ²	46,5 m ²	12,0 m ²	88,4 m ²	12,0 m ²	46,5 m ²	312,4 m ²	377,7 m ²	228,1 m ²	340,3 m ²	
Mevcut	Toplam Tüketim	30.583	36.521	70.517	5.040	1.025	20.210	1.524	5.617	37.354	5.818	138.647	6.499	11.462	24.535	5.211	1.458	15.820	899	5.619	53.916	57.557	36.280	51.505
	Isıtma	93,94	63,94	82,80	88,34	77,83	95,50	76,92	109,78	78,78	155,87	112,40	0,10	156,99	56,04	89,94	5,43	71,92	74,42	102,22	87,83	89,17	65,33	88,34
	Soğutma	35,74	46,60	35,41	11,32	-	44,36	20,58	11,03	32,50	-	25,67	9,03	16,37	118,72	12,34	39,78	81,20	-	10,20	68,55	52,03	75,85	45,11
	Elektrikli Ekipman	16,46	14,42	1,84	0,18	0,25	2,25	19,42	0,18	14,43	0,11	2,28	0,25	2,19	34,44	0,21	72,36	17,71	0,50	0,22	5,52	0,24	6,37	6,38
	Aydınlatma	5,49	5,43	8,21	8,56	7,33	10,77	10,08	8,30	5,49	-	17,17	-	11,73	19,04	9,58	3,94	8,12	-	8,19	10,69	10,95	11,50	11,52
Toplam kWh/m ²	151,63	130,39	128,26	108,40	85,42	152,87	127,00	120,81	131,20	155,98	157,52	9,38	187,29	228,23	112,07	121,50	178,96	74,92	120,83	172,59	152,39	159,05	151,35	
TS-825	Toplam Tüketim	24.530	28.873	53.133	3.000	631	17.318	1.158	3.203	27.661	2.402	85.372	5.145	7.344	22.343	2.991	1.248	15.028	672	3.102	43.109	46.004	30.736	40.015
	Isıtma	59,48	28,21	45,86	44,80	45,67	59,58	44,25	50,12	38,89	64,24	52,33	0,03	84,56	25,45	42,24	0,82	76,50	56,00	48,57	50,57	52,48	34,65	49,91
	Soğutma	40,90	55,71	40,34	11,61	-	57,94	23,67	10,95	39,09	-	25,75	7,16	19,44	130,90	12,90	38,39	69,95	-	10,53	75,01	58,52	82,63	50,37
	Elektrikli Ekipman	15,92	13,91	1,78	0,14	-	2,30	18,83	0,18	13,92	0,16	2,21	0,24	2,43	33,18	0,10	61,63	17,65	-	0,09	2,12	0,23	6,17	6,16
	Aydınlatma	5,31	5,26	8,65	7,98	6,92	11,18	9,75	7,64	5,25	-	16,70	-	13,57	18,31	9,08	3,15	5,91	-	7,52	10,29	10,57	11,29	11,15
Toplam kWh/m ²	121,62	103,08	96,64	64,52	52,58	131,00	96,50	68,89	97,16	64,40	96,99	7,43	120,00	207,84	64,33	104,00	170,00	56,00	66,71	137,99	121,80	134,75	117,59	
Öneri	Toplam Tüketim	20.063	25.520	41.495	2.175	299	13.485	929	2.356	23.233	823	57.696	4.983	4.896	11.610	2.170	954	10.432	504	2.355	32.802	36.903	24.459	32.800
	Isıtma	31,32	8,55	16,70	24,89	18,00	20,15	18,67	30,09	14,74	21,90	17,94	0,00	35,80	4,20	22,78	-	9,26	42,00	31,19	15,31	17,79	12,16	20,82
	Soğutma	47,11	63,40	48,30	13,70	-	68,24	30,08	12,84	47,70	-	28,84	6,95	25,90	74,50	14,71	33,37	85,25	-	11,85	78,94	69,25	77,85	58,42
	Elektrikli Ekipman	15,79	13,91	1,78	0,14	-	2,93	18,92	0,09	13,92	0,16	2,19	0,24	2,78	18,90	0,10	43,88	17,61	-	0,09	1,84	0,23	6,15	6,11
	Aydınlatma	5,25	5,26	8,70	8,05	6,92	10,69	9,75	7,64	5,25	-	16,58	-	15,52	10,40	9,08	2,25	5,89	-	7,52	8,92	10,44	11,07	11,04
Toplam kWh/m ²	99,47	91,11	75,47	46,78	24,92	102,00	77,42	50,67	81,61	22,06	65,55	7,19	80,00	108,00	46,68	79,50	118,01	42,00	50,65	105,00	97,70	107,23	96,39	

Şekil 4.34. Yapı kabuğunun Öneri 1 ve Öneri 2'ye göre iyileştirilmesi sonucu oluşan enerji diyagramlarının karşılaştırılması

	Pencere U (W/m ² K)	Dış Duvar U (W/m ² K)	Çatı U (W/m ² K)	Toplam Enerji İhtiyacı (kWh)	Enerji Kaçışlarının En Yüksek Olduğu Zonlar ve Yüzeyler	Plan Üzerinde Gösterim (Renk skalasındaki en koyu alan en fazla enerji ihtiyacının olduğu zonları temsil etmektedir)
UYGULAMA	3,159	1,783	0,817	634,392	Yapıda ısıtma-soğutma enerjisi ihtiyacı ihtiyacının en fazla olduğu zonlar sırasıyla: Z0-10 ; doğu yönüne bakan derslik alanlarını, Z2-01 ; çatı katındaki depo alanını, Z0-05 ; zemin kat kuzeybatı yönüne bakan kantini, Z0-03 ; zemin kat koridoru ve Z0-09 ; zemin kat güneydoğu yönüne bakan derslik alanlarını temsil etmektedir. Z1-08 ; 1. kat dekanlık	
ÖNERİ - 1	2,4	0,6	0,6	474,590	Opak ve şeffaf yüzeylerde: Yapı kabuğunda genel anlamda bir iyileştirme yapılmıştır. TS 825 standardına göre önerilen minimum değerleri sağlayacak alternatifler üretilmiştir. Yapı genelinde, enerji dağılımındaki dengesizlikler giderilememiştir.	
ÖNERİ - 2	1,6	0,319	0,54	374,571	Opak yüzeylerde: Z0-10 derslik (güney doğu) Z2-01 çatı katı depo Z0-05 kantin (kuzey batı) Z0-03 koridor Z0-09 derslik (güney doğu) Z1-08 dekanlık (güney batı altı açık döşeme) zonlarında ait yapı kabuğunda iyileştirme öngörülmüştür. Şeffaf yüzeylerde ise: Z0-02, Z1-02 (Kuzey) yansıtıcı yüzeyi düşük cam önerisi Z0-09, Z0-10 (Güneydoğu, doğu) güneş kırıcı tasarımı öngörülmüştür	

Şekil 4.35. Yapı kabuğunun Öneri 1 ve Öneri 2'ye göre iyileştirilmesi analiz-hedef tablosu

Yapı kabuğunun uygulama projesindeki durumu, TS 825 standardı baz alınarak düzenlenmiş durumu (Öneri 1) ve son yapılan iyileştirmeye göre oluşan durumun (Öneri 2) tüm enerji diyagramlarının karşılaştırılması Şekil 4.34 'de gösterilmektedir. Yapı içindeki her bir zonun ısıtma, soğutma elektrikli ekipman, aydınlanma enerji ihtiyaçlarının dağılımı ve yapının kabuğuna müdahale ederek; ısıtma-soğutma ihtiyacının dengeli hale getirilebilmesi için hangi zona hangi oranda iyileştirme yapılması gerekliliğini bu diyagram açıklamaktadır.

Tabloda her bir enerji, tüketim alanı ayrı bir renk ile belirtilmiştir. Renk skalasında renkler koyulaştıkça o alandaki enerji tüketiminin arttığı ifade edilmektedir.

Bu çalışma kapsamında yapıya ait tespit edilmiş tüm problemler, yapı kabuğunda yapılmış tüm müdahaleler; yapı kabuğunun uygulama projesindeki durumu, Öneri 1 ve Öneri 2'deki durumu Şekil 4.35'te özetlenmektedir.

5.SONUÇ

Binalarda enerji verimliliği pek çok ülkenin enerji politikalarında önceliğe sahiptir ve çevrenin korunması ve sürdürülebilirliğin sağlanmasında çok önemli bir rolü vardır. Türkiye’de de enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunmasını sağlamak için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasını öngören, Enerji Verimliliği Kanunu’nun ve bunu takiben 05.12.2008’de Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği’nin de bu alandaki çalışmaları ivmelendireceği açıktır. Yurt dışındaki uygulamalara bakıldığında, 4 Ocak 2003 tarihinde yürürlüğe giren, Avrupa Parlamentosu ve Konseyi’nin Yapılarda Enerji Performansı Direktifi de yapıların performansının değerlendirilebilmesi için yöntem geliştirmeyi ve yapılara enerji sertifikaları vermeyi önermektedir. Yapıların performanslarının değerlendirilebilmesi önceki bölümlerde açıklanan verilerin toplanması ve gerekli hesaplamaların yapılabilmesine bağlıdır. Yapının enerji performansının hızlı ve doğru şekilde hesaplamalarının yapılabilmesi için yapılara ait verilerin işlendiği Design Builder programı önemli bir adım oluşturmaktadır.

Çalışma kapsamında; Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Binası uygulama projesi temel alınarak, mevcut enerji harcamaları ve yapı kabuğunda yapılan iyileştirmeler sonucu elde edilen enerji harcamaları karşılaştırılmıştır.

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı’ na göre Türkiye 2.Bölge’de izin verilen değerler temel alınarak, yapının kabuğuna genel anlamda yapılan müdahalenin bu farklılığı gidermeyeceği ve her zonda kullanıcı konforunun sağlanamayacağı savunulmuştur. Çevresel ve yapısal değişkenlere göre tasarlanmış, yapı için daha yüksek enerji kazanımı ve yapıya ait tüm zonlarda eşit enerji ihtiyacını hedefleyen bir yapı kabuğu yaklaşımı geliştirilmiştir. Önerilen yaklaşımın sonucu aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Enerji korunumunda amaç tüm kullanıcıların eşit konfor koşullarında bulunmasını sağlamaktır.

Yapıyı oluşturan tüm birimler birbirleriyle ve dış çevreyle sürekli etkileşim halindedirler. Dolayısıyla bir bölüm için önerilen bir değişiklik sadece söz konusu bağımsız bölümü

değil tüm yapıyı da etkilemektedir. Isı ve enerji korunumu hedeflendiğinde tüm yapıyı etkileyecektir.

Enerji ihtiyaçlarının dengeli olabilmesi için yapıya ait zonların konumlarının tasarım aşamasında dengeli hale getirilebilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada mevcut yapının uygulama projesi üzerinden yola çıkılarak; Design Builder programına göre yıllık enerji ihtiyaçları hesaplanmıştır. Yapı ısıl zonlara ayrılmış ve zonlara göre enerji ihtiyaçları hesaplanmıştır.

Yapı için her bir zonun konumu, ynlenişi, fonksiyonu baz alındığında, Z0-10, Z2-01, Z0-05, Z0-03, Z0-09 kodlu zonlarda enerji ihtiyacının diğer zonlara göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yapı kabuğunun iyileştirilmesi yönünde öneri 1 ve öneri 1 hazırlanmıştır.

Yapıya ait kabuk verilerin TS 825 standartlarının çok altında olduğundan dolayı ilk öneride yapı kabuğu TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı' na göre minimum değerlere getirilmiş ve bu durum sonucunda yapıya ait yıllık enerji ihtiyaçlarında %25,4 lk bir azalma olduğu grlmştir.

Ancak neri 1'e uygun yapılan analiz ve hesaplamalara göre; yapı içinde ayrılmış olan zonların enerji dağılımında farklılıklar giderilememiştir. Bununla birlikte iç ortam konfor koşulları için belirlenen optimum standartlar tüm zonlarda sağlanamamıştır. Standartta göre yapının tamamına yapılacak müdahalenin sadece belirli bir yere kadar enerji tasarrufu sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Bu zonlarda lokal iyileştirmeler yapılması ve TS 825 standartlarının vermiş olduğu değerlerin yetersiz kalması üzerine yapının enerji verimliliği açısından daha etkin hale getirileceği öneri 2 hazırlanmıştır. neri 2 doğrultusunda yapılan hesaplamalar sonucu yapıda yıllık enerji ihtiyacı % 43,4 oranında azaltılmıştır.

Bu çalışmada yapı kabuğunun enerji etkinliği açısından incelenmesi ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Alan çalışmasında örnek olarak seçilen binanın yapı kabuğu yalıtım sistemleri güneş kontrol sistemleri gün ışığı kontrol sistemleri açısından geliştirilmeye çalışılmıştır.

Yapının enerji etkin hale getirilmesi; bu tezde açıklanmaya çalışılan enerji etkin tasarım ölçütlerinin dikkate alınmasıyla ve yapının enerji ihtiyaçlarının bölgesel olarak tespit edilmesiyle mümkün olabilmektedir. Bunu sağlamak için yapı kabuğuna yapılacak müdahalelerin çok önemli bir etken olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapının enerji etkin hale getirilmesi, bu tezde açıklanmaya çalışılan yöntemlerle yürütülmüştür. Yapının bu şekilde enerji etkin hale getirilmesi LEED, BREEM gibi uluslararası enerji etkin bina sertifikasyon sistemleri için önemli bir adımı oluşturmaktadır.

Mevcut bir yapının enerji etkin hale getirilmesini ekonomik açıdan yeni ek maliyetler getirmektedir. Yeni yapılarda, yapıyı enerji etkin hale getirmek; tasarımın bu doğrultuda yönlendirilmesiyle, proje kararlarının, malzeme seçimlerinin ve uygulamaların bu doğrultuda yapılmasıyla mümkün olabilmektedir. Ancak mevcut yapı da enerji etkinliğinin sağlanması tez çalışmasında belirtilen öneriler gibi, yapı üzerinde iyileştirmelerin yapılmasıyla mümkün olabilmektedir. Bu bağlamda mevcut bir yapının enerji etkin hale getirilmesi kararı ekonomik boyutlarıyla da ele alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Alyanak, H.2012.** Mimaride Enerji Etkin İyileştirme Kayaköy Örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, MU, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Muğla.
- Al-Homoud, 2001** Computer Aided Building Energy Analysis Techniques, 36.
- Arpacioğlu, Ü. 2012.** Fiziksel Çevre Yazılımlarının Tasarım Aşamasında Kullanılması. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu, 16-17 Mayıs 2012, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Ayan, M. 1985.** Konut Alanları Tasarım İlkeleri, Kent –Koop. Batıkent Konut Üretim Yapı Kooperatifleri Birliği; *Özgün Matbaacılık Sanayi*; Ankara, s. 65.
- Ayçam, İ, 1998.** Pencerelerin Isıl Performansının Arttırılmasına Yönelik İyileştirme Teknikleri. *Yüksek Lisans Tezi*, GÜ,Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ayçam, İ. 2011.** Enerji Etkin Ofis Binalarında Gelişmiş Cephe Sistemlerinin İncelenmesi, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16 Nisan 2011, İzmir.
- Bayraktar, M., Tobias, S., Yılmaz, Z. 2009.** Binalarda Enerji Simulasyonları İçin Veri Toplama Listeleri Aracılığıyla Veri Yönetimi Modelinin Oluşturulması, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 06-09 Mayıs 2009, Tepekule Kongre ve Sergi Merkezi, İzmir.
- Baysan, O,2003.** Sürülebilirlik Kavramı ve Mimarlıkta Tasarıma Yansıması. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.
- Bilge, C. 2007.** Sürdürülebilir Çevre ve Mimari Tasarım: Mimariye Eleştirel Bir Bakış. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.
- Boduroğlu, Ş. 2010.** Akıllı Binalarda Enerji Etkin Cephe Tasarımı. 5.Ulusal Çatı&Cephe Sempozyumu, 15-16 Nisan 2010, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Tınaztepe Yerleşkesi, İzmir.
- Canan, F. 2003.** Sürülebilir Bir Mimarlığa Doğru, *Yapı Dergisi* 256: 56-64.
- Canan, F.2008.** Enerji Etkin Tasarımda Parametrelerin Denetlenmesi İçin Bir Model Denemesi, *Doktora Tezi*, SU, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Konya.
- Cook, J. 2001.** Ekolojinin Mimarisi. *Domus M Dergisi*, Nisan-Mayıs, 10:52-57.
- Çakmaknus, İ. 2003.** Enerji Etkin Bina Tasarım Yaklaşımı, *Yapı Dergisi*, 260: 101-104.
- Çakmanus, İ. 2004.** Enerji Verimli Bina Tasarım Yaklaşımı, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 84: 20-27.
- Çakmaknus, i. 2011.** Bina Enerji Simülasyonu, *Yeşil Bina Dergisi*,8.
- Çakmanus, İ., Özbalta, T. 2009.** Binalarda Sürdürülebilirlik: Ömür Boyu Maliyete İlişkin Yaklaşımlar.Doğa Sektörel Yayıncılık, İstanbul.
- Çelebi, G. 2003.** Environmental Discourse and Conceptual Framework For Sustainable Architecture. *G.Ü. Journal of Science Dergisi*, 16(1) : 205-216.
- Çengel, Y.1998.** Heat Transfer, A Practical Approach, *WCB/McGraw-Hill*, NewYork, 1-12.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. 2011.** Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı, Temmuz, Ankara.
- Dağsöz A. K. 1978.** Güneş Enerjisinden Yaralanma, DTÜ Matbaası, Gümüşsuyu istanbul
- Dikmen, Ç. 2011.** Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örnekleme, *Politeknik Dergisi*, 14(2):121-134.
- Ersoy, H.1994.**Yapı Biyolojisi, İnsan, Yapı ve Çevre, *Yapı Dergisi*, 146:6-60.
- Göksal, T., Özbalta, N. 2002.** Enerji Korunumunda Düşük Enerjili Bina Tasarımları. *Mühendis ve Makine*, 28, Ankara.

Göksal Özbalta, T. 2003. Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Güneş Pili Uygulamaları. II. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 15-18 Ekim 2003, Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğü Sürekli Eğitim Merkezi, İzmir.

Gür, V. 2007. Mimaride Sürdürülebilirlik Kapsamında Değişken Yapı Kabukları İçin Bir Tasarım Destek Sistemi. *Doktora tezi*, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

<http://www.altensis.com/hizmetler/designbuilder-software,2014>.

<http://www.altensis.com/hizmetler/designbuilder-software/> 2015

<http://www.bep.gov.tr/> 2015

<http://www.bep.gov.tr/BEPTRWEB/Default.aspx#.VE9zOE0cSid/> 2015

<http://www.cedbik.org/> 2014

<http://www.cevreonline.com/cevreci/yesilbinasertifika.htm>, 2014

http://enerjigunlugu.net/paris-2015-iklim-zirvesinin-ipuclari10426.html#.VogOG_mLTIU, 2013

<https://www.google.com/maps/place/> 2015

<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/methodE.htm>, 2014

<http://www.izoder.org.tr/tr/dokumanlar>, 2014.

http://www.izoder.org.tr/tr/dokumanlar/hesap_makinesi/ts_825_yardim.Pdf 2015

<http://www.tgub.org.tr/default/> 2015

<http://www.trnsys.com/> 2014

<http://www.usgbc.org/certification>, 2014

<http://www.yesilbinadergisi.com>, 2012

Jones D.L.1988. Architecture and environment laurence king publishing, Londra

Karaca, M, 2008. Toplu Konutlarda Enerji Etkinliği; Toplu Konut İdaresi Başkanlığı (toki) Toplu Konut Projeleri Üzerinden Bir İnceleme. *Yüksek Lisans Tezi*, GÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir Bölge Planlama Anabilim Dalı

Katırcı, U., Türkmen, R. 2001. Enerji ve Binalarda Enerji etkinliğini Sağlayan Sistemler; Yüksek Lisans Mimarlıkta Teknolojik Gelişim Dersi Araştırma Raporu; *Gazi Ü. Mimarlık Bölümü*; Ankara, s.16.

Katırcı, U. 2003. Çevre ve Yaşam İçin Yapı Tasarımı: Norman Foster. *Yüksek Lisans Tezi*, GÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara.

Lakot, E. 2007. Ekolojik Ve Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Çift Kabuklu Bina Cephe Tasarımlarının Günümüz Mimarisindeki Yeri Ve Performansı Üzerine Analiz Çalışması. *Yüksek Lisans Tezi*, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Trabzon.

Moffat, A. S., Schiler, M. 1993. Energy Efficient and Environment Landscaping; *Appropriate Solutions Press*; South Newfane – Vermont.

Özdemir, B. 2005. Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Özkeresteci, İ.2001. Hangi Ekoloji, *Domus M Dergisi*, 10: 136.

Sev, A., Canbay, S. 2009. Dünya Genelinde Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifika Sistemleri. *Yapı Dergisi-Yapıda Ekoloji Eki*, 329: 42.

Soysal, S, 2008, Konut Binalarında Tasarım Parametreleri ile Enerji Tüketimi İlişkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, GÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara.

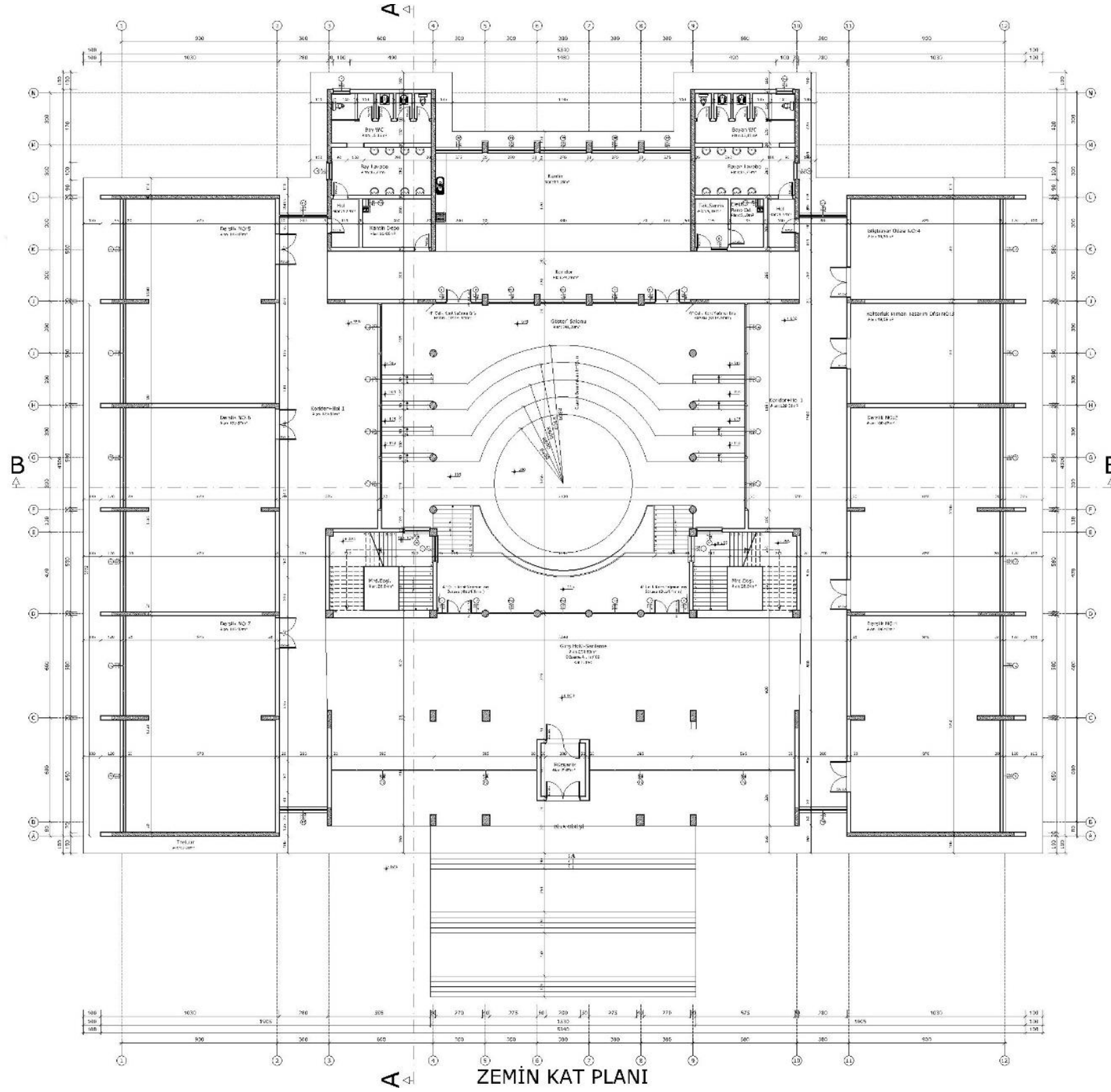
Tönük, S. 2003. Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Akıllı Binalar, *Arredamento Mimarlık Dergisi*, 154: 81-85.

Tönük, S. 2001. Bina Tasarımında Ekoloji, YTÜ Basım Yayın Merkezi, İstanbul.

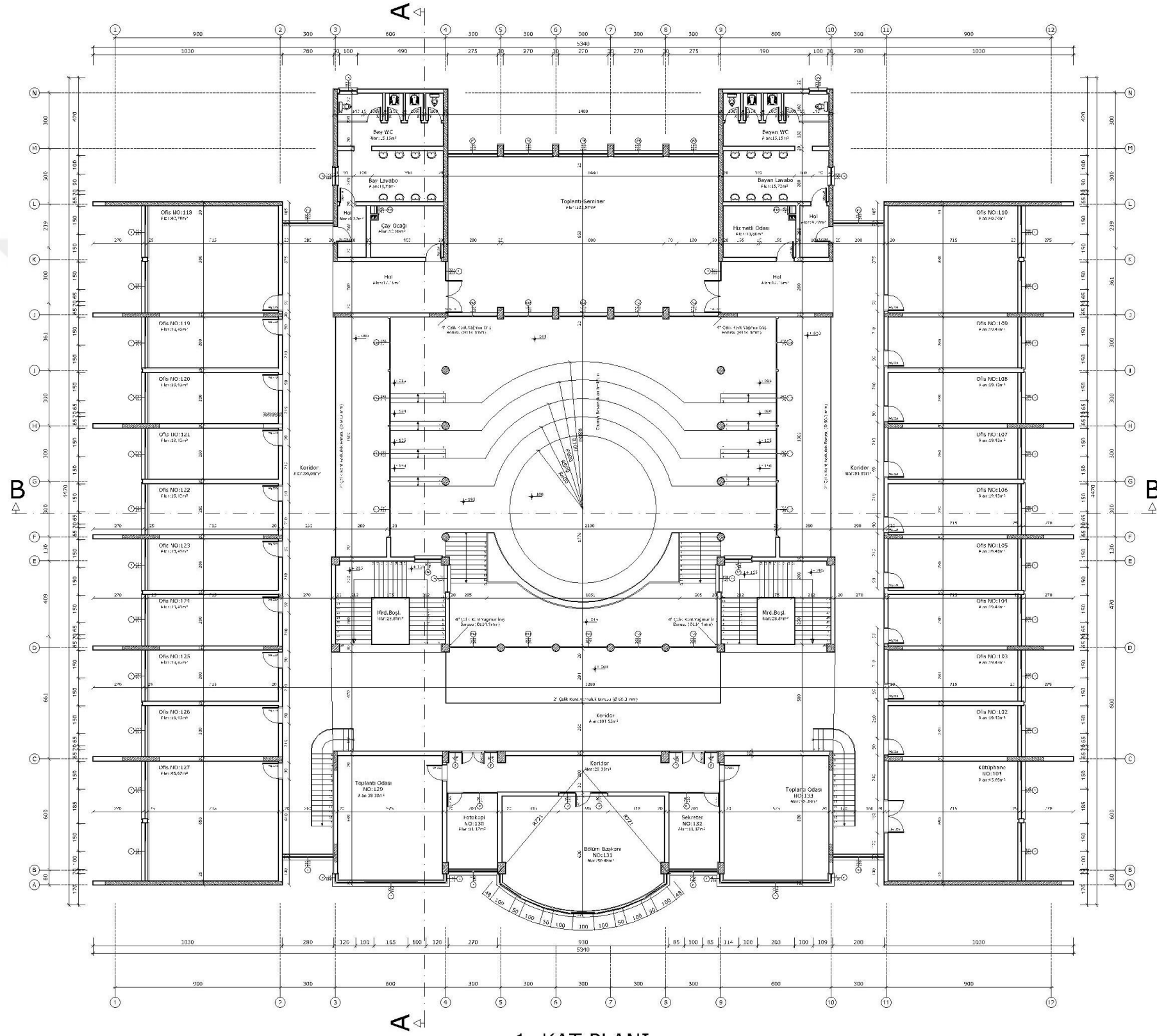
- Tuğlu Karşlı, U.2008.** Sürdürülebilir Mimarlık Çerçevesinde Ofis Yapılarının Değerlendirilmesi ve Çevresel Performans Analizi İçin Bir Model Önerisi. *Sanatta Yeterlik Tezi*, MSGSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü İç Mimarlık Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Turgut, H. 2010.** Enerji Etkin Bina Tasarımı Kapsamında Büyük Ankara Oteli Yenileme Süreci ve Trijenerasyon Uygulaması. *Yüksek Lisans Tezi*, GÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara.
- Türkeş, M. 2006.** Küresel iklimin geleceği ve Kyoto Protokolü, Jeopolitik 29: 99-107
- Ulusoy, B. 2010.** Sürdürülebilir Mekan Tasarımındaki Belirleyiciler ve Akıllı Bina Teknolojileriyle Olan Etkileşimleri. *Yüksek Lisans Tezi*, HÜ, Sosyal Bilimler Enstitüsü İç Mimari ve Çevre Tasarımı Ana sanat Dalı, Ankara.
- Utkutuğ, G.2000.** Yeni Bin Yıla Girerken Sürdürebilir Bir Gelecek İçin Ekolojik ve Enerji Etkin Hedefler ile Bina Tasarımı ve İşletimi, *Ulusal Enerji Verimliliği Kongre Kitabı*, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara.
- Schittich, C. 2001.** Building Skins: Concepts, Layers, Materials, Edition Detail- Institut für internationale Architektur- Dokumentation GmbH, Birkhäuser Publishers for Architecture, Basel.
- Sobek, W. 2001.** Archi-Neering – Visions of an Architecture for the 21st Century, *Glass Processing Days, 2001 Conference Proceedings*, Tampere, Finla@@nd, June 15-18.
- Yılmaz, Z. 1988.** Yeni Toplu Konutların Kullanıcı Konforu Açısından Isısal Performansının Değerlendirilmesi, *TÜBİTAK Proje*,716 (5)
- Yılmaz, B. 2009.** Binalarda Enerji Verimliliği Ve Sürdürülebilirlik, *Yüksek Lisans Tezi*, İTU, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul

EKLER

EK-1 Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Zemin Kat Planı

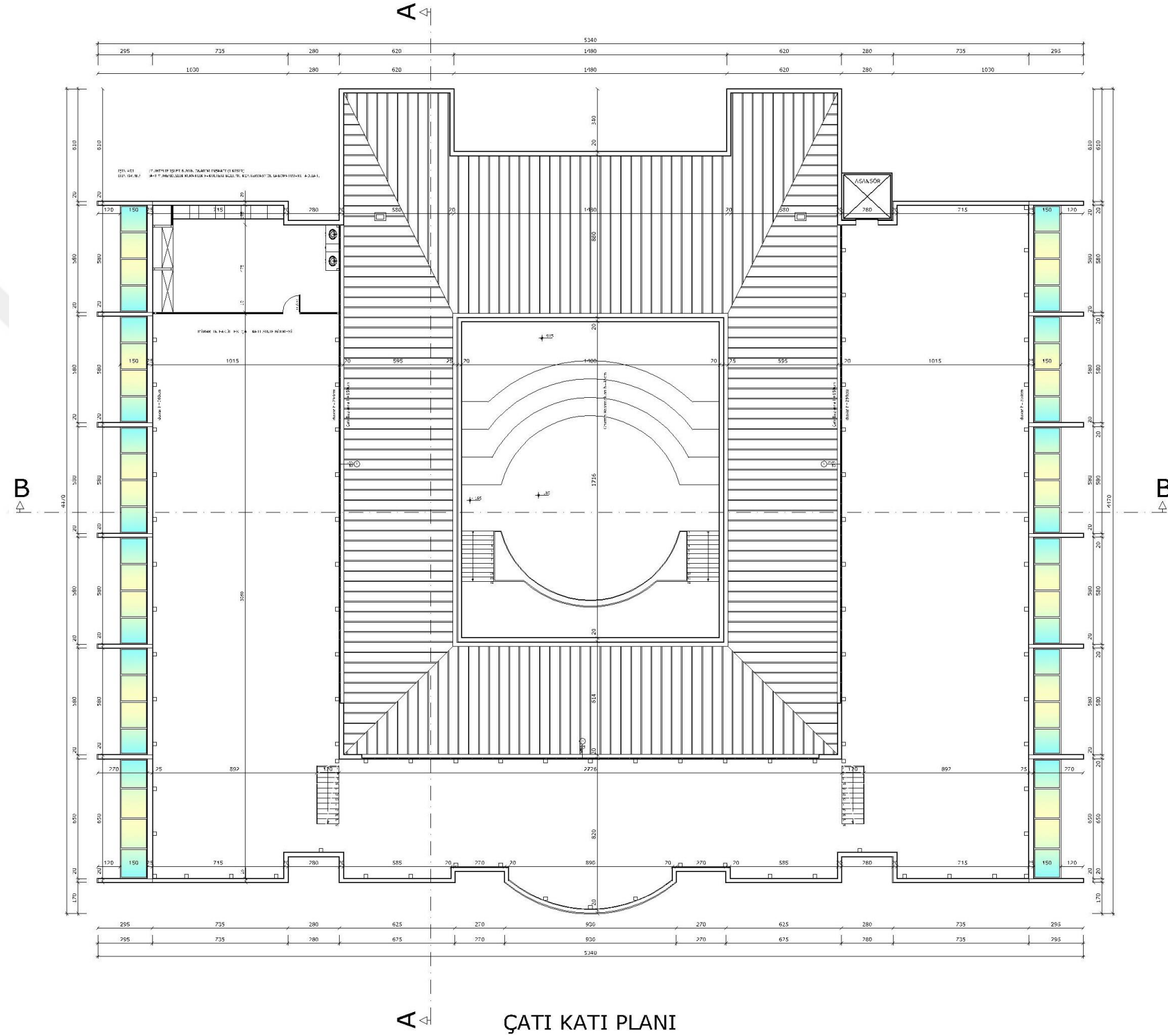


EK-2 Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi 1. Kat Planı

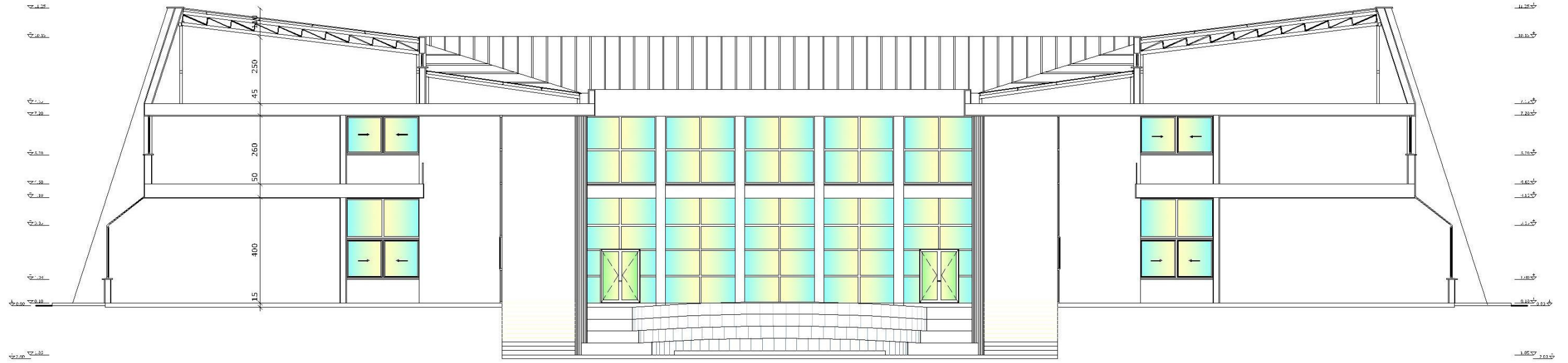


1. KAT PLANI

EK-3 Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Çatı. Katı Planı

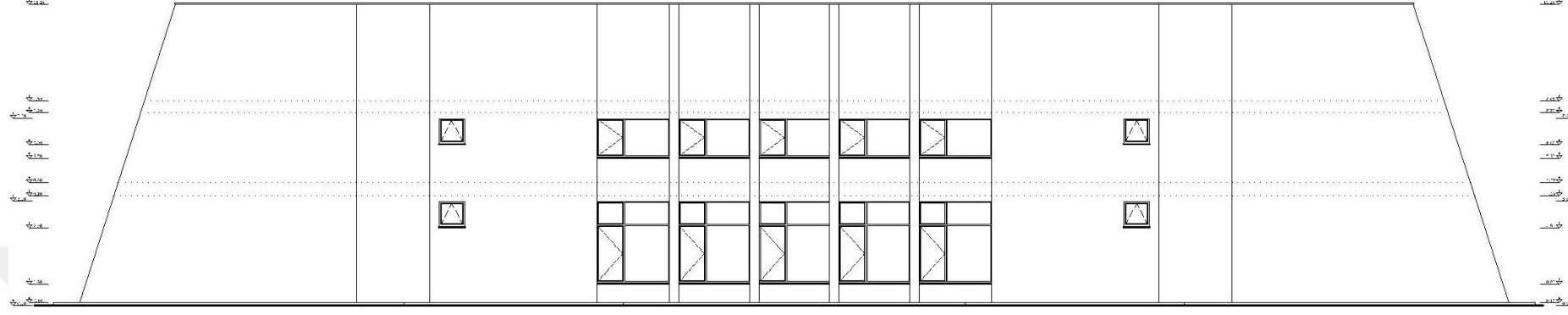


EK-4 Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi B-B Kesiti

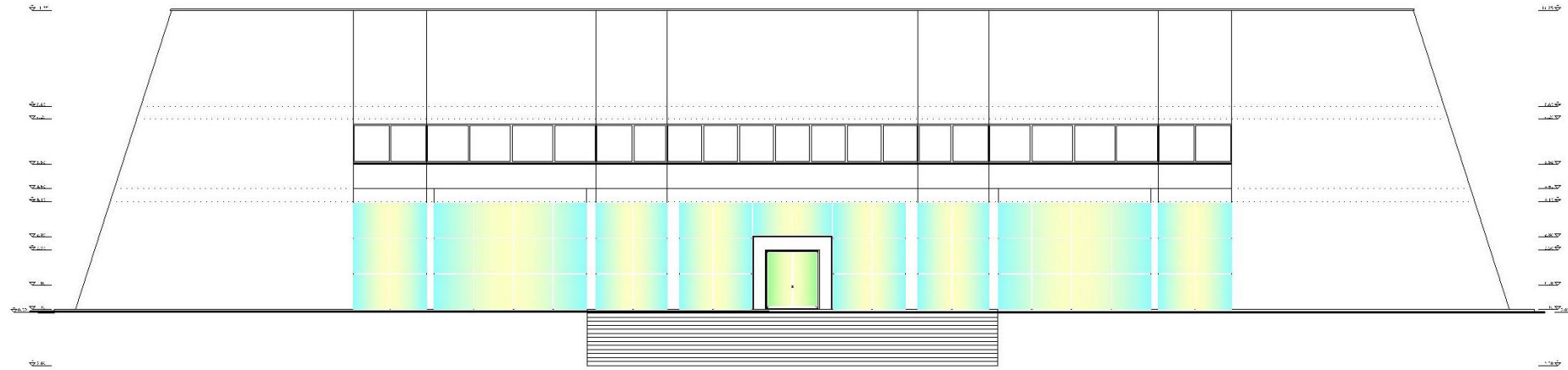


B-B KESİDİ

EK-5 Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Ön Ve Arka Görünüş

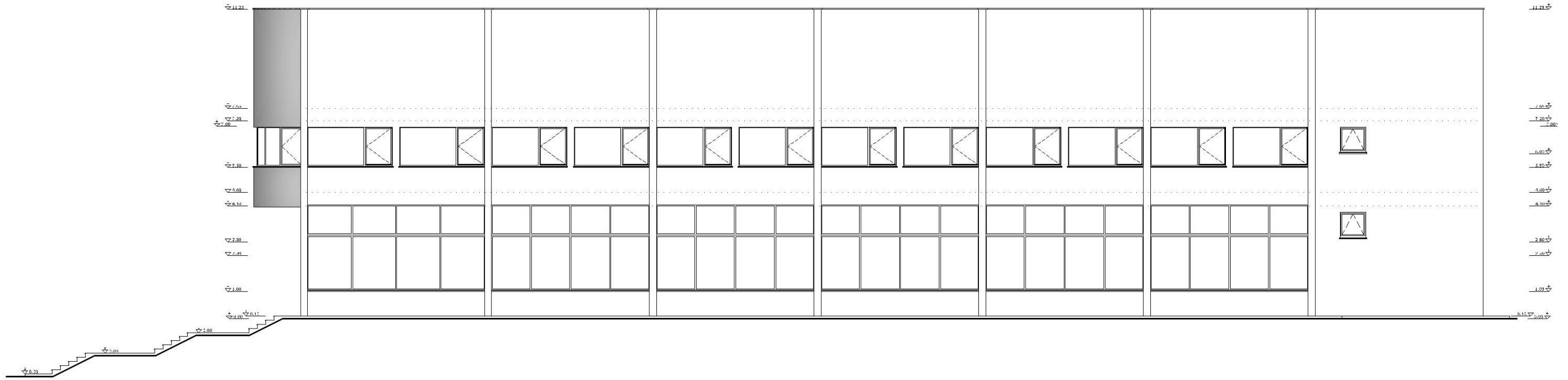


ARKA GÖRÜNÜŞ



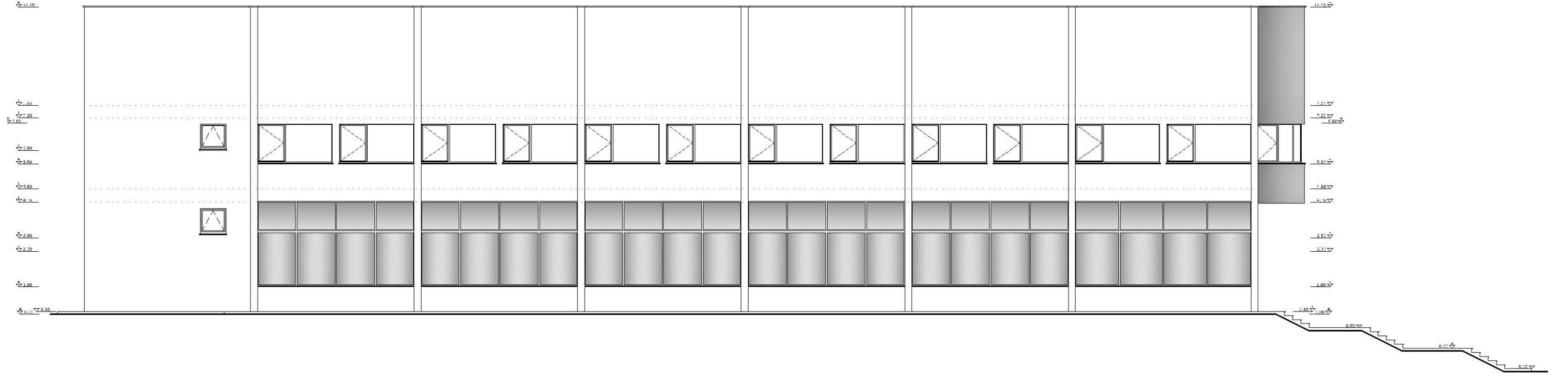
ÖN GÖRÜNÜŞ

EK-6 Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Sağ Yan Görünüş



SAĞ YAN GÖRÜNÜŞ

EK-7 Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Sol Yan Görünüş



SOL YAN GÖRÜNÜŞ

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Hatice Elif Beytekin

Doğum Yeri ve Tarihi: Bursa / 1988

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise: Bursa Anadolu Lisesi

Lisans: Anadolu Üniversitesi

Yüksek Lisans: Uludağ Üniversitesi

Çalıştığı Kurum ve Yıl: Arslanlar Grubu

İletişim: h.elifarslan@gmail.com